



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y
DISEÑO**

**TÉSIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
DOCTOR EN DISEÑO**

ASESOR: DR. RENÉ L. SÁNCHEZ VERTIZ RUIZ

PRESENTA: MSHO RICARDO VICTORIA LEON

TEMA DE TÉSIS:

**Análisis de la Acción Alterante de
Líquenes sobre Materiales Pétreos en
Edificios de la Ciudad de Toluca**

Febrero 2015



UAEM | Universidad Autónoma
del Estado de México

Toluca, México; 08 de enero de 2015.

MTRO. MARCO ANTONIO LUNA PICHARDO
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA
Y DISEÑO DE LA UAEMex

P R E S E N T E

Con el envío de un cordial saludo, le informo que el alumno de Doctorado en Diseño **MTRO. RICARDO VICTORIA LEÓN**, ha concluido los estudios que marca el programa y ha obtenido la liberación del trabajo de tesis titulado "**Análisis de la acción alterante de líquenes sobre materiales pétreos en edificios de la Ciudad de Toluca**" por parte de su Tutor Académico Dr. René Lauro Sánchez Vertiz Ruiz y cuya fecha de obtención de grado queda definida el **10 de febrero de 2015** a las **9:00 hrs.**, lo anterior con el fin de que se proceda a notificar al Departamento de Evaluación Profesional.

El sínodo quedará conformado de la siguiente manera:

Titulares Dr. René Lauro Sánchez Vertiz Ruiz
Dr. Jaime Flores Estrada
Dr. Carlos Eduardo Barrera Díaz
Dr. Alberto Álvarez Vallejo
Dr. Marcos Mejía López

Suplentes: Dr. David Joaquín Delgado Hernández
Dr. Ignacio Mendiola Germán

Sin más por el momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

2015, Año del Bicentenario Luctuoso de José María Morelos y Pavón

DR. IGNACIO MENDIOLA GERMÁN
COORDINADOR DEL PROGRAMA



U.A.E.M.
FACULTAD DE ARQUITECTURA
Y DISEÑO
COORDINACIÓN DE DOCTORADO
EN DISEÑO



www.uaemex.mx

RECIBIDO
12 ENE 2015
Cancun 12:46
DIRECCIÓN ACADÉMICA

c.c.p. Minutario
Dr. Oscar Javier Bernal Rosales.- Coordinador de Investigación y Estudios de Posgrado de la FAD.
*alm

FAD IDENTIDAD Y
CONECTIVIDAD

AGRADECIMIENTOS

El haber realizado un trabajo de tesis de doctorado en un área de la cual no existe prácticamente bibliografía nacional y mucho menos local, requirió del apoyo de un gran número de personas, todas ellas amigas, que tuvieron la paciencia de acompañarme a tomar fotografías, que evidenciaban el fenómeno estudiado, porque además de sentirme acompañado, me brindaron la seguridad y la tranquilidad para hacer las tomas fotográficas correspondientes.

Por otra parte, también hubo otro grupo de amistades cuyos comentarios me animaban a seguir adelante con el trabajo de investigación, aun las perspectivas fuesen negativas, es decir, encontrar a los líquenes en su acción alterante de la superficie de los materiales pétreos. Todo este grupo de personas aportó sus conocimientos y experiencias que han enriquecido este trabajo.

La lista sería muy amplia y no quisiese incurrir en una omisión involuntaria de no citar personalmente a cada una de ellas; sin embargo si quiero hacer una mención especial a:

El **Ingeniero José Yurrieta Valdés**, quien en vida, fue mi maestro en la academia en la docencia y quien con su amplio bagaje cultural me ilustró al respecto de la forma de entender a la Ciudad de Toluca y a lo que se denomina Centro Histórico.

A los **Padres Pasionistas** de la Iglesia de San José El Ranchito quienes dieron su anuencia para fotografiar sin restricciones los exteriores de este Templo Católico, que es un símbolo en la Ciudad de Toluca.

Al **Maestro Don Eduardo Montes**, de la Ciudad de Morelia quien me nutrió del material fotográfico de aquella Ciudad y que sirvió de puntos de comparación de lo que debía encontrar en la Ciudad de Toluca.

A la **Bióloga Martha Patricia Ojeda Carrasco** quien llevó a cabo con un equipo de colaboradores, la revisión del Capítulo correspondiente a los Líquenes.

En este trabajo se recurrió a la valiosa información de diferentes **empresas del ramo de la construcción españolas**, cuya experiencia es invaluable y porque nuestros antiguos sistemas constructivos provienen de aquél país tan íntimamente ligado a nuestra cultura.

A MI FAMILIA

A mi esposa la **Q.F.B. Ma. Obdulia Uribe Ramírez** quién me dio su apoyo incondicional para llevar a cabo los estudios del doctorado y a quién reconozco la gran paciencia que me tuvo para la obtención de las fotografías de iglesias, edificios y casas que ilustran mi tesis, acompañándome y cuidándome mientras yo me concentraba en realizar las tomas fotográficas más convenientes.

A mi hija la **Maestra en Historia Susana Victoria Uribe**, quién ha sido mi conciencia crítica y cuya ayuda en la parte epistemológica fue fundamental en la conformación de la información aquí presentada existiendo acaloradas discusiones al respecto de la organización de la misma.

A mi hijo el **Doctor en Diseño Sustentable Ricardo Victoria Uribe** quién me entusiasmó y me dio su apoyo para ingresar al Doctorado en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México y cuyas sugerencias al respecto de lo que son los estudios de doctorado me permitieron sortear diferentes contratiempos que se fueron presentando.

A mi **perrita Puchis** quien me hacia compañía en el automóvil en la obtención de fotografías y muestras de líquenes, en las excursiones que en diversas ocasiones realizamos en los alrededores de Toluca.

Gracias **Dios** por haberme bendecido con mi Familia, mis Amigos y mis Maestros quienes tuvieron Fe y confiaron en mí.

Gracias por la oportunidad de estar vivo y cumplir con mi mayor anhelo académico.

RESUMEN

El proceso de desgaste superficial de los materiales pétreos empleados como elementos ornamentales y de construcción, se conoce como alteración de los materiales pétreos existiendo diferentes patologías siendo diferenciables cada una de ellas a partir del agente principal que se presenta en el proceso. Estas alteraciones son procesos naturales que se llevan a cabo al estar expuestos los materiales al ambiente que rodea al inmueble.

RESUME

Weathering on stone buildings is a mechanism of materials wear due to be exposed to the environment; there exist different mechanisms of weathering, named pathologies well recognized for the main working agent in the process. These mechanisms, are known as alterations of heritage stone. These alterations are natural process.

PALABRAS CLAVE

Líquenes crustosos, corrosión atmosférica, patologías biológicas, materiales pétreos

KEY WORDS

Lichens, weathering, Stone buildings alteration

ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 INTRODUCCIÓN	11
1.2 HIPÓTESIS.....	11
1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.4 UNIVERSO DE TRABAJO.....	12
1.5 OBJETIVO	12
CAPITULO II. ANTECEDENTES	13
2.1 INTRODUCCIÓN	13
2.2 CAMBIO DE PERSPECTIVA	15
2.3 LOS LÍQUENES Y LA CIUDAD DE TOLUCA	20
2.4 DEFINICIÓN DE CENTRO HISTÓRICO	22
CAPÍTULO III. HISTORIA NATURAL DE LA ALTERACIÓN	26
3.1 INTRODUCCIÓN A LAS ALTERACIONES	26
3.2 LA ENTROPIA.....	30
CAPITULO IV. DE BARRIO VIEJO A CENTRO HISTÓRICO	36
4.1 EVOLUCIÓN DEL CENTRO HISTÓRICO	36
4.2 LOS BARRIOS ORIGINALES.....	39
4.3 EL CENTRO HISTÓRICO COMO TESTIMONIO	41
4.4 LA CONSERVACIÓN PATRIMONIAL DE LA CIUDAD	62
4.5 LAS PATOLOGÍAS.....	64
4.6 LOS LÍQUENES	67
4.7 LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	71
4.8 LA ENTROPÍA EN EL CENTRO HISTÓRICO	73
4.9 PERSPECTIVA.....	75
CAPÍTULO V. LÍQUENES	79
5.1 INTRODUCCIÓN.....	79
5.2 CONOCIENDO A LOS LÍQUENES	83
5.3 BIOLOGÍA DE LOS LÍQUENES	88
5.4 LOS LÍQUENES SAXÍCOLAS.....	102
5.5 LIQUEN CRUSTÁCEO (también denominados costrosos).....	104
5.6 LÍQUENES FOLIOCEOS.....	107

5.7 LÍQUENES FRUTICULOSOS	108
5.8 LÍQUENES ENDOLÍTICOS	112
5.9 LÍQUENES ENCONTRADOS EN TOLUCA.....	118
5.10 LIQUENOMETRÍA	122
5.11 NUTRIENTES.....	123
5.12 BIOCOLONIZACIÓN	123
5.13 LOS LÍQUENES COMO BIOMONITORES.....	124
CAPÍTULO VI. IDENTIFICACIÓN Y NATURALEZA DE LAS PIEDRAS DE CONSTRUCCIÓN Y ORNAMENTACIÓN	131
6.1 INTRODUCCIÓN.....	131
6.2 LA GEOLOGÍA DE LA REPÚBLICA MEXICANA	135
6.3 CLASIFICIACIÓN DE LAS ROCAS	141
6.4 ROCAS ÍGNEAS	143
6.4.1 BASALTOS.....	148
6.4.2 PÓRFIDOS.....	148
6.4.3 SIENITA.....	149
6.4.4 GRANITO	149
6.4.5 RIOLITA.....	151
6.4.6 GABRO.....	152
6.5 ROCAS SEDIMENTARIAS	153
6.5.1 ARENISCAS	157
6.5.2 CALCARENITAS.....	158
6.5.3 PIZARRAS ARCILLOSAS	159
6.5.4 CALIZAS ESPÁTICAS	160
6.5.5 DOLOMITAS	160
6.6.6 TRAVERTINO	161
6.7.1 TIPOS DE METAMORFISMO	164
6.7.2 MÁRMOL Y MÁRMOL DOLOMÍTICO	165
6.7.3 SERPENTINA METAMÓRFICA	166
6.7.4 SERPENTINITA.....	166
6.7.5 GNEISS.....	167
6.8 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	168

6.9 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES PÉTREOS DE CONSTRUCCIÓN Y ORNAMENTACIÓN	170
6.9.1 PROPIEDADES FÍSICAS	170
6.10 ALGUNAS DE LA PRINCIPALES PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PIEDRA REQUERIDAS PARA FACHADAS.....	173
6.10.1 PROPIEDADES FÍSICAS	173
6.10.2 PROPIEDADES HÍDRICAS.....	174
6.10.3 PROPIEDADES MECÁNICAS	175
6.10.4 PROPIEDADES TÉRMICAS	176
6.10.5 PROPIEDADES QUÍMICAS	176
6.11 ALGUNAS APLICACIONES DE LOS MATERIALES PÉTREOS DE CONSTRUCCIÓN Y ORNAMENTACIÓN	178
CAPÍTULO VII PATOLOGÍAS	184
7.1 PROCESOS DE ALTERACIÓN PATOLÓGICOS	185
7.2 EL SÍNDROME DE LAS VENTANAS ROTAS	196
7.3 SEMIÓTICA DE LA ENTROPÍA	199
7.4 ENTROPÍA ESTRUCTURAL	202
7.5 TIPOS DE MUROS Y PAREDES	205
7.5.1 TIPOS DE MAMPOSTERÍA	207
7.5.2 MUROS DE ADOBE	209
7.5.3 MUROS DE PIEDRA	210
7.5.4 PIEDRA BOLA	211
7.5.5 COMBINACIÓN DE MATERIALES	211
7.6 CARACTERÍSTICAS DE LA PATOLOGÍAS	213
7.7 AGUA LA ETIOLOGÍA PRINCIPAL.....	218
7.8 UNA MIRADA RÁPIDA AL VALLE DE TOLUCA.....	225
7.9 HUMEDAD.....	230
7.10 CAPILARIDAD	233
7.11 HUMEDAD POR CAPILARIDAD –ASCENDENTE-	236
7.12 HUMEDAD ASCENDENTE EN MUROS.....	237
7.13 HUMEDAD DESCENDENTE EN MUROS.....	238
7.14 PERMEABILIDAD	243
7.15 HUMECTABILIDAD	244

7.15.1 EL AGUA EN ACCIÓN	244
7.16 ALTERACIÓN QUÍMICA	246
7.17 ALTERACIÓN BIOLÓGICA	247
7.17.1 PATOLOGÍA BIOLÓGICA DE ORIGEN LIQUÉNICO	247
7.18 BIOCOLONIZACIÓN	250
CAPÍTULO VIII. OBSERVACIÓN DE CAMPO -IGLESIAS DE TOLUCA-	270
8.1 INTRODUCCIÓN	270
8.2 ANTECEDENTES	270
8.3 VARIABLES DE INCLUSIÓN	275
8.4 VARIABLES DE EXCLUSIÓN	275
8.5 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	276
8.6 MONITOREO DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA ZONA METROPOLITANA DE TOLUCA	279
8.7 SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS	283
8.8 OBSERVACIÓN FINAL	327
CAPÍTULO IX. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	328
9.1 RESULTADOS	328
9.2 PRIMERA CONSIDERACIÓN	332
9.3 SEGUNDA CONSIDERACIÓN	333
9.4 TERCERA CONSIDERACIÓN	334
9.5 CUARTA CONSIDERACIÓN	335
9.6 QUINTA CONSIDERACIÓN	336
9.7 CONCLUSIONES	336
BIBLIOGRAFÍA	337
WEBLIOGRAFIA.....	346
CREDITOS.....	347
ANEXO 1	348
GLOSARIO DE TERMINOLOGÍA DE LIQUENES	348
ANEXO II	353
ANEXO III	361
GLOSARIO DE TÉRMINOS RELACIONADOS CON EL DETERIORO	361
DE LAS PIEDRAS DE CONSTRUCCIÓN.	361

ANEXO IV	370
GLOSARIO DE INTERVENCIONES SOBRE EL PATRIMONIO	370
ANEXO V	375
IDENTIFICACION DE PATOLOGIAS ALTERANTES EN LA FACHADA DE LA IGLESIA DE SANTA MARÍA DE LA ASUNCIÓN, EN TLAPACOYAN VERACRUZ.....	375
A.1 INTRODUCCIÓN	375
A.2 RESEÑA HISTÓRICA DE TLAPACOYAN	377
A.3 LOS FRANCISCANOS EN VERACRUZ.	378
A.4 LOCALIZACIÓN DE TLAPACOYAN, VERACRUZ	381
A.5 METODOLOGÍA	382
A.6 CONCLUSIONES	386
ANEXO VI	388
IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS	388
HUMEDAD CAPILAR.....	388

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

1.1 INTRODUCCIÓN

La corrosión atmosférica es un mecanismo de desgaste de los materiales. Este proceso se presenta en los materiales pétreos cuando se conjuntan diferentes agentes de intemperización, como lo es la humedad y los aerosoles atmosféricos; a partir de ello surgen diferentes patologías que hacen evidente el daño a la superficie expuesta de estos materiales que bien pueden formar parte de la fachada. Entre otras patologías, están la biológicas, en este caso los daños originados por los líquenes epilíticos crustosos y foliosos, que se pueden depositar en la superficie de la piedra. La velocidad de colonización liquénica es un indicio del grado de deterioro de los edificios que tienen materiales pétreos en sus fachadas. El grado de colonización liquénica puede determinar zonas de corrosión, inhibición o pasivación del proceso corrosivo. El objeto de estudio son los materiales pétreos empleados en los edificios de la Ciudad de Toluca. En este estudio se señala que la actividad de los líquenes sobre los materiales pétreos no es tan nociva como se había supuesto desde un principio, sino que puede tener una actividad dual, tanto protectora como destructiva.

1.2 HIPÓTESIS

Al conocer la relación liquen / sustrato pétreo será posible determinar el proceso de alteración en el material pétreo empleado como elemento constructivo y decorativo de los edificios del siglo XIX y XX de la Ciudad de Toluca considerados como patrimonio arquitectónico

1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Son los líquenes un problema de alteración superficial de los materiales pétreos o su presencia es un indicador de las malas condiciones de mantenimiento del patrimonio.

Problematización

1. ¿Las condiciones atmosféricas del Valle de Toluca son propicias para la existencia de líquenes?
2. Debido a su carácter de biomonitores atmosféricos, ¿son más benéficos que perjudiciales para los materiales pétreos?
3. ¿La acción alterante de los líquenes es significativamente superior con respecto a otros agentes biológicos?
4. ¿Existe algún edificio destruido por los líquenes?

1.4 UNIVERSO DE TRABAJO

Para la realización de este trabajo se seleccionaron tres iglesias católicas existentes en el Centro Histórico de la Ciudad de Toluca, Capital del Estado de México, y son:

1. Catedral de Toluca de San José
2. Iglesia de San José El Ranchito
3. Iglesia de San Bernardino de Siena

1.5 OBJETIVO

Observar la interacción líquen / material pétreo y determinar si la actividad desarrollada por los líquenes presentes sobre la superficie del material pétreo es significativa para causar un desgaste sobre su superficie.

CAPITULO II. ANTECEDENTES

2.1 INTRODUCCIÓN

La Preservación del Patrimonio Arquitectónico siendo una actividad poco conocida en sus fundamentos, conocimientos y técnicas, es muy apreciada por los resultados que se logran cuando la sociedad en general disfruta de la existencia de un bien inmueble que ha trascendido a su tiempo espacio en las mejores condiciones posibles. En esencia la preservación es un arte ciencia que pueden ejercer profesionales de diversas áreas del conocimiento.

El llevar a cabo el análisis de la acción alterante de un agente, en este caso los líquenes, nos permite dilucidar la causalidad del proceso, sus efectos y sus consecuencias, todo ello enmarcado en un proceso de investigación para tener suficientes elementos de juicio y poder determinar la vulnerabilidad de un material pétreo empleado en la construcción de un bien inmueble y proceder en términos de lo que las diferentes instancias como el INAH establecen en sus protocolos de preservación.

La Ciudad de Toluca, como tal es una ciudad joven como para encontrar un tipo de líquenes asociados a los edificios antiguos en cantidades apreciables, los líquenes más resistentes se encuentran de manera ostensible, independientemente de la época en la que se construyó el inmueble, en ambos casos la acción alterante de los líquenes sobre los materiales pétreos no fue destructiva, su funciones la de señalar la existencia de otras que sí lo son.

Los resultados de este proyecto servirán de información base para quienes se dedican de manera profesional a la preservación, restauración y recuperación de bienes inmuebles.

El Patrimonio Arquitectónico de una Ciudad es el mudo testigo fiel del devenir histórico de sus habitantes organizados en una sociedad en su efímero paso por la tierra,

convirtiéndose en una expresión silenciosa de las aspiraciones ética y estética de ésta sociedad que busca trascender su tiempo espacio, dejando huella de sus acciones.

En su definición más holística podemos afirmar que el diseño esta presente durante el desarrollo de este trabajo de tesis, diseñamos una estrategia que nos permita detectar el sistema complejo que representa la convivencia liquen material pétreo medio ambiente en diferentes diseños arquitectónicos.

Desde este punto de vista, el diseño arquitectónico de una obra material, sea un edificio, monumento o estatua hecha a base de materiales pétreos se caracteriza en la forma en la que están contruidos, por la selección de materiales, por el trabajo realizado en la roca extraída de la cantera para convertirla en un elemento decorativo, dentro de un conjunto arquitectónico que está localizado en algún lugar particular de la ciudad que ha sido diseñada para albergar este tipo de construcciones según el uso que se le vaya a destinar.

Cuando se diseñaron los edificios que forman parte de nuestro Patrimonio Arquitectónico, los constructores, lo hicieron teniendo en mente que dichas construcciones iban a perdurar en el tiempo y que su durabilidad tendería hacia el infinito; sin embargo la realidad nos indica que la durabilidad de un material esta en función del material mismo y de la vulnerabilidad a la que el material pétreo esta expuesto debido al diseño que le ha proporcionado el artista. En cuanto una obra es funcional y se pone en servicio, comienza su vulnerabilidad estando expuesta a las alteraciones que de manera natural propicia el contacto con el medio ambiente abiótico y el biótico.

El artista cuando conceptualiza su obra y la concreta en un diseño estructural o arquitectónico, no considera aspectos esenciales de los materiales, por ejemplo la anisotropía propia de los sólidos cristalinos; los materiales de cementación y las piedras no necesariamente son compatibles desde el punto de vista químico y al existir las condiciones apropiadas existe un proceso de corrosión química.

Las alteraciones son procesos de deterioro natural ralentizado de los materiales, sin embargo, ésta pueden verse aceleradas cuando cambia el medio ambiente circundante

incluidas las condiciones antropogénicas. Analizar a las alteraciones con normas y criterios actuales sobre diseños que son antiguos, propios de la época en la que se construyó la obra, puede resultar injusto en el sentido de que todas las variables de nuestro sistema complejo han variado drásticamente. Entonces, entender el diseño de los edificios antiguos, su comportamiento y sus alteraciones nos puede dar la pauta de cómo diseñar construcciones futuras. La diferencia entre un edificio antiguo y un edificio envejecido, la establece el diseño.

2.2 CAMBIO DE PERSPECTIVA

En perspectiva, el diseño ofrece la alternativa de señalarnos lo que puede ser, no necesariamente lo que sucederá.

En 1996, en Toluca se intentó llevar a cabo el proyecto del Mapa Iberoamericano de Corrosión Atmosférica. Consistente en la determinación de la corrosión atmosférica de la Ciudad y su efecto en las estructuras metálicas ligadas a la construcción inmobiliaria.

Se hicieron estudios aislados sobre la existencia de aerosoles contaminantes, empleando a los líquenes como biomonitores ambientales por su capacidad de absorber metales pesados y absorción de aerosoles y gases contaminantes como los óxidos de carbono, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno. No se cristalizaron los intentos por determinar el grado de corrosión atmosférica sobre metales y aleaciones y mucho menos la observación de esta acción sobre los materiales pétreos, ya sean naturales o sintéticos como los morteros y los concretos.

Hablar de corrosión en los materiales pétreos es causa de controversia, porque el término en sí, es asociado siempre a los procesos electroquímicos, en donde existen electrodos metálicos, electrolito y un paso de corriente eléctrica muy bien diferenciados.

En los materiales pétreos, considerados como compuestos químicos inorgánicos no iónicos en estado sólido, sí se presenta la corrosión considerando a este proceso como una oxidación lenta, la pérdida o ganancia de electrones a través de la transformación de

minerales complejos, formadores de rocas, en compuestos químicos más simples. Este proceso de oxidación causa un deterioro del material pétreo, conocido esto como un proceso de intemperización o meteorización, finalmente una alteración del material original.

En otros momentos este proceso de oxidación química toma el nombre popular de “cáncer de la piedra”, que en realidad son procesos de caolinización, sulfatación, nitración o cloritificación; en donde el material pétreo sufre una lixiviación que va disgregando y disolviendo a los minerales formadores de rocas, formando eflorescencias blanquecinas, con la apariencia de escurrimiento muy visible o el crecimiento de polvo muy localizado.

Hemos citado el nombre de piedra como forma genérica de mencionar a los diferentes materiales pétreos empleados en construcción en la parte decorativa, es decir fachadas y paredes exteriores visibles en cualquier momento, evitando a aquellas cuya función sea aspectos estructurales. En inglés el término es “heritage stone”, donde la connotación referida al Patrimonio Arquitectónico, es en alusión a edificios antiguos sean iglesias (fundamentalmente) castillos, palacios y monumentos, que forman parte del Patrimonio Arquitectónico de un lugar.

Existen rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, no todas ellas se emplean en construcción; por lo tanto nos referiremos a las silíceas, arcillosas y calcáreas que pueden ser obtenidas a partir de una cantera. Hacemos esta aclaración porque la fábrica para una piedra se da desde su forma de extracción, esto se revela posteriormente en el tipo de sillar y en la entropía de cada uno según su anisotropía.

En la actualidad también debe de tomarse en cuenta los materiales empleados en mampostería como son los morteros, que son de concreto cemento y grava, que vamos a considerarlos como materiales sintéticos, por su manufactura mas no por su origen rocoso cuyo antecedente común es la arcilla y la cal.

Estas piedras a pesar de su apariencia dura y compacta, son susceptibles a procesos de deterioro, debido a ciertas características como porosidad, grietas y fisuras e

incompatibilidad química; normalmente este deterioro va acompañado por la pérdida de masa, sea en forma de pedazos o como productos de transformación química. A este proceso de desgaste, se le da el nombre de intemperización –weathering en inglés- y también en español podemos mencionarlo en forma de más específica como meteorización, por considerar que muchos de los elementos promotores del desgaste caen con la lluvia.

Dicho deterioro, también se puede considerar como una alteración del material de manera superficial que puede ir avanzando a otras capas subsuperficiales de la piedra, desgastándola. Estas alteraciones tienen diferentes patologías, con una etiología específica y una semiótica particular.

Si bien éstos términos son del ámbito médico, se pueden aplicar a los daños observables de las piedras de construcción; la historia de la enfermedad –alteración- nos dice cuál fue el mecanismo químico responsable del daño.

Esto nos lleva a sistematizar el estudio de las alteraciones ya que entonces podemos realizar el estudio de:

1. Identificación
2. Análisis
3. Administración
4. Control

Estas piedras están sujetas a un proceso de alteración natural que obedece a un tiempo geológico, sin embargo cuando por algún cambio de origen antropogénico modificamos el proceso y lo llevamos a realizarse en un tiempo con escala biológica estamos vulnerando al material y reduciendo su vida útil o durabilidad. La Ley de la Entropía se cumple inevitablemente. La roca se va a ir disgregando en sus minerales primigenios y éstos a su vez en los elementos químicos y así hasta volver a ser polvo estelar. Claro que este proceso tardará muchos años quedando fuera de nuestro control. Podemos mitigar este

proceso de desgaste tal vez hasta disminuir su velocidad, pero jamás detendremos el deterioro.

No debemos perder de vista que los constructores, en las diferentes épocas históricas, edifican pensando que sus obras van a ser eternas y la tecnología que emplearon para construir catedrales, por ejemplo, es muy diferente a la actual y a veces hasta incompatible con el avance tecnológico.

Por otra parte, el orden constructivo de las ciudades ha ido cambiando, si bien antes obedecía la construcción a los sectores socio económicos, la clase gobernante, los barrios de cada gremio y la sección comercial y la habitacional, hoy ha operado en este orden la Ley de la Entropía, el desorden de estilos constructivo conviviendo unos con otros ocasiona que los materiales, que son incompatibles unos con otros, comiencen a reaccionar, aunque de manera silenciosa.

Otro aspecto de la arquitectura de la ciudad, que está significando un cambio transcendental es la proporción material pétreo/vidrio y material pétreo/polímeros plásticos. Esto es importante considerarlo porque necesariamente se incrementará la variedad de patologías.

Hemos dejado casi al final de esta introducción al líquen, como unidad formadora de colonias y al conjunto de ellos como líquenes. Se ha citado en la literatura especializada que los líquenes son un ejemplo de simbiosis entre dos reinos, el Fungi y el Monera, es decir, una simbiosis entre hongos y bacterias o entre hongos y algas.

Existen muchas variedades, la mayoría de ellos son extremófilos en cuanto a las condiciones ambientales y climatológicas y pueden biocolonizar cualquier tipo de superficie. Para nuestro estudio solamente vamos a observar los comprendidos en la patología biológica cuya etiología es de origen liquénico, es decir, líquenes epilíticos lo cual reduce el universo en observación.

Es importante subrayar que el proceso de biocolonización va de la mano con las características de biorreceptividad del sustrato independientemente de la fecha en la que

la piedra se extrajo de la cantera, se labro y se colocó en la construcción; esto es importante porque nuestro estudio solo se sujeta al tipo de material y no al destino que se le haya dado, considerando que las condiciones atmosféricas y de calidad ambiental en conjunto con las condiciones antropogénicas propician la vulnerabilidad y la durabilidad del sustrato.

En trabajos de investigación similares, fundamentalmente españoles, se ha considerado a los líquenes, como causantes de una alteración superficial del material pétreo; sin embargo debemos aclarar que para cada país, para cada región, para cada clima la actividad de los líquenes no podemos considerarla como destructiva de una manera a priori y absoluta.

Entender el código de los líquenes significa analizar muchas condiciones ambientales, materiales de construcción, dinámica de aerosoles, aerobiología, la biotransferencia y los factores sociales, todo considerado como un sistema complejo.

Por otra parte, pareciese ser que la escala de tiempo de vida de los líquenes es parecida a la de las piedras, de ahí que la liquenología y liquenometría nos proporcione información de las modificaciones en la conformación arquitectónica de la ciudad y su evolución antropológica y social. Tal parece que también los líquenes cumplen con otra función no contemplada anteriormente.

La aerobiología nos puede explicar los posibles mecanismos por medio de los cuales puede existir la biotransferencia, de un medio ambiente a otro pero la situación se complica con respecto a la biorreceptividad y la posterior biocolonización; se puede encontrar dos variedades de líquenes equivalentes, una epifítica y la otra epilítica pero no puede haber una biocolonización indistinta.

Ahora finalmente la ciudad y lo que vamos a encontrar en ella al respecto de su patrimonio inmueble y lo que altera a los materiales pétreos de lo que están hechas sus fachadas y las paredes exteriores.

Normalmente casas y edificios se construyen de los materiales que se encuentran a su disposición inmediata y por su costo, solamente las personas que tienen capacidad económica pueden adquirir materiales exóticos para diferenciarse de los demás y esto ya es una situación socio-económica, que queda fuera del alcance de este estudio, pero que conviene citar y que de alguna manera forma parte del patrimonio arquitectónico.

Hay ciudades cuyas construcciones casi se mantienen sin cambios, como es el caso de las naciones europeas, siempre y cuando no hayan sido afectadas por las guerras mundiales; sin embargo existen otras ciudades, como es el caso de nuestro estudio, la Ciudad de Toluca, cuyo patrimonio arquitectónico original prácticamente ha desaparecido si consideramos que la ciudad tiene 200 años de reconocimiento como Ciudad y a lo largo de su devenir histórico se ha estado modificando en cuanto estilos y materiales de construcción, así como la relación material pétreo / vidrio, por lo tanto la probabilidad de encontrar líquenes como en Europa, es mínimo.

Existen pocos tipos de construcciones que se mantienen, relativamente, sin cambios como son las iglesias, panteones, monumentos escultóricos (Zonas arqueológicas y edificios representativos). Es pequeño el número de casas realmente antiguas y sin modificaciones; en tal sentido es necesario delimitar el área de observación al considerado “Centro Histórico” y “primer cuadro de la Ciudad” que son las áreas menos dinámicas en cuanto a la construcción de inmuebles.

2.3 LOS LÍQUENES Y LA CIUDAD DE TOLUCA

Los líquenes ya existían en la Ciudad de Toluca, pero consideramos que no se conocía su existencia como tal, es decir, solo se menciona como “manchas”, “moho”, “polvo” y material carbonáceo. Al realizar una observación más de cerca y con algún detenimiento se descubren las diferencias.

La Ciudad de Toluca, es un ejemplo representativo de la Ley de la Entropía, por la variedad de estilos arquitectónicos, materiales de construcción, materiales pétreos y grado de mantenimiento.

Por otra parte la presión de los agentes antropogénicos es de suma importancia, ya que su existencia inclusive lleva a pensar la existencia de “islas de calidad ambiental”, esto en función del tipo de líquenes existente.

Tal parece, como hemos mencionado con anterioridad, los líquenes tienen diferentes funciones de biomonitoreo de las actividades antropogénicas y lo que inicialmente se había presentado como la etiología de una patología biológica que causa alteraciones en los materiales pétreos no es de manera absoluta, ya que es otro el tipo de patologías las que preceden a la presencia de los líquenes y que es su sobre colonización la que es posible que cause el deterioro.

Juzgar las alteraciones de edificios antiguos bajo la óptica actual no sería una actividad comparable en igualdad de condiciones; los criterios de diseño empleados a lo largo de la historia de una ciudad van cambiando drásticamente en las diferentes etapas de desarrollo social y desarrollo tecnológico. El empleo de diferentes materiales pétreos naturales y sintéticos, las diferencias existentes en el medio ambiente propicia que las normas de diseño cambien y entonces lo que nos resulta beneficioso es encontrar el código de diseño que ha sido exitoso en todos los edificios que a la fecha subsisten en la ciudad y tratar de aplicarlo en nuestro beneficio en las construcciones modernas.

En perspectiva, el diseño tiene la capacidad de señalarnos lo que puede ser, no lo que sucederá.

En México destacan términos como: centro tradicional, centro histórico, primer cuadro y ciudad central, entre otros; delimitar el centro tradicional de comercio y servicios al menudeo es tarea particularmente interesante en la Zona Metropolitana de Toluca, dada la necesidad de monitorear el desempeño del centro de la ciudad; ya que esa dinámica interviene en las condiciones ambientales debido al flujo de personas, la concentración de

las actividades de las mismas y de las rutas de transporte urbano y suburbano, los taxis y los vehículos particulares. Recordemos que los líquenes son entre otras cosas, biomonitores ambientales que nos indican de manera cualitativa, la pureza ambiental.

La Zona Metropolitana de Toluca ha registrado cambios muy importantes en décadas recientes: sufrió una cirugía mayor en lo que diríamos era el centro tradicional de comercio, sus calles y avenidas se transformaron, se derribaron casonas y prácticamente la Plaza de Los Mártires fue testigo de la construcción de las oficinas que albergan a los tres poderes de la unión, ha incrementado notablemente su tamaño poblacional y su base de empleo, ha modificado su especialización económica de las actividades manufactureras a las actividades terciarias y, especialmente relevante para este trabajo, ha modificado radicalmente su estructura metropolitana, al pasar de ser una ciudad monocéntrica en 1970 a un área metropolitana policéntrica en 1990 Carrión, Fernando. (2005). Además debemos mencionar que el actual Centro Histórico ya no es más una zona habitacional, es decir, casi no hay gentes que vengan a vivir a este lugar, más bien se desplazan hacia los suburbios, dando una conformación diferente a la ciudad.

En nuestro presente actual, la Ciudad sigue cambiando de fisonomía; muchas de las casas y casonas viejas están siendo derribadas dando paso a otros giros diferentes a lo que fue el uso del suelo y ahora la vocación es comercial. Debo hacer la aclaración y diferenciación que una casa antigua es diferente a una casa vieja, la diferencia radica en el grado de conservación que se tenga. Existen muchas casas antiguas que hay que defenderlas de la picota que representa el desarrollo comercial y evitar que se destruyan, por los valores históricos y estéticos que representan; existirán otras que se han dejado envejecer y que si no las destruye el propietario actual el paso del tiempo sí lo hará.

2.4 DEFINICIÓN DE CENTRO HISTÓRICO

“Actualmente existen varias definiciones de lo que es el Centro de la Zona Metropolitana de Toluca, pero todas responden a una mezcla de criterios normativos, administrativos y subjetivos, y no se fundamentan en métodos sistemáticos, verificables y replicables que

permitan apoyar sólidamente la toma de decisiones públicas y privadas” (Gobierno Municipal de Toluca, 2006).

Se llaman Centros Históricos a aquellos asentamientos humanos urbanos, activos, que transmiten en su estructura urbana la expresión más antigua procedente del pasado, concentran gran parte de la historia reflejada en su trama fundacional, con características propias, singulares en su arquitectura; con rasgos distintivos propios que atesoran su evolución social, y las costumbres y tradiciones de sus habitantes. Por el acervo monumental que contienen, tienen un indiscutible valor cultural, social, urbanístico, arquitectónico, plástico, ecológico y simbólico; también representan un potencial económico y turístico; son parte del patrimonio cultural de sus países y, pertenecen a todos los ciudadanos que lo habitan. (Carrión 2005).

Esto lo podemos observar claramente en el actual Centro Histórico de Toluca si consideramos a los templos católicos existentes. La Iglesia del Carmen, La Santa Veracruz, el Sagrario aunque se encuentra inserto dentro de la Catedral de Toluca, la Iglesia de La Guadalupe, la Iglesia de La Merced, la Capilla de Los Dolores, la Iglesia de San Bernardino de Siena y la Iglesia de San Sebastián.

La casa que se considera la más antigua de Toluca, que se encuentra sobre la Av. Morelos Poniente casi enfrente de la Iglesia de la Merced, es ahora la Biblioteca del Magisterio, cuya fachada exterior no refleja ya la antigüedad del inmueble, es la distribución interior la que nos hace imaginar lo bello que fue este inmueble, con el típico patio central con una fuente interior y la distribución periférica de las habitaciones. Todo ello ha sido modificado en el tiempo.

Lo que si persiste todavía son algunas casas de la época porfiriana, estilo Art Deco, que se localizan fuera del Centro Histórico, pero aún dentro del primer cuadro de la Ciudad en lo que se ha denominado el centro de comercio al menudeo. Ya en los alrededores del centro de comercio al menudeo la conformación de la ciudad es diferente, no existiendo un estilo en particular, salvo el aumento de vidrieras en las casas y el uso de maderos y aplanados.

Establecemos que es necesario compatibilizar el factor turismo con lo que consideramos al Centro Histórico, que es un subconjunto del territorio municipal y de la Zona Metropolitana de Toluca, ya que la forma de hacer sostenible exitosamente al centro, es el turismo ya que el comercio al menudeo tradicional no tiene un aporte económico significativo de recursos económicos frescos.

Esta desagregación del Centro Histórico de la Zona Metropolitana, propicia que exista el fenómeno del “síndrome de las ventanas rotas”(Gobierno de Marcelo Ebrard en México D.F.), que fue característico de la Ciudad de Nueva York y que se dio con mucha claridad en el Centro Histórico de la Ciudad de México y tal vez en otras más como la Ciudad de Morelia.

Los bienes inmuebles comenzaron a entrar en desuso y por lo tanto a deteriorarse. El olvido es el factor principal de que el Patrimonio Arquitectónico, tanto histórico como artístico comiencen a hacer patente la entropía de las construcciones, es decir, ver paredes grafiteadas, sucias, con manchas negras o amarillas y eflorescencias blanquecinas en las fachadas y paredes exteriores, puede ya hasta parecer normal y que es parte del paisaje urbano; así podemos observar que existen edificios que forman parte del patrimonio arquitectónico histórico que presentan ya multitud de patologías y que pasan desapercibidas por el público en general, porque algo muy interesante a la vez de importante, el deterioro es lento pero continuo, de tal manera que se vuelve invisible al peatón cotidiano pero que al visitante foráneo sí es observable.

El Patrimonio Arquitectónico Artístico que pudiese existir aún en la ciudad esta siendo constantemente agredido, de tal forma que en una noche puede desaparecer una casa, para convertirse en un estacionamiento o en una tienda de autoservicio.

Ahora, en nuestro análisis surge la reflexión al respecto de que tipo de inmuebles deben preservarse y cuales no, ya que la ciudad no puede quedar como un museo lleno de casas envejecidas que nadie habita y que se esta en espera de que solas se destruyan. En las diferentes Cartas de la UNESCO al respecto del Patrimonio Arquitectónico Histórico y Artístico se establece que solamente se preservarán aquellos inmuebles que tienen un

valor histórico, estético y cultural y que éste sea reconocido y respetado por la sociedad. Eso es un tanto subjetivo en nuestro contexto ya que son dos instituciones las que tutelan dichos inmuebles, dependiendo si son históricos o son artísticos.

El alcance de nuestro trabajo es solamente el análisis de la acción alterante de los líquenes sobre los materiales pétreos que forman parte de los edificios de la Ciudad de Toluca, dando énfasis al Patrimonio Arquitectónico Histórico.

Lo importante del trabajo es dar a conocer la existencia de las patologías, particularmente las biológicas de origen liquenico, ello implica la interpretación del mensaje que están lanzando los líquenes a través de su presencia en una determinada piedra en un determinado lugar.

Ello no debe ser considerado linealmente sino como todo un sistema complejo en donde intervienen diferentes agentes causantes de la destrucción de los materiales incluyendo a los agentes de origen antropogénico.

CAPÍTULO III. HISTORIA NATURAL DE LA ALTERACIÓN

3.1 INTRODUCCIÓN A LAS ALTERACIONES

Las alteraciones –lesiones- superficiales que sufren los materiales pétreos tienen un mecanismo de reacción, caracterizado por varias etapas y procesos, los cuales pueden explicar como se ha llegado hasta el daño que actualmente se esta observando en edificios alterados. Aunque en la práctica es más conveniente ir en sentido inverso porque en el proceso causa – efecto – consecuencias son éstas últimas las que ya están ahí presentes de manera objetiva.

La historia natural de la alteración nos describe en el tiempo, la evolución del sistema complejo, en donde se establece la inter relación de las diferentes variables que intervienen. En todo este sistema complejo, el agua es el agente que mayormente interviene, sin ella no parece ser posible la realización de las diferentes reacciones químicas y biológicas.

Aunque los materiales pétreos aparentan ser muy resistentes y de muy baja inercia química, la realidad que se presenta es diferente. Por muy compactos que parezcan los materiales pétreos existen cavidades intersticiales, las cuales inclusive están interconectadas formando canales de diámetro capilar por donde puede circular el agua.

La humedad puede presentarse de diferentes formas: ascendente, descendente, por condensación cuyo fenómeno de transporte parece ser una combinación de mecanismos de capilaridad y de ósmosis.

La disponibilidad de agua puede obedecer a la existencia de aguas freáticas, aguas meteóricas, agua ambiental y aguas por condensación y por helicidad. Esto es importante diferenciarlo por el frente de avance de la humedad, ya sea este ascendente o descendente. Un caso especial en mencionar es el referente a las aguas meteóricas ya que al caer en la parte más alta del edificio y al dirigirse hacia abajo promueve la existencia de

un proceso de lixiviación de multitud de aerosoles sólidos y líquidos no viables y viables que se han impactado en las fachadas de los edificios, arrastrando entre otras cosas, los minerales solubles en agua que son nutrientes para líquenes y briofitas e inclusive vegetales superiores.

El pH es otro agente que cataliza las reacciones y que pone de manifiesto la incompatibilidad entre los diferentes materiales pétreos empleados en las fachadas de los edificios como las piedras mismas aglomeradas con cementantes y además la aplicación de la mampostería; aunque actualmente debe de considerarse a los diferentes tipos de morteros desde los cálcicos hasta los arcillosos. Esta combinación de materiales promueve procesos como la caolinización, cloritización, nitrificación y sulfatación a los cuales se les da el nombre genérico de cáncer de la piedra. Estos productos de lixiviación de las reacciones llevadas a cabo al poner en contacto a dos materiales incompatibles, son parte de los nutrientes de nuestros líquenes.

El calcio es otro agente que parece tener algún efecto, aunque menor, en la probabilidad de promover la biocolonización líquénica, aunque es conocida la acción de las algas de impartir coloración al mármol que se emplea en otro tipo de obras, como estatuas y monumentos

El adobe es un material contrastante, ya que no se encuentran líquenes de manera ostensible como tal, aunque en el adobe recubierto por algún tipo de mampostería sí es posible el desarrollo de colonias de líquenes. En cambio sí se ha observado la biocolonización de tabiques de arcilla cocidos e intemperizados. La biocolonización y la biorreceptividad se llevan a cabo de manera más eficiente cuando los materiales están intemperizados, es decir por efectos naturales del ambiente que los rodea el pH del material original tienden a ser neutro.

Si bien la adherencia de los líquenes hacia el sustrato es fuerte, ésta es vulnerable en la época de estiaje, ya que el liquen pierde fuerza al momento de estar con disponibilidad limitada de agua. Por efectos de la erosión se lleva a cabo una poda de los líquenes desde de su colonia establecida y pasan a formar parte de los aerosoles sólidos viables desde su

origen hasta la Impactación o llegar hasta el sumidero que formará parte de su nuevo hábitat.

La dinámica de los aerosoles viables es la herramienta teórica para explicar los fenómenos de transporte en aerobiología, la cual se ve seriamente afectada por los factores climáticos. La biocolonización depende de ello en el sentido de la transferencia por contacto de los líquenes. Los líquenes se encuentran suspendidos en el ambiente y probabilísticamente se pueden impactar en cualquier tipo de superficie y cualquier tipo de materiales.

Los aerosoles pueden desplazarse grandes distancias, desde donde se emiten hasta donde caen; mientras más pequeños sean los líquenes liberados por la poda, más tiempo permanecen suspendidos en el aire y posteriormente descender, de ahí que grupos mayoritarios de líquenes comienzan a colonizar lugares donde hay humedad disponible.

El factor de insolación es importante, los líquenes requieren de luz solar para que las algas que forman parte de los líquenes puedan llevar a cabo la fotosíntesis, ya que en su proceso de metabolismo se producen los nutrientes para los hongos; esto no se aplica a todos los líquenes o al menos a las variedades que estamos estudiando y que son los foliosos y los crustosos. Unos de ellos necesitan iluminación, otros un ambiente entre sol y sombra. Los hongos no requieren de esta energía radiante en cantidad y es un aspecto que diferencia líquenes y hongos.

Entonces las diferencias morfológicas de cada variedad de líquenes va a ser determinante en la biocolonización. El tipo de porosidad y rugosidad del sustrato hacen la diferencia. Las piedras porosas son más proclives a absorber agua, al existir un poco de sombra la evaporación del agua es más lenta, esto será propicio para los líquenes foliosos cuyo requerimiento de agua es mayor; estos líquenes se caracterizan por causar simplemente un daño estético, el daño mecánico es muy superficial. La otra variedad de líquenes, los crustosos, epilíticos también, afectan a la superficie por la coloración que se da, ocupan una área mayor pero al presentar el sustrato una mayor porosidad, se presentan canales capilares interiores por donde pueden penetrar los ricines de los líquenes, por lo que el

daño mecánico es más significativo, tanto por penetrar en dichos orificios como por los ácidos líquénicos que penetran, causando un daño químico.

En el ambiente, se encuentran suspendidas en el aire muchas partículas de diferentes tamaños, algunas pueden verse, pero aquéllas menores a 50 micras ya no son detectables por el ojo humano simplemente, por lo tanto esta gran mezcla de partículas puede contener multitud de líquenes de manera aislada, cada uno de ellos teniendo la probabilidad de asentarse como núcleo de la biocolonización.

El inicio de esta biocolonización es precaria ya que existe una competencia con los núcleos de colonización de otras especies como son los musgos. Los líquenes comienzan por establecer su territorio, teniendo una gran actividad metabólica inicial que no permite el desarrollo de otras especies. Entonces el mecanismo de biocolonización está basado en la velocidad de nucleación y en la velocidad de crecimiento. Tarde o temprano el terreno delimitado por los líquenes cede ante la presión de crecimiento de las otras especies que crecen a mayor velocidad. No hay que perder de vista que las características superficiales influyen en la biorreceptividad.

Los líquenes van a buscar depositarse en un sustrato que les sirva como hábitat, independientemente del uso o aplicación que el ser humano decida darle, es decir, para los líquenes lo que hoy es un edificio o lo que antes era una piedra, es lo mismo para la biocolonización siempre y cuando las condiciones sean las adecuadas como ya lo hemos indicado anteriormente como intemperización.

Siendo casuística la biocolonización, podríamos hacer la analogía con los virus oportunistas, que siempre han estado ahí en su hábitat, pero que no se habían desarrollado hasta que se diesen las condiciones. En un mismo edificio tenemos varias zonas de vulnerabilidad, por lo tanto pueden existir varias patologías simultáneamente, esto también nos invita a pensar que puede haber diferentes etiologías de una misma patología, es decir, además de los líquenes epilíticos ya citados es posible la existencia de otros organismos formando biopelículas.

Entonces, la realización de un diagnóstico adecuado de la alteración superficial de un material pétreo empleado en un edificio, deben ser consideradas todas las variables que forman nuestro sistema complejo y que al variar un solo agente esto es suficiente para mover todas las demás variables.

En este diagnóstico siempre existirá una incertidumbre en la observación del reconocimiento de la colonia y su comportamiento sobre el sustrato donde este asentada y el entorno que la rodea. En una misma fachada, en una misma pared vamos a encontrar diferentes tipos de líquenes, por ejemplo, en una fachada de un edificio muy alto, como lo es una iglesia, las condiciones varían y entre las paredes laterales y las fachadas también hay diferencias de materiales; en ambos tipos de materiales existe una diferencia de tiempo de extracción desde la cantera, su labraje, transporte y colocación y a partir de la fecha en la que el edificio comienza a funcionar hasta nuestros días, han cambiado mucho las cosas.

3.2 LA ENTROPIA

Este éste término, tomado del área de la termodinámica, pero aplicada al mecanismo de reacción que hemos denominado como “alteración”, nos predice hacia donde se dirige nuestro sistema complejo, nos predice hacia donde se va a desplazar el equilibrio homeostático existente entre líquenes, materiales pétreos diseño arquitectónico y medio ambiente todo como un conjunto cuya historicidad es única.

La entropía de manera cualitativa puede definirse como una medida del desorden del sistema; desde otro punto de vista es la medida de la energía que se desperdicia en cualquier proceso en transformación.

La entropía nos puede predecir sí es que estamos ante la presencia de un cambio o de una transformación al momento de estarse desplazando los reactivos hacia los productos, es decir la dirección del avance del equilibrio. Lo que no nos permite revelar la entropía es detectar el tiempo en el que se lleva a cabo la transformación.

Los materiales pétreos, que se piensa son duraderos, que no se van a fracturar y mucho menos a reaccionar químicamente están predestinados a desaparecer como rocas y transformarse en minerales independientes que en algún momento formaron parte de la roca o transformados en otros más inertes desde el punto de vista químico, que finalmente nos indiquen que la formación de entropía es mínima. La alteración se lleva a cabo donde la energía libre de reacción es máxima para desplazarse hacia el equilibrio donde esta entropía es mínima, es decir, hacia las zonas de mayor conflicto energético, pero esto ya depende del diseño de la pieza. En el mismo sentido, la entropía predice la auto destrucción de los líquenes cuando el crecimiento, la biocolonización haya creado un caos en su hábitat natural. Entonces considerando a nuestros elementos de estudio, piedras y líquenes por separado desde el punto de vista de la entropía el sistema tiende a desaparecer a menos que de forma emergente, sea otro mecanismo diferente el que de origen a una nueva colonia. Lo cual significa que es posible alargar el ciclo de vida.

Los líquenes suelen responder de manera diferente, en un ámbito decimos que son destructivos y ellos mismos en otro momento no lo son. La dualidad de comportamiento está en función de las condiciones circundantes existentes. Asegurar que la acción de los líquenes es alterante de la superficie de los materiales pétreos es tan impreciso como afirmar que la acción de los líquenes es más bien protectora; lo único que podemos afirmar es la destrucción en algún momento futuro del sistema complejo. Así como las rocas tienden a regresar a ser minerales más simples, la proliferación de las colonias liquénicas tienden hacia el caos, entrando en un proceso de autodestrucción. El aspecto que sí está de manifiesto es el hecho de que las colonias de líquenes y su relativo crecimiento, son indicadores de que otra patología más destructiva está en curso y que se puede llegar hasta un punto de no retorno en donde el avance de la entropía es más rápido, es decir, la destrucción temprana del material pétreo.

Un aspecto que es propio de la biocolonización dentro del marco entrópico del sistema, es la forma en la que responden los líquenes ante los cambios del sistema complejo. Sí lo pensamos como algo mecánico afirmaríamos que “a toda acción corresponde una reacción con la misma intensidad pero de sentido contrario”; los líquenes pueden formar

biopelículas para regular los procesos de transferencia de masa, es decir la adsorción de agua, por ejemplo. Esto se logra por medio del control de la temperatura superficial.

La acción alterante de los líquenes comienza a actuar cuando contradictoriamente se le quita de su hábitat, es decir, los micro canales formados por ellos quedan vacíos disponible para el ingreso de otros agentes destructivos, como puede ser la corrosión química causada por ácidos, el ingreso de termitas perforadoras de la roca o el agua en el fenómeno de la helicidad. (agua que se cristaliza en las hoquedades de la piedra).

3.3 LA INCERTIDUMBRE EN LA OBSERVACIÓN DE UN SISTEMA COMPLEJO

Hemos mencionado con anterioridad que estamos ante la presencia de un sistema complejo de baja entropía, es decir, un sistema complejo que se dirige hacia su destrucción de manera muy lenta y que nos permite ver los cambios de manera prospectiva, con la limitante de que si intervengo a una sola variable entonces modifico las otras restantes.

Un punto de vista me indica que debo de tomar una muestra del liquen y entonces llevarla al laboratorio para observarlo a un mayor aumento y poder clasificarlo, sembrarlo en un medio de cultivo sintético y hacerlo crecer; esto está bien, sin embargo lo que interesa es observar a la colonia liquénica en su ambiente. Otro punto de vista insiste en tomar una muestra de la piedra que forma parte de la estructura del edificio y nuevamente llevarla al laboratorio para observarla, pero al igual que el comentario anterior la piedra ya no está en su ambiente. En otro momento, existen ciertos reactivos químicos que permiten asegurar que lo que estamos observando son líquenes y no briofitas: Agregando bases fuertes de metales alcalinos, se logra que el liquen cambie de color, pero en ese momento se está agregando una sustancia química corrosiva para la piedra que forma parte de elemento arquitectónico. Finalmente la recomendación podría ser toma un elemento constructivo de la fachada o de la pared de un edificio, con todo y las colonias de líquenes existentes y llevarlas a una cámara salina de corrosión acelerada; pero esto no es posible

porque se estaría destruyendo la fachada del edificio que puede estar formando parte del patrimonio arquitectónico de la nación.

Entonces la observación del bien inmueble, en perspectiva, implicará la introducción de un factor de incertidumbre en las observaciones, en donde se tienen que emplear algún tipo de análisis digital de imágenes a partir de una fotografía.

Existen en la ciudad un gran número de edificaciones que tienen manchas negras, algunas formando escurrimientos en las partes elevadas y otras estando sobre nivel de piso cerca de los encharcamientos o en donde existe humedad ascendente. A éstas manchas se les da la denominación genérica de contaminación carbonácea procedente de las emisiones de los vehículos que utilizan combustibles fósiles; sí esto fuese cierto, toda la ciudad estuviese ennegrecida. Esta costumbre proviene de Europa, particularmente Londres en donde la existencia intensiva que hubo de carbón en los inicios de la Revolución Industrial, hacia que este se depositara en cualquier parte de las fachadas.

En nuestra Ciudad de Toluca, la emisión de este tipo de carbón proviene de los transportes que emplean diésel en su motor. Si bien es cierto que el carbón es el alimento principal de los seres vivos, el tipo del que se deposita es una forma no asimilable para los organismos; sin embargo en muchas de las aparentes manchas, sobre ellas van creciendo otro tipo de líquenes. La realidad es que el oscurecimiento es otro tipo de liquen de los que se les denomina formadores de suelos.

Los aerosoles pueden contener líquenes y partículas de carbón, todas tienen las mismas probabilidades de depositarse sobre una superficie, pero solamente los organismos vivos como los líquenes pueden biocolonizar una superficie y cubrir una superficie de manera homogénea.

Los líquenes tienen la habilidad de biocolonizar a todos los materiales siempre y cuando existan las condiciones de bioreceptividad. Esto es importante señalarlo ya que los líquenes preservan hábitos de sus antecesores, los hongos y las algas y de ahí parte de sus

diferencias morfológicas y fisiológicas; el crecimiento radial de las colonias es típico de los hongos, por ejemplo.

En un mismo lugar pueden existir líquenes de la misma clasificación, unos epifíticos y otros epilíticos, ambos foliosos y crustosos pero ello no significa que los líquenes que puedo encontrar en un parque donde existan muchos árboles colonizados por líquenes, de manera automática los mismos se van a desprender y se van a adherir a la superficie metálica de un automóvil que este en movimiento y que circule cerca del parque, sí es posible que en un automóvil abandonado cerca de un lugar donde existan líquenes se puedan adaptar y biocolonizar, sí es posible que los líquenes puedan biocolonizar a los materiales constructivos actuales.

Los materiales constructivos de los inmuebles de la ciudad son muchos y muy variados y no es posible sectorizarla en función de las probabilidades de biocolonización, lo que sí es más factible es el hecho de que la ciudad se puede ordenar, relativamente, en función de las condiciones socio económicas existentes propias de cada habitante. Los líquenes forman parte de la estética de un bien inmueble; si este está muy bien mantenido no habrá colonias de líquenes, lo contrario nos permitirá encontrar las variedades existentes de líquenes en la ciudad. Este aspecto no depende de la capacidad económica de un determinado grupo social, si depende de las costumbres del mismo.

Luego entonces en la metodología seguida para detectar y observar a los líquenes se encontrará siempre ese factor de incertidumbre en las determinaciones ya que estamos tratando a un sistema complejo en el cual se tienen muchas variables inter relacionadas.

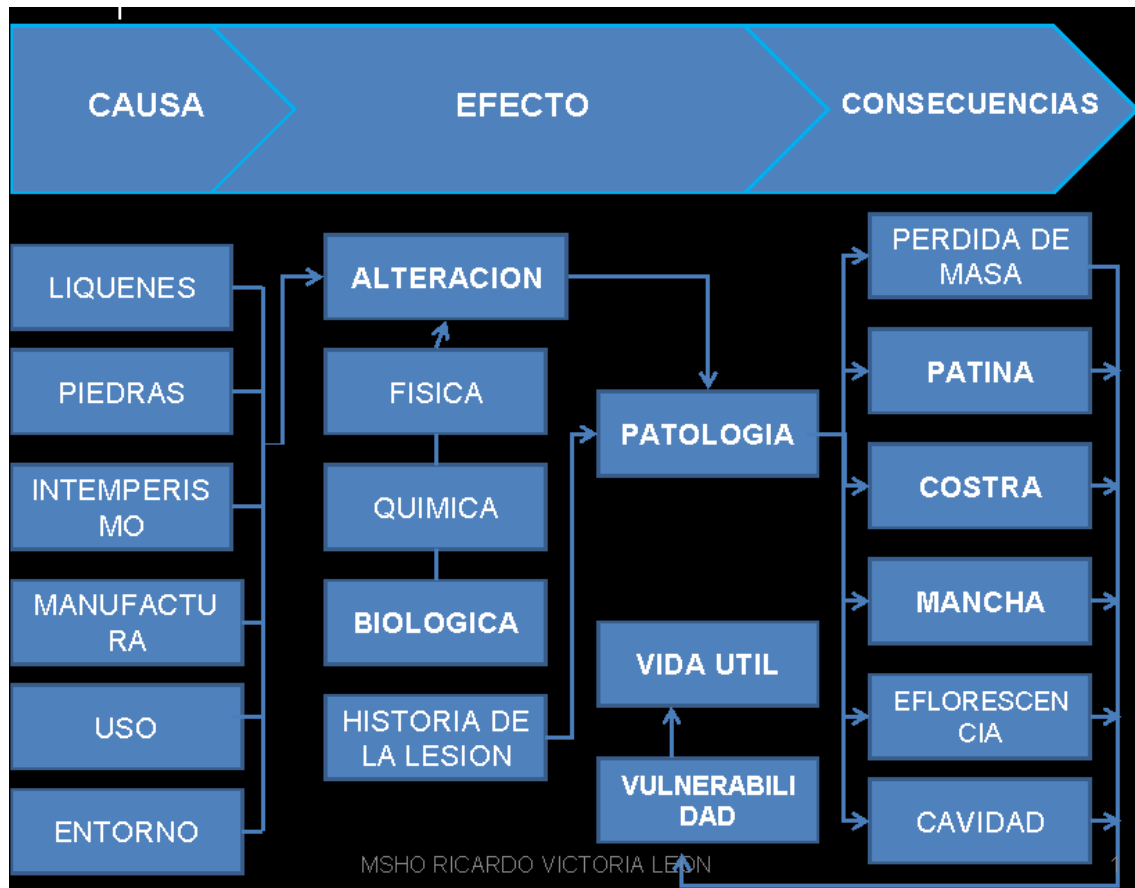


Figura. 1Flujograma Historia Natural de la Patología. Por una parte tenemos señaladas las causas los efectos y las consecuencias, como van interaccionando hasta llegar a ser una patología que nos puede determinar la vulnerabilidad y la vida útil correspondiente.

CAPITULO IV. DE BARRIO VIEJO A CENTRO HISTÓRICO

4.1 EVOLUCIÓN DEL CENTRO HISTÓRICO

“La arquitectura decimonónica, es sin duda, la porción menos estudiada y comprendida de la historia de este arte en México. No se debe esto solamente a lo que se llama “la ley de las generaciones”, en el gusto artístico, es decir, la aversión que suele sentirse hacia lo producido por los antecesores inmediatos.

Sobre la arquitectura decimonónica pesan además rencores y anatemas. El rencor de los entusiastas del arte virreinal que no perdonan al XIX las destrucciones de tantas joyas barrocas. El anatema pronunciado muchas veces a la ligera, por los políticos e historiadores posrevolucionarios sobre el régimen porfirista y que pareciera proyectar su sombra ominosa sobre el arte coetáneo .

Todo esto ha dado por resultado una falta de interés generalizado por estudiar a fondo y apreciar el arte decimonónico.” Francisco Ramírez 1978.

No por el excesivo interés en un tema, vamos a perder la objetividad. El Centro Histórico de la Ciudad de Toluca, se ha transformado tantas veces, que tenemos que hacer referencia a que época nos estamos refiriendo.



Figura 2 Av. Villada Centro Histórico mezcla de estilos arquitectónicos

Esta situación la podemos observar claramente en la Figura 1. Corresponde a la Avenida Villada entre Av. Hidalgo y Av. Morelos, en pleno Centro Histórico y en una de las avenidas más representativas de la ciudad. Se observa una estructura metálica moderna, una casa con arquitectura afrancesada, unas casas con arquitectura simple de principios del siglo XX y al final un edificio de estacionamiento, que no tiene más atractivo. Esta es una constante que seguiremos viendo. Tal parece que no hay creatividad arquitectónica en los tiempos actuales, solamente el aspecto económico es el que prevalece.

La noción actual de centro histórico es un reconocimiento actual que se inicia en el trienio municipal 2009-2011. Tenemos un centro de gobierno, un centro de comercio, un centro religioso, todo confluye en el mismo lugar. En este período se establecen sus límites y se realiza un inventario de los bienes inmuebles que lo conforman. El Centro de Toluca actual era un pantano bordeado por el Río Verdiguél. El Jardín de los Mártires, hoy Plaza de los Mártires, era un jardín, con fuentes y nutrida vegetación debido al nivel freático del agua en el subsuelo. Recordemos que el lugar donde está asentada la Ciudad de Toluca, formaba parte del Valle del Marquesado de Oaxaca, después en el México Independiente se forma el Estado de México, su primera capital fue Texcoco, posteriormente San Agustín de las Cuevas, hoy Tlalpan en México D.F., luego Metepec y finalmente Toluca. Ello no significa que la Ciudad de Toluca no existiera, sino que su conformación urbana no correspondía al de una ciudad grande sino a un conjunto de barrios alrededor de los asentamientos religiosos, siendo el principal el Convento de la Asunción y la Iglesia de San Francisco.



Figura. 3 Iglesia de San Francisco (Toluca Antigua Municipio de Toluca)

En la Figura. 3 se puede observar El Sagrario, que actualmente se encuentra dentro de la nave de la Catedral de Toluca.

“cada época ha destruido con fervor la que le precede, porque no ha sabido respetar ni su pasado ni desplazarse ni buscar nuevos espacios”.

Francisco de la Maza



Figura. 4 Calle de La Concordia (ya no existe) (Toluca Antigua Municipio de Toluca)

En la Figura. 4 observamos una arquitectura ecléctica, típica de las casas de aquella época del primer cuarto del Siglo XX, calles empedradas que permitían la infiltración del agua al subsuelo, cables del telégrafo y no se ven luminarias.



Figura. 5 Foto tomada desde el campanario de la Iglesia del Carmen (Toluca Antigua Municipio de Toluca)

En la Figura. 5 podemos observar lo que hoy es el Cosmovitral y La Plaza España. Los puestos que se observan, pertenecen a lo que fue el tianguis tradicional de Toluca, los viernes, que inclusive era motivo de visitas turísticas por lo tradicional y lo vistoso. Hoy el tianguis se localiza a 15 km. de la ciudad.

4.2 LOS BARRIOS ORIGINALES

Los Barrios que conformaban la Ciudad (Palacios Díaz 2008) eran los siguientes:

Hacia el Sur, los Barrios de:

- Las Víctimas
- Del Calvario
- Del Instituto

Hacia el Poniente, los Barrios de:

- La Garcesa
- San Bernardino
- La Teresona

Hacia el Norte, los Barrios de:

- San Luis
- San Miguel
- El Cópore
- Santa Bárbara
- Zopilocalco
- San Juan
- Árbol de Las Manitas
- Huitzila
- Tlacopa

Toluca ejerce su crecimiento con muy poca asertividad un crecimiento acelerado con la conservación de su patrimonio edificado, tal parece que el designio es construir sobre las ruinas; pero aún el Centro Histórico de la Ciudad de México ha hecho esfuerzos por respetar las diversas expresiones arquitectónicas, sus ricas tradiciones con sus visibles impulsos modernizadores, su sentido de la tranquilidad con la apertura a las más diversas expresiones de la cultura contemporánea. Podríamos afirmar que en el tiempo presente existe un antagonismo arquitectónico con el pasado reciente, puesto que el pasado lejano solamente encuentra expresiones en las Iglesias existentes en la Ciudad.

En un principio los terrenos fueron asignados a los primeros pobladores ajenos a la región quienes al transmitir a sus descendientes su legado de apropiación y destrucción de lo existente continuaron esa costumbre tan arraigada en los actuales descendientes y observamos la construcción de nuevas obras sobre las ruinas de lo anterior.



Figura 6. Av. Hidalgo esq. Allende en el Centro Histórico

También es evidente que además, de la actitud de falta de identidad y orgullo de pertenencia, interviene el escaso criterio de las autoridades de obras públicas del gobierno municipal en turno. En la Figura 6 podemos observar esta condición, pudiésemos afirmar que cada cambio arquitectónico corresponde a un gobierno municipal diferente. Por lo menos en esta cuadra, de la acera sur de la Av. Hidalgo se puede ejemplificar.

En la Figura 6 podemos observar que en una misma cuadra coexisten dos épocas diferentes entre sí; arquitecturas diferentes; en la cuadra anterior se observa un edificio de características constructivas y arquitectónicas tan diferentes como los materiales empleados en su construcción. Tal parece que Toluca esta condenada a ser un collage de mal gusto.

La ciudad de Toluca, su Centro Histórico, ha tenido momentos de auge y decadencia, de expansión y estancamiento, y ha estado ligada desde sus inicios al desenvolvimiento histórico del Valle de Toluca. Poco es lo que queda por apreciarse, salvo lo que se encuentra en libros y Figuras antiguas.

4.3 EL CENTRO HISTÓRICO COMO TESTIMONIO

El Centro Histórico representa el corazón de la Ciudad, testimonio vivo de la historia local, sitio de grandes acontecimientos sociales y políticos, ámbito que se ve enriquecido por la relación física y visual con su patrimonio edificado, su entorno natural y la presencia de tradiciones particulares de la Ciudad.

En la Figura. 7, la Av. Villada, vista de norte a sur, al fondo se observa del lado izquierdo el campanario de la Iglesia El Ranchito. Interesante que para aquella época de inicios del Siglo XX, la Ciudad contaba con un tren, que conectaba desde la terminal del ferrocarril Nacional, por el actual rumbo de la Colonia Independencia hasta el Monumento del Águila, en Paseo Colón. De ahí el nombre de la ruta de transporte urbano Colón Nacional.

En primer plano del lado izquierdo se observa la casa donde actualmente están las oficinas del INAH y enfrente la Notaría.

Para su época Toluca tenía un transporte público aceptable, que sí se hubiese respetado y actualizado a un tren eléctrico, la contaminación ambiental en la Ciudad no hubiese crecido tanto.



Figura. 7 Av. Villada en su confluencia con Av. Hidalgo

Por ejemplo, para 1975 alrededor del edificio que hoy ocupa el Vitral, que en realidad es un Jardín Botánico, era un mercado en cuyos alrededores se asentaba cada viernes un tianguis tradicional que era el atractivo turístico de su época.

En la actual Plaza González Arratia, había comercios y estaba el Cine Coliseo. Hoy solo existe un ágora y unas columnas griegas tal vez en memoria de aquella época.

La configuración de la ciudad se dio por segregación social de sus habitantes, de acuerdo a su capacidad política, económica y social. La estructuración de la ciudad se dio por barrios alrededor de la plaza central y con una conexión directa con las parroquias que se encontraban cerca del mismo.

Para inicios del siglo XX los barrios aun constituían la unidad organizativa de la ciudad, y los grupos urbanos desarrollaron un sentido de territorialidad basado en referentes gremiales, religiosos y políticos que no eran ajenos a la base barrial que la colonia había heredado. Hay que considerar la importancia que poseía la plaza central en el pasado, la cual hoy en día todavía la posee, ello dado por las actividades que se realizan de acuerdo a diferentes tipos de ocasiones en las cuales se hace uso de la misma.

El Centro Histórico, el abandono del mismo trajo consigo un cambio de usos del suelo y la segregación y segmentación del espacio, y el uso original del centro que en un principio era habitacional, cambió al ser la sede de la actividad comercial y financiera más importante de la ciudad capital.

La ciudad es un ente viviente que se va transformando en función de las diferentes épocas históricas, sociales, culturales y el crecimiento propio debido a la presión urbanística y el crecimiento poblacional.

La ciudad no puede quedarse estática y convertirse en un museo monumento histórico, que solamente trata de preservar las condiciones y características de una época; la ciudad es dinámica y como tal debe de haber la consiguiente convivencia de épocas, siempre y cuando se mantenga lo que llamaríamos la filosofía de la ciudad. Estilo, elegancia, orden, convivencia con la naturaleza es lo que debe caracterizar al patrimonio arquitectónico, sin agredir al entorno, a la estética. Sin embargo, los estilos disímbolos que son aberrantes, hablan lo contrario de un contexto y cultura social. La ciudad es de todos, independientemente de cualquier clasificación económica, social, cultural.

En la nueva imagen que se le trata de dar a la ciudad se encuentra una mezcla de estilos arquitectónicos, sobre puestos a lo que fue la construcción original, así vemos los balcones, la fachada trabajada en piedra y en la parte de abajo, totalmente diferente, lo correspondiente al local comercial, como se puede observar en la Figura que a continuación se presenta, con lo ahora típicos letreros en madera con letra dorada.



Figura -8 Av. Independencia esq. Av. Juárez.

Las letras doradas sobre un soporte de madera, Figura 3, es una constante de anuncios comerciales. No es solamente en Toluca, también lo existe en otras ciudades capital, como es el caso de la ciudad de Morelia como se muestra en la Figura 4



Figura 9 calle del Centro Histórico de la Ciudad de Morelia.(Eduardo Montes)



Figura -10 Av. Juárez entre Av. Hidalgo y Av. Independencia. Este inmueble se resistió al cambio impuesto por el H. Ayuntamiento

En este desorden urbano, existen inmuebles que se resisten al cambio, haciéndose notorio su atraso comercial. Este análisis debe realizarse en dos sentidos, hacia dentro, de manera introspectiva para observar, catalogar, ordenar y conectar todos los elementos de la misma que nos pueda explicar el estado actual de las cosas, sin tratar de juzgar con nuestra óptica hiperposmodernista, lo que en su momento significó en cada época. También comenzaban a surgir los primeros rasgos del futuro hipercrecimiento de la ciudad y la industrialización se fue llevando la actividad económica a la periferia.



Figura -11 Av. Independencia esquina Av. Rayón

Se describe a continuación el perímetro del Centro Histórico de la Ciudad de Toluca, tal y como aparece señalado en el Figura 12Plano No. 1 que forma parte de este acuerdo, y para cuya conformación se ha considerado la trascendencia histórica de la Ciudad de Toluca; los diversos factores de crecimiento urbano que a lo largo del tiempo ha experimentado; la traza urbana y edificaciones históricas de relevancia de épocas anteriores y de la actualidad; así como el desarrollo social y cultural y hechos históricos relevantes (Gaceta Municipal 13 junio 2012).

[illegible]

46



Figura 13 Mapa Centro Histórico ciudad de Toluca (H Ayuntamiento Municipal de Toluca 2012 - 2015)

El tiempo es relativo al observador y a su marco de referencia; las paradojas surgen cuando diferentes tiempos se entrecruzan entre sí, porque entonces se desequilibra el sistema en su equilibrio homeostático. Existen tiempos en diferente escala, sea geológica, biológica, sociológica, sincronizados en un equilibrio dinámico que mantiene a la entropía en un rango aceptable.

El Patrimonio Cultural Arquitectónico de interés Histórico y Social, fundamentalmente los bienes inmuebles contienen en su mayoría materiales pétreos en su construcción, combinada con otros materiales. Los materiales expuestos en sus fachadas están expuestos al Intemperismo y por lo tanto están sujetas a la alteración de su superficie, este daño puede ser de diferentes orígenes, pero siendo la bioalteración líquénica nuestro objeto de estudio nos enfocaremos a los líquenes existentes en la ciudad.

Los líquenes, son en realidad hongos que se asientan en un estrato, algunos se encuentran con un alga o con una bacteria y entonces se liquenizan; los líquenes crecen muy lentamente, algunos milímetros por año por año en el mejor de los casos y de las condiciones atmosféricas existentes. Un solo liquen casi no se nota un conjunto de líquenes ya son más notables. Para que una colonia de líquenes se convierta en una patología y sea causa de una acción alterante del material pétreo, se requiere de mucho más tiempo y una conjunción de muchos otros agentes de intemperismo.



Figura 14 Líquenes amarillos en la Catedral de la Ciudad de Toluca

Para que se lleve a cabo la transformación de roca ígnea a sedimentaria a metamórfica, pueden pasar millones de años, una roca que se extrae de una cantera ya de por sí es antigua.



(a)



(b)

Figura -15 (a) Formación de una colonia (b) asiento de la colonia

Labrar la piedra, convertirla en un elemento constructivo o decorativo se lleva aún más tiempo.

Los procesos anteriores contienen variables que no podemos controlar y que solamente podemos ser observadores, esto si no queremos romper el equilibrio homeostático, pero esto no es la característica de los seres humanos que viven en un determinado conglomerado llamado genéricamente ciudad. Así tenemos a las diferentes épocas de carácter eminentemente antropogénico y por ende social. Lo más cercano a nuestro tiempo actual es el modernismo, el posmodernismo y creo estar ya en el hiper posmodernismo. Para nuestro entorno inmediato, la Ciudad de Toluca la referimos a épocas históricas, pre hispánica, colonial, virreinal, independentista, reforma, revolución, milagro mexicano, neoliberalismo y actualmente la cultura líquida. Las observaciones que vertimos sobre el Centro Histórico de la Ciudad de Toluca, tienen la finalidad de señalar las alteraciones existentes, fundamentalmente diferenciar las naturales de las antropogénicas. Son éstas últimas las que más daño causan a este Patrimonio.

En la Figura 16 podemos observar los diversos materiales de construcción, a pesar de la expoliación a la que está sometida esta construcción, nos permite ver la estratigrafía correspondiente, primero los tabiques de adobe, luego reparaciones colocando tabique cocido en horno, algunas piedras de soporte, piedras para ventilación de sótanos o de los pisos de madera que seguramente hubieron en la casa y los materiales empleados para los acabados, tanto aplanados como las pinturas. Los herrajes y la madera de las puertas, sin embargo la pieza de madera circular corresponde a cables de cobre, lo que nos da indicios de que lo único original que queda es la fachada y que próximamente estaremos viendo una nueva construcción.

El Centro Histórico es uno de los polos de actividad comercial más importantes del Valle de Toluca. Esta vocación persiste desde tiempos prehispánicos y se renueva permanentemente. Múltiples giros comerciales tradicionales y modernos están presentes en sus calles, organizados en zonas de especialización en determinadas ramas. La

reubicación de los vendedores ambulantes y la creación de nuevas plazas de comercio popular esta reimpulsando la actividad económica.



Figura 16 Casa en la calle de Galeana en pleno Centro Histórico de Toluca

Hay que considerar, sin embargo, que en las últimas décadas la ciudad ha crecido aceleradamente y de una manera extensiva, descuidada y sin control. Ello ha significado la gestación de crecientes presiones y amenazas que se ciernen sobre su centro histórico, que sigue siendo el eje articulador de una ciudad que crece a las tasas más altas en el país, constituyendo ya una gran zona metropolitana, que se aproxima al millón de habitantes.



Figura -17 Av. Hidalgo esq. Aldama, al fondo se observan los portales.

Todo lo anterior repercute en la generación de una enorme demanda y una creciente presión sobre nuestro centro histórico, que presenta riesgos y urgencias que deben atenderse en lo que respecta al congestionamiento vehicular, la inoperancia del transporte público, la tergiversación de los usos del suelo, el abandono y descuido de inmuebles, la especulación inmobiliaria, la invasión de la vía pública para fines particulares, la inseguridad, y otros desafíos que nos exigen mirar el centro histórico como parte de la 'ciudad total' y no como un ente aislado.

Los Portales de Toluca, son turísticamente el lugar más conocido de la Ciudad de Toluca, ahí se albergan todo tipo de negocios comerciales, de alimentos y las franquicias de hamburguesas. Igualmente han sido restaurados muchas veces, quedando solamente la imagen del conjunto.

Este es el lugar de reunión tradicional de los habitantes del Valle de Toluca, que nos visitan cada fin de semana.



Figura -18 Los Portales (a) Hoy (b) el mismo Portal en 1920

La Figura 18 anterior corresponde a uno de los Portales más transitados en Toluca, podemos observar elementos comunes, letreros de madera con letras doradas, un escenario arquitectónico que nada tiene que ver con la originalidad de los portales, aunque los mismos sean recientes.

Desde los colonizadores matlazincas hasta nuestra pluriculturalidad actual no han pasado más de seiscientos años, ni siquiera una era geológica y sin embargo ha habido tantas modificaciones al entorno como si todo un desastre geológico hubiese sucedido



Figura -19 Plaza González Arratia y Los Portales. Al fondo la Catedral de Toluca

Hemos pasado de villa, a pueblo, a barrio antiguo a centro histórico en un tiempo muy reducido tanto para los materiales pétreos como para los líquenes; sin embargo las actividades antropogénicas han encubierto y modificado los cambios que la entropía propone.



Figura 20 Lo que fue el Convento de San Francisco (Toluca Antigua Municipio de Toluca)

En la ilustración se observa el Convento de San Francisco, en ese espacio hoy se encuentran parte de los Portales.

Entendemos como Centro Histórico un conjunto urbano de carácter irrepetible en el que van marcando su huella los distintos momentos de la vida de un pueblo, formando la base en la que se asientan sus señas de identidad y su memoria social.

El valor irrenunciable de estas señas lo convierten en un bien patrimonial, su pérdida significa la ruptura del anclaje de la sociedad con sus orígenes, hipotecando su porvenir.



Figura 21. Av. Independencia y los Portales y un muro del Ex Convento de San Francisco.

Con el fin de identificar el concepto de "Centros Históricos", deberán tomarse en consideración no sólo los antiguos centros urbanos tradicionalmente entendidos como tales, sino, más en general, todos los asentamientos humanos cuyas estructuras, unitarias o fragmentarias incluso si se han transformado parcialmente a lo largo del tiempo, se hayan constituido en el pasado o en lo sucesivo, y tengan particular valor de testimonio histórico, arquitectónico o urbanístico. En esta Figura 21 podemos constatar estas diferentes épocas.

Su naturaleza histórica se refiere al interés que dichos asentamientos presentan como testimonios de civilizaciones del pasado y como documentos de cultura urbana, incluso independientemente de su valor intrínseco artístico o formal, o de su peculiar aspecto como ambiente, que pueden enriquecer y resaltar posteriormente su valor, en cuanto que no sólo la arquitectura, sino también la estructura urbanística poseen por sí mismas un significado y un valor.

La autenticidad del monumento es un valor que ha sido relegado ante el conjunto de intervenciones que se le dan para dar legibilidad al mismo. Cómo evitar que el Patrimonio Arquitectónico se convierta en un set cinematográfico.



Figura -22 Centro Histórico Matlazincas, según José Yurrieta Valdés

En una entrevista realizada al Ing. José Yurrieta Valdés, nos comentó que el verdadero Centro Histórico de Toluca está en la cima de este cerro que se encuentra al norte de la Ciudad de Toluca, en lo que se conoce como La Teresona, solamente que este centro corresponde a los Matlazincas y no a los pobladores españoles, que se asentaron unos metros más abajo hacia el Convento de San Francisco.

Uno de los certificados naturales de autenticidad de un edificio monumental pétreo, los líquenes, se destruyen en una intervención de restauración. Tampoco sobreviven los líquenes que son biomonitores de la calidad y pureza ambiental, porque en una intervención, consideran que afecta a la belleza estética del monumento.

En los criterios de conservación, ¿hasta donde debe intervenir un edificio? ¿Debe preservarse como cuando se construyó o debe restaurarse y dejarlo en un estado actual donde se certifique su antigüedad, desde luego estabilizándolo y consolidándolo?

En la Figura 23 que se muestra a continuación, se puede ver al Templo del Carmen, en el Centro Histórico, que ha tenido múltiples intervenciones y tal vez se observa mejor que cuando fue construido. Esta última intervención fue cuando el Presidente de los Estados Unidos de Norteamérica y el Primer Ministro de Canadá en febrero del 2014.



Figura -23 Templo del Carmen, Centro Histórico de Toluca Méx.

Sí la pátina es estable, ésta debe conservarse. La pátina de la piedra debe ser conservada por evidentes razones históricas, estéticas e incluso técnicas, ya que, en general, desempeña funciones de protección, como lo demuestran las alteraciones químicas que se inician a partir de los lugares donde había pátina y esta fue eliminada.

La pátina en las piedras de construcción es el análogo al proceso de pavonado, anodizado o tatuado en los metales. Aquí la pátina es un proceso que da por resultado la protección superficial de un metal.

Las intervenciones de restauración en los centros históricos tienen la finalidad de garantizar la permanencia en el tiempo de los valores que caracterizan estos conjuntos. La restauración no se limita, por tanto, a operaciones destinadas a conservar únicamente los caracteres formales de arquitecturas o ambientes aislados, sino que se extiende a la conservación sustancial de las características del conjunto del organismo urbanístico completo y de todos los elementos que concurren para definir dichas características.

Todo proceso de acelerado desarrollo trae consigo la multiplicación de obras de infraestructura y la ocupación de extensas áreas por instalaciones industriales y construcciones inmobiliarias que alteran y aún deforman por completo el paisaje, borrando las huellas y expresiones del pasado, testimonios de una tradición histórica de inestimable valor.

Gran número de ciudades de México que atesoraban en un ayer todavía cercano un rico patrimonio monumental, evidencia de su pretérita grandeza; templos, plazas, fuentes y callejas que en conjunto acentuaban su personalidad y atractivo, han sufrido tales mutilaciones y degradaciones en su perfil arquitectónico que lo hacen irreconocible.



Figura -24 A. Juárez y Av Hidalgo. Presente y pasado

Todo ello en nombre de un mal entendido y peor administrado progreso urbano.



Figura -25 Comercios en la av. Hidalgo e Independencia Centro Histórico



Figura -26 Otros comercios de la Av. Juárez que no se adaptan al cambio



Figura -27 Av. Villada acera poniente

No es exagerado afirmar que el potencial de riqueza destruida con estos irresponsables actos de vandalismo urbanístico en numerosas ciudades de México, excede con mucho a los beneficios que para la economía nacional se derivan de las instalaciones y mejoras de infraestructura con que pretenden justificarse.

La Av. Villada, como se ha mencionado es emblemática por ser indicativa de algunos rasgos arquitectónicos de sus inmuebles, que le daban identidad a la Ciudad.

En la Figura 27 se muestra lo que existía en los alrededores de la Iglesia de Santa María de Guadalupe, la cual solamente se puede observar el jardín y el atrio. Se tiraron las casas y el

edificio actualmente esta ocupado por la Dirección General de Educación, organismo que depende de la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México. La casa que esta en la esquina, hoy Av. Villada y Av. Plutarco Gonzáles sigue estando ahí, sin vaia su arquitectura como puede observarse. Cabe destacar que en este lugar estuvo el primer Hospital de la Ciudad. Lo que sí es evidente al igual que todas las ciudades de nuestro México, el desorden y la saturación, que impiden observar a la ciudad tal cual es; así podemos observar por ejemplo las instalaciones eléctricas, los anuncios de franquicias en su idioma original, todo lo cual no es compatible con lo que se quisiera que fuese un Centro Histórico.



Figura -28 Collage de estilos en Av. Hidalgo



Figura -29 Así es el Centro Histórico, arreglado pero sin identificación



Figura -30 Viéndolo de cerca, las cosas cambian



Figura -31 Museo de Numismática en Av. Hidalgo Pte. Centro Histórico de Toluca



Figura -32 Estilo Art Deco que aún quedan en Toluca

Actualmente el Fideicomiso y la Autoridad Centro Histórico, con el apoyo del INAH y el INBA, trabajan en diversos programas para revertir el mal uso de las construcciones y estimulan a través de innovadores mecanismos de asociación su reciclamiento, restauración y conservación para la creación de una oferta amplia de vivienda dirigida a diversos sectores sociales. Esto deberá acompañarse de estrategias que procuren la oferta de servicios asociados al uso habitacional.

La defensa y valoración del patrimonio monumental y artístico no contraviene, teórica ni prácticamente, con una política de regulación urbanística científicamente desarrollada.

La continuidad del horizonte histórico y cultural de Toluca, gravemente comprometido por la imposición de un proceso anárquico de modernización, exige la adopción de medidas de defensa, recuperación y revalorización del patrimonio monumental de la ciudad y la formulación de planes municipales y a corto y a largo plazo.

Es presumible que los primeros esfuerzos dirigidos a revalorizar el patrimonio monumental encuentren una amplia zona de resistencia dentro de la órbita de los intereses privados.

Años de corrupción oficial y un impulsivo afán de renovación que caracteriza a los periodos municipales en proceso de desarrollo, contribuyen a hacer cundir el menosprecio por todas las manifestaciones del pasado que no se ajustan al molde ideal de un moderno estilo de vida.



Figura 33 Av Constituyentes Poniente

Carentes de la suficiente formación cívica para juzgar el interés social como una expresión decantada del propio interés individual; incapaces de apreciar lo que más conviene a la comunidad desde el lejano punto de observación del bien público, los habitantes de una población contagiada de la "fiebre del progreso" no pueden medir las consecuencias de sus actos de vandalismo urbanístico que realizan alegremente con la indiferencia.

En la Foto 33 se observa una casa de adobe que ha perdido todos los aplanados y los acabados. Esta estratigrafía era típica de las construcciones en Toluca. Pero esto corresponde a la etapa constructiva de principios del Siglo XX, ya que después debe haber cambiado a tabique rojo.

La sostenibilidad de la reinversión urbana que vive el Centro, se cifra en la participación ciudadana para la creación de múltiples pactos, barrio por barrio, para la conservación del patrimonio, el mantenimiento del espacio público, el establecimiento de prioridades de gobierno y la identificación de valores culturales a preservar y fortalecer. El reencuentro

con la memoria y con valores olvidados, la definición de nuevas convicciones comunitarias y la revitalización de múltiples tradiciones que han trascendido los siglos, conforman hoy un patrimonio cultural intangible único y vigoroso con el que debe comprometerse la gestión gubernamental.



Figura -34 La Casa más Antigua de Toluca. Hoy la Biblioteca del Magisterio

4.4 LA CONSERVACIÓN PATRIMONIAL DE LA CIUDAD

La conservación del patrimonio edificado de una zona monumental que conserva y cuida los valores urbanos y la fábrica física de sus inmuebles históricos, registra diferentes problemas:

1. La presencia de humedades ascendentes y descendentes en un gran número de edificios históricos.
2. La presencia de líquenes, moho, musgo y vegetales superiores
3. La presencia de aves y su continuo bombardeo de heces fecales
4. La proliferación de termitas subterráneas que atacan los elementos de madera de monumentos históricos e inclusive perforan a la misma piedra.

5. El deterioro físico de los inmuebles históricos (viguerías, canteras, muros, aplanados, pintura, etc.)
6. La presencia poco controlada de vehículos altamente contaminantes.
7. Los problemas socio organizativos propios de la actividad política de la ciudad
8. Vandalismo y depredación sobre muros, paredes y bardas.
9. La realización de intervenciones inadecuadas para la conservación de la arquitectura histórica:
 - Eliminación del recubrimiento a base de cal y arena de los muros de mamposteo de cantera, con la consecuente alteración de la imagen urbana histórica y la afectación al estado de la construcción de esos inmuebles.
 - Ampliación de vanos de puertas y ventanas, para alojar cocheras y locales comerciales;
 - Sustitución de cubiertas de vigas de madera y terrado, por losas planas de concreto armado.
 - Alteración de los tradicionales patios, cubriéndolos.
 - Subdivisión de los espacios cubiertos y modificación de las alturas interiores con la instalación de entre pisos y tapancos.
 - Sustitución de puertas y ventanas de madera, por piezas de herrería.
 - Anulación de vanos de puertas y ventanas por medio de tapias.
 - Construcción de edificaciones contemporáneas que han copiado elementos arquitectónicos y estilos históricos, las cuales crean confusión en la lectura del patrimonio edificado de la Ciudad.

El Centro Histórico es un espacio de fuerte arraigo de identidad y pertenencia social y nacional. Sin embargo, no puede ser considerado como un barrio en su totalidad. Sus delimitaciones oficiales corresponden a criterios históricos que construyeron una geografía gubernamental.



Figura 35. Av Villada y el principio de Paseo Colón

La vida social del Centro ha sido olvidada a lo largo de varias décadas en aras de resaltar el carácter monumental del sitio. Podríamos hablar de barrios que conforman el Centro y que han animado su vida social desde hace décadas. Ello nos conduce a pensar que el Centro Histórico está conformado por subconjuntos sociales que han caracterizado la vida social, popular, del lugar en las últimas décadas. A esos niveles encontraremos alguna forma de solidaridad vecinal altamente localizada, pero no podríamos hablar del Centro Histórico como un barrio, entendido como unidad social homogénea. En las operaciones de mantenimiento se encuentran cosas como esta situación. El bote de pintura sobre la escultura.

4.5 LAS PATOLOGÍAS

Cuando transitamos por el Centro Histórico de Toluca, vamos a observar diferentes tipos de daños, llamados patologías; el daño más común es el salitre también llamado el cáncer de la piedra que fundamentalmente proviene del agua que se encuentra a pocos metros de profundidad en Toluca, el nivel freático. Esta agua va ascendiendo por el fenómeno de capilaridad, la roca más densa, tiene imperfecciones internas en donde se forma canales

por donde el agua va subiendo. En Toluca este fenómeno es muy común y la elevación que se alcanza es de 1.20 m en promedio. Esto propicia la presencia de eflorescencias blancas, normalmente nitratos que son la base principal del salitre. Otros daños se observan como humedad descendente y es debida al régimen pluvial, debo subrayar que esto es en el exterior de la construcción. También existe la humedad horizontal y esto obedece a fenómenos de ósmosis, que son típicos de la destrucción de los ladrillos de muros divisorios entre construcciones. Asociado a esto tenemos la población de diversas especies vegetales.

Otro daño muy común es el encontrar las heces fecales de palomas y demás aves que encuentran refugio en las alturas de las construcciones.



Figura -36 Monumento a Simón Bolívar

El término “patologías de los edificios” se refiere al conjunto de daños que arquitectónicamente puede sufrir un edificio, monumento o escultura en su conformación externa. Los daños estructurales internos quedan fuera de nuestro trabajo.

Primero estableceremos el proceso que da origen a las patologías; éste es la corrosión atmosférica que es una forma de desgaste de la materia y por éste término estamos especificando la formación de productos de corrosión y su subsecuente disgregación.

Dependiendo de la magnitud del daño vamos a tener dos tipos de proceso:

a).-destrucción cuyo daño es progresivo, irreversible; obedece a la realización de reacciones químicas de oxidación y a la erosión eoliana y mecánica incluyendo el vandalismo.

b).-la alteración que es un proceso hasta cierto punto reversible invasivo y puede clasificarse en dos tipos:

1.-Intemperización que es un proceso natural debido a los agentes climáticos, incluyendo los procesos que rigen la dinámica de los aerosoles.

2.-Patologías que según el mecanismo que le dio origen se clasifican en:

- Biológicas causadas por líquenes, hongos, musgos
- Físicas causadas por los diferentes tipos de humedad (no hay reacción química)
- Químicas causadas por los diferentes tipos de humedad (si hay reacción química)

Como resultante de lo anterior, englobado en lo que hemos denominado “corrosión atmosférica” se distinguen fundamentalmente tres procesos:

- ❖ Restauración que es un proceso correctivo menor que se puede llevar a cabo con los mismos materiales existentes, naturales y la consecuente consolidación.
- ❖ Recuperación que es un proceso intensivo intermedio que se puede llevar a cabo con materiales diferentes al material original, habiendo una compactación, consolidación y desalojo de los productos de la corrosión.
- ❖ Reconstrucción que es un proceso extensivo, mayor en donde se tiene que volver a construir la pieza con los materiales que se tengan disponibles.

Debe subrayarse que los procesos anteriores normalmente son los que permite el INAH, en donde se establece que antes de cualquiera de las operaciones anteriores debe realizarse una consolidación y una compactación de los materiales.



Figura -37 Catedral de Toluca

4.6 LOS LÍQUENES

A continuación se discute los líquenes y su caracterización en el patrimonio local.



a

b

c

Figura -38 Tipos de líquenes epilíticos comunes en Toluca. a) Lecanora b) Xanthoria
c) Verrucaria

Los líquenes que se encuentran en la Figura 38 los vamos a catalogar por el color, más que por la especie, ya que éstas se definirán claramente en el capítulo correspondiente. Para nuestro propósito solamente vamos a hablar de líquenes verde seco, a), amarillo naranja, b), y negruzcos c). Aquí se pueden observar claramente y sin que existan mezclas de

especies, sin embargo ya en el campo se observan de manera diferente y mezclada, como la Figura 39, que es la fachada de la Catedral de Toluca y se pueden observar claramente por su color. También se pueden observar líquenes negros en los frisos y cornisas, debido a que son lugares muy vulnerables y proclives a la bioreceptividad dado que en estos lugares bajan todos los líquidos lixiviantes además de ser centros de acopio de heces fecales de aves, todo lo necesario para que los líquenes se desarrollen, también aquí se concentrará materia carbonácea proveniente de los gases emitidos.

En ocasiones encontraremos a varios tipos de líquenes en un solo lugar, en otros edificios solamente vamos a encontrar a algunos de ellos, ya que tiene que complementarse la bioreceptividad con la biocolonización. Como se menciona en el capítulo correspondiente a los líquenes veremos que de forma ostensible y evidente encontraremos hasta seis variedades de líquenes. Muchos de los líquenes están asociados a las condiciones socio económicas de la construcción y a las costumbres sociales de mantener sucias las paredes de los edificios.



Figura -39 Campanario oriente de la Catedral de Toluca

En Toluca tenemos líquenes epilíticos, cuyo sustrato es una piedra y líquenes epifíticos cuyo sustrato es un árbol. Los líquenes amarillos y algunos verdes es común encontrarlos

en la Ciudad sobre los árboles, no significa que sean intercambiables, son las mismas especies, pero con fisiología un poco diferente. Puede existir y de hecho se lleva a cabo una transferencia la cual se explica en el capítulo correspondiente. Lo que sí es un hecho es que ambos grupos de líquenes son biomonitores ambientales, las piedras empleadas en construcción son susceptibles al ataque químico de los contaminantes, que en algunas variedades de líquenes son sus nutrientes.

También es necesario subrayar que muchas manchas negras se asocian a partículas carbonáceas emitidas por vehículos que emplean combustible fósiles; sí esto fuera así toda la ciudad estaría ennegrecida, por la cantidad de contaminantes existentes en el ambiente. Por otra parte si todas las manchas fueran líquenes, las paredes de las casas estarían ennegrecidas de manera homogénea, lo cual tampoco sucede, entonces es necesario reconocer los comportamientos de este tipo de líquenes.

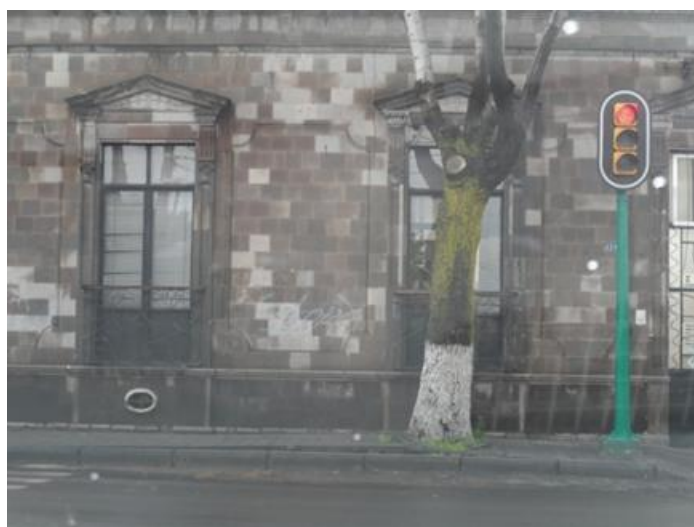


Figura 40. Líquenes amarillos sobre un árbol Av. Villada

También existe la posibilidad que a los líquenes negros se les confunda con hongos, lo cual es muy común, sin embargo debemos recordar que los líquenes requieren iluminación natural y los hongos prefieren la oscuridad.

La patología biológica de origen liquénico, siempre estará asociada a las patologías ocasionadas por el agua.

La primera parte del ciclo de vida de los líquenes contiene una semiótica poco entendida y asimilada por los seres humanos, la existencia de líquenes nos asegura que existen las condiciones mínimas para la subsistencia de vida, no necesariamente de organismos superiores. El posible daño que propician en los materiales pétreos no es otra cosa que un aviso de que hemos dejado de cuidar a nuestro patrimonio y que por ello estamos permitiendo que el ciclo de los vegetales inferiores prolifere de manera natural para ellos, pero caótica y destructiva para nosotros.

Lo apasionante de los líquenes, como se menciona en el texto, es entender el mensaje que nos están enviando. No es solamente en pensar al líquen como biomonitor ambiental, tampoco lo es pensar solamente en la acción alterante de una simple especie vegetal sobre una roca, un material pétreo y duro. La roca transformada en una pieza constituyente de la fachada de un edificio que forma parte del patrimonio, es una obra humana que ha sido hecha para la posteridad y la conciencia ética que nos dice si estamos proporcionando o nó el ambiente adecuado la representa el líquen. La no existencia de líquenes así como el exceso de líquenes sobre los materiales pétreos es indicativo de que algo en el entorno, en el ambiente, en el microclima no está bien. Eliminar a los líquenes, simplemente porque "manchan a la piedra" no es la respuesta, porque simplemente estamos eliminando una fuente de información valiosa. Manejar a los líquenes adecuadamente significa estar observando y cuantificando variables ambientales, ecológicas y geoquímicas con el objeto de modelar condiciones y así preservar el material pétreo.

Sí los líquenes son capaces de vivir en ambientes extremos también podemos pensar que lo puedan hacer sobre sustratos diferentes a los materiales pétreos, es decir, que los podamos encontrar sobre metales, sobre cerámicos y aún sobre polímeros. Esto significaría que los procesos de alteración no solamente se dará sobre los materiales pétreos sino también sobre otros materiales de construcción, aún los de reciente creación.

Estudiar la alteración de un material pétreo causado por un organismo biológico suena muy frío y superfluo; sin embargo antes de emitir juicios de valor, debemos de aprender de ambos contendientes los líquenes y las rocas.

Se pueden establecer diferentes escenarios dependiendo de la existencia de líquenes, su tipo y variedad así como de su fisiología y distribución. A partir de ello la modelización es el siguiente paso con el objeto de determinar la etiología que dio origen a la patología, incluyendo en ello el micro clima existente, el tipo de material pétreo, el tipo de manipulación y la antigüedad misma del sistema liquen – material pétreo.

El hecho de no encontrar líquenes implica el estudio inmediato de las condiciones micro climáticas existentes alrededor del edificio, sujeto de estudio con el fin de encontrar la historia misma de la patología y establecer los mecanismos necesarios para controlarla, mitigarla, estabilizarla y proceder a la recuperación y una posterior restauración.

4.7 LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Los materiales de construcción comúnmente empleados son los que están disponibles en la región, acorde a la actualización tecnológica en el momento. Como ya se ha comentado con anterioridad, los materiales disponibles de acuerdo con la formación geológica de la región, son fundamentalmente rocas de origen ígneo, fundamentalmente basalto, con varias tonalidades y basalto espumoso, además de andesita porfídica, granito y riolitas. Las canteras principales se encuentran hacia el Norte del Estado. Recordemos que cantera es el nombre común de donde se extrae la piedra.

Las Iglesias, normalmente emplea a la piedra brasa o basalto, combinado con otras piedras de más valor y más fácil de tallado, las casas de las personas con mayores posibilidades económicas empleaban a la piedra para formar los cimientos, tabiques de adobe para muros y piedra labrada para las fachadas. Las casas comunes del pueblo empleaban piedras para los cimientos, adobe para las paredes y aplanados a base de mortero de cal. Esto lo observamos en la Figura 33

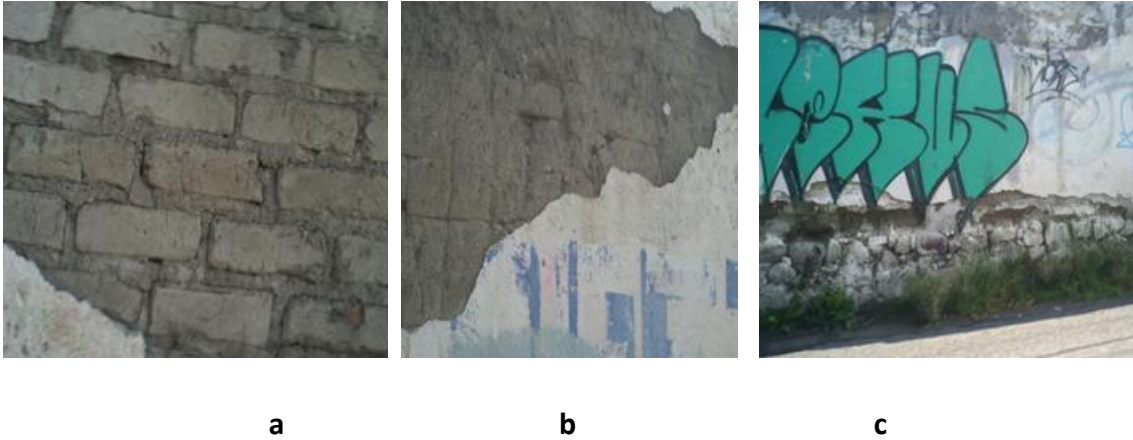


Figura -41 Estratigrafía de la fachada antigua

En los sistemas constructivos contemporáneos de casas – habitación se ha cambiado por el empleo del tabique rojo, concreto armado para columnas y las cadenas para los cimientos han ido dejando de emplear la piedra brasa para ser sustituidas por concreto armado. Los aplanados son a base de mortero. Como se muestra en la Figura 42

Lo más resiente es el uso de tabique ligero, columnas de concreto y plantillas de acero soldado embebidas en concreto. Lo mismo el empleo de vidrio se ha incrementado bastante, de tal forma que el uso de las piedras, casi esta quedando reducido a los monumentos y sitios escultóricos.



Figura 42 Estratigrafía de fachadas recientes

En el Centro Histórico, se encuentra algún tipo de arquitectura vernácula, en donde se utiliza una mezcla de todos los materiales de construcción como se aprecia en la Figura 43 a. En la Figura 43b se encuentran vestigios de las construcciones que tal vez existieron en la época del México posrevolucionario en donde también existen mezclas de materiales según lo que se podía encontrar y realizar.



a

b

Figura 43 Calle Texcoco- Gomez Pedraza

Esta clasificación de materiales nos permite buscar específicamente la variedad de líquenes ya que como se ha mencionado anteriormente, la biocolonización es función directa de la bioreceptividad y del estado de mantenimiento

4.8 LA ENTROPÍA EN EL CENTRO HISTÓRICO

El destino final de todas las estructuras, de todos los sistemas, es tendiente hacia su destrucción; así hemos visto que del Centro Histórico Matlazinca, solo existe un vago recuerdo; del Centro Histórico en la época virreinal solo quedan vestigios mostrados en algunas casas, como la actual Biblioteca del Magisterio. Del México Independiente lo más notorio son las casas con ese aire extranjero ecléctico, supuestamente afrancesado y el tipo art deco, de la época revolucionaria y pos revolucionaria no queda casi nada y en la época de la industrialización, llamada el Milagro Mexicano, se esta derrumbando. El actual

Centro Histórico más bien obedece a la construcción no homogénea de diferentes estilos arquitectónicos, de forma desordenada, que hacen que se pierdan las características que dieron identidad al Centro Histórico de Toluca.

Lo único que prevalecerá los edificios y construcciones monumentales religiosas, los edificios donde se albergan actividades culturales y aquéllos donde las instituciones bancarias tengan algún aprecio en particular.



Figura. 44 Mural del Centro Histórico en 1920



Figura 45 Sobrepoblación del Centro Histórico

4.9 PERSPECTIVA

El Centro Histórico de la Ciudad de Toluca aún tiene esperanzas de subsistencia, solo que hay que reconfigurar a la Ciudad de forma diferente. Ejemplos nacionales de alternativas los existen en Guanajuato, por ejemplo, el centro administrativo, comercial y de gobierno están fuera de los límites del Centro Histórico. En Toluca esto puede ser problemático porque aquí están asentados los poderes estatales y las delegaciones federales. Se ha avanzado un poco con el envío de oficinas y hospitales hacia la Zona Norte Oriente; la limitante es la ausencia de un transporte público eficiente.

El vacío legal y las pugnas políticas entre las autoridades federales, estatales y municipales es otro aspecto a superar, me refiero a la actividad de CONACULTA y sus pares estatales. Prueba de ello es lo que aparece publicado en los diarios de circulación estatal.

Es realmente lamentable el hecho de que se esta en espera de que el inmueble antiguo, envejezca y comience a funcionar de manera más eficiente la entropía de los mismos. Todo ello propiciado por el vacío legal de políticas y lineamientos que en realidad valoren lo que debe ser preservado y lo que no. En las Figuras 46 y 47 se constata nuestro dicho,

esta situación de indefinición es lo que está acabando los vestigios de las diferentes etapas del Centro Histórico.



Figura 46 a. El futuro que viene (Sol de Toluca 5 julio 2014)



Figura -47 b. La perspectiva del Centro Histórico (Sol de Toluca 6 julio 2014)



Figura -48 Estado actual

En la Figura 48 se puede observar que un de las casas que se hace mención en las notas periodísticas, es ya únicamente la fachada, la casa habitación detrás de ello ya solo son ruinas. Esta foto corresponde al día 14 de julio de 2014 ya que han sido días de intensa lluvia y el futuro de lo que queda es predecible.

No solamente los edificios antiguos sufren la invasión de líquenes y hongos, ya que esta invasión depende fundamentalmente del estado de mantenimiento de sus fachadas.



Figura 49. Edificio Administrativo de la UAEMéx

Las patologías biológicas de origen liquénico seguirán siendo el faro señalizador de que el Patrimonio Cultural Arquitectónico de Interés Histórico y Social ha sido olvidado, quedando en una situación grave de vulnerabilidad.



Figura 50 Mural del Centro Histórico

Sin caer en un exagerado pesimista, pero tampoco sin perder objetividad, la única forma de reconocer y recordar al Centro Histórico de la Ciudad de Toluca, en un futuro próximo es de esta forma. Observándolo en un mural, en restaurante todo ello debido a la presión inmobiliaria y al aglutinamiento social tal como se muestra consecutivamente en las Figuras 48 y 49.

CAPÍTULO V. LÍQUENES

5.1 INTRODUCCIÓN

“Es complicado indicar cuando se inicio el conocimiento liquenológico en México, esta muy disperso y es de difícil acceso. Ya en el siglo XIX son bien conocidos los líquenes, tanto los estudios como por la gente, esto es lo que ha contribuido a la difusión del conocimiento a nivel popular de la liquenología en México. En las posteriores décadas, el Dr. Henry A. Imshaud de la Universidad de Michigan en Estados Unidos, publico en 1956 su catalogo de líquenes de México, dicho trabajo constituye la primera compilación de la flora líquénica de México. Otros estudios importantes en México, son los que se llevaron a cabo por González y Guzmán en los años 70, en los que estudiaron diferentes especies de líquenes a lo largo de la República Mexicana, registrando nuevas especies en la micoflora mexicana y describiéndolas detalladamente. Es interesante señalar que a partir de 1973, las Universidades de Guerrero, Nuevo León, Puebla, la Facultad de Ciencias (U.N.A.M.), y la Escuela de Nacional de Ciencias Biológicas (I.P.N.), han realizado estudios sobre líquenes, lo que significa que la liquenología esta tomando un segundo impulso. Es necesario el conocimiento de la micoflora actual en los alrededores del Valle de México, puesto que los estudios mas recientes sobre diversidad de líquenes, datan de los años 70; y dada la alteración ambiental actual del Valle de México, resulta interesante el poder describir si esta diversidad aun persiste.” (CRUZ A., HERRERA J. MAURICIO M., LUCAS M., NOLASCO C, URIBE ALINA.2000).

Hemos decidido iniciar este capítulo presentando un párrafo del trabajo ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE LÍQUENES SAXÍCOLAS DE LA PEÑA DE PERRITOS (LA MARQUESA, EDO. DE MÉXICO), ya que es el único trabajo que se encontró al respecto de los líquenes que existen en nuestro entorno cercano.

Con respecto a la Ciudad de Toluca, no se encontró trabajo alguno, excepto el correspondiente al uso de los líquenes como biomonitores ambientales y artículos de divulgación al respecto de sus propiedades terapéuticas. De ahí la importancia de este trabajo de tesis que inicia el trabajo de los líquenes ascomicetos, saxícolas epilíticos, crustosos endolíticos aplicados al estudio de una patología biológica, causante de la alteración superficial de los materiales pétreos existentes en los inmuebles catalogados como Patrimonio Cultural Arquitectónico de Interés Histórico del Centro Histórico de la Ciudad de Toluca.

En la clasificación del Patrimonio Artístico y Cultural, el Patrimonio Arquitectónico de Interés Histórico y Cultural, más concreto, lo que se denomina bienes inmuebles, esta muy poco estudiado y protegido en nuestra Ciudad de Toluca, de hecho las preguntas que se hacen a INAH Estado de México al respecto, las respuesta es buscarla en el ENCRyM en la Ciudad de México (Escuela Nacional de Conservación y Restauración en la Cd. de México, dependiente del INAH). De hecho se ha publicado en los periódicos locales, su incapacidad técnica y jurídica para realizar sus funciones en cuanto a edificios monumentales, esculturas y estatuas.

Nuestro trabajo se centra en la supuesta acción alterante de líquenes sobre los materiales pétreos, acción que no puede considerarse como absoluta o total, ya que también es posible tener la acción contraria. Para determinar esto es necesario conocer detalladamente la fisiología de los líquenes y su interacción en cuanto al sustrato en donde se encuentran posicionados. Lo que daña a los líquenes daña a su sustrato; los contaminantes ambientales primarios CO_x , NO_x , SO_x , HC, PM y el O_3 como contaminante ambiental secundario resultante fotoquímico dañan al material pétreo y alteran la fisiología de los líquenes, tanto que hasta pueden morir. Recordemos que el hábitat de los líquenes se puede encontrar prácticamente sobre cualquier material sólido además de contar con el microambiente apropiado.

El aspecto más importante de estudiar a los líquenes como una patología biológica es preguntarse:

- ¿cómo llegaron hasta aquí?
- ¿qué están haciendo aquí?
- ¿ya que están aquí, cómo puedo sacar provecho de ellos?

En Toluca, como hemos mencionado, no hay estudios al respecto de los líquenes epilíticos, es decir, aquellos cuyo sustrato es una roca. En cambio si hay estudios de líquenes epifíticos, aquéllos cuyo sustrato es un árbol y de los que algunos son empleados como biomonitores ambientales.



Figura 51 Líquenes epifíticos (*Cyphelium lucidum*)

En la Calle de Carmen Serdán colonia Residencial Colón, podemos observar estas dos colonias de líquenes; en la Figura 51 se observa que la colonia de líquenes amarillos esta en mayor proporción, que los verde claros. Esto es indicio de que algo no esta bien en el ambiente ya que debería haber la misma proporción. Hacemos esta afirmación ya que en nuestras observaciones de campo encontramos esta situación, faltaría corroborar en un estudio bibliográfico posterior sí esta condición se presenta en alguna otra región.



Figura 52 Líquenes epilíticos Iglesia El Ranchito

En la Figura 52 que corresponde a la fachada de la Iglesia de El Ranchito, se pueden observar dos colonias de líquenes, los amarillos y los verdes claros, véase que las tonalidades en las dos Figuras que preceden son muy parecidas e inclusive en la Figura 2 se observa otra colonia de color café negruzco. No confundir con las manchas de humedad que también son de color parecido, pero que el color se debe al material carbonáceo que se emite por los escapes de los vehículos y transportes urbanos que circulan en la Av. Villada. La distancia geográfica real entre los líquenes que se presentan en las Figuras no excede a 1 kilómetro.

La Ciudad de Toluca está muy cercana al Volcán Xinantécatl, donde tenemos un bosque de alta montaña, de ahí la posible existencia de líquenes, que por algún mecanismo de dinámica de aerosoles se pudieron desplazar hacia la Ciudad; estos inicialmente son líquenes epifíticos, que tienen la capacidad de adaptarse a otros sustratos. Las otras variedades de líquenes, son los denominados líquenes terrícolas por encontrarse en suelos áridos, como los que también se encuentran en los municipios rurales que rodean a

la Ciudad. Otro tipo de líquenes se asocian más a los detritus de vegetales superiores en descomposición, que se encuentran en banquetas y calles.

Otra fuente muy probable de colonización liquénica hacia la Ciudad de Toluca, es la proveniente de los Bosques que rodean al Parque Nacional La Marquesa, en el Municipio de Salazar, Estado de México, que si bien se encuentra a una mayor distancia de la Ciudad de Toluca que el Volcán Xinantécatl, también puede ser fuente de obtención de líquenes, que en un proceso de transporte aerobiológico pudieron desplazarse hasta nuestro punto de estudio.

No habiendo experiencia previa local en cuanto a la presencia de líquenes, recurrimos a otras fuentes en México donde su presencia y su actividad son ostensibles, para identificarlos y observar su comportamiento.

5.2 CONOCIENDO A LOS LÍQUENES

Las patologías biológicas representan el grupo de daños que se pueden presentar en la superficie de los materiales pétreos de origen biológico que a continuación enlistamos:

- Heces fecales de aves
- Gusanos barrenadores (termitas de la piedra)
- Vegetales superiores
- Líquenes y Briofitas

En este capítulo vamos a introducirnos al conocimiento de los líquenes en cuanto a agente de alteración de la superficie de los materiales pétreos empleados en la construcción de fachas y muros de los edificios de la Ciudad de Toluca, sujetos de estudio; en este sentido solo citaremos a las variedades de líquenes encontrados en la Ciudad, que de manera ostensible están causando una alteración superficial.

Muy cercanos a los líquenes, se encuentran las briofitas que genéricamente y popularmente reciben el nombre de verdín y musgo como se encuentra en la Figura 3 a continuación.



Figura 53 briofitas (de color verde. El sustrato es una teja de barro cocido)

En las coloraciones puede haber un gran parecido sin embargo en los líquenes puede haber una mayor variación de colores todo depende del simbiote; en cambio en las briofitas se tiene una mayor cantidad de clorofila y el color verde es más intenso. Otra característica diferencial es que los líquenes forman tapetes y las briofitas forman alfombras, es decir un tapete es plano una briofita se presenta con una textura esponjosa.



Figura 54 Pretil en la Iglesia de la Asunción en Tlapacoyan Veracruz

En esta Figura 54 observamos conjuntos de varios colores, fundamentalmente amarillo verdoso, amarillo limón hasta negro, son colonias de tres variedades de líquenes sobre una andesita, en el pretil de la fachada de la Iglesia de La Asunción en Tlapacoyan Veracruz. Se presenta de ésta forma porque la múltiple población tiene presentaciones diferentes a las colonias aisladas y debemos ir entrenando el ojo, para llevar a cabo las observaciones.



Figura 55 Columna Jónica, fachada de la Iglesia de la Asunción en Tlapacoyan Veracruz.
(*Scytonema*, que tiene una textura de terciopelo y solo crece en la superficie).

En la Figura 55 se observa una colonia de líquenes negra y encima comienza a existir puntos amarillentos donde comienza a crecer otra variedad de líquenes. Al momento de observar a las colonias de líquenes en su ambiente natural, la posición del observador no va a ser simple, ya que las observaciones y las Figuras normalmente se hacen a distancia.

Aquí opera la aplicación del Principio de Incertidumbre de Heisenberg en la observación de campo: No es posible observar simultáneamente la colonia de líquenes y el contexto en donde se encuentra. Es decir, si se quiere observar muy de cerca, como lo haría un biólogo o se requiere tomar una muestra directamente, se requiere estar en contacto con la

colonia, y esto no siempre es fácil, porque los líquenes que estamos observando se encuentran en lo alto de los edificios.

El otro extremo, es el contexto. Esto es muy importante para darnos una idea del ambiente que rodea a la colonia de líquenes y entonces ahí se pierde la especificidad de la observación. Recordemos que nuestro objetivo es observar la acción alterante de los líquenes sobre los materiales pétreos.



Figura 56 Contrafuerte Muro lateral de la Casa Grande de la Hacienda de El Jobo en Veracruz. Obsérvese la existencia de líquenes blancos y negros

En la Figura 56 que es un contrafuerte que esta apoyando una pared, observamos otro tipo de líquenes, aquí son las manchas blancas sobre un fondo negro que fundamentalmente es roca basáltica. Esta Figura corresponde al Rancho El Jobo en Tlapacoyan Veracruz.

La Figura 56 muestra una serie de manchas negras sobre la construcción de piedra; aquí se observan a la distancia manchas negras, en donde podemos advertir la presencia de una

sobre población de líquenes, ya que está los líquenes blancos (*Lepraria*) y los líquenes negros. (*Scytonema*)

Es importante observa esta Figura ya que los líquenes se encuentran sobre la roca basáltica donde encontramos cuarcitas, plagioclasa y olivinos en cambio en la pared donde se encuentra un aplanado de mortero base cal no se observan líquenes. Esto nos dice la preferencia de los líquenes por su sustrato.

En la Figura 57 se aprecia a la distancia una gran cantidad de líquenes negros, aquí los aplanados son de tipo calcáreo, sustrato adecuado para los líquenes tipo *Verrucaria*, muy común en ambientes húmedos como lo es el Lago de Pátzcuaro en Michoacán.



Figura 57 Pátzcuaro Michoacán

Una vez conocidos los tipos de líquenes que vamos a buscar, vamos a estudiarlos y después iremos proponiendo tipos de comportamiento.

Vamos a tratar de presentar la información clara y precisa sobre los líquenes, debido a que no somos biólogos expertos en estos organismos, que como veremos adelante es una

simbiosis entre hongos y algas y/o cianobacterias. Es necesario subrayar que lo que nos importa de los líquenes, es su función alterante sobre los materiales pétreos en sus aspectos más generales para su identificación, ya que al final lo importante son los ácidos oxálicos, sílvicos y fúlvicos producidos por los líquenes y la penetración de los talos.

Cuando iniciamos el trabajo de tesis las perspectivas de encontrar líquenes sobre los materiales pétreos eran muy bajas ya que no se conocía su existencia y lo que sí está muy claro es la existencia de líquenes sobre los árboles.

1. “En Toluca no vas a encontrar líquenes, debido al sistema climático actual que impera en la Ciudad de Toluca, donde solamente hay humedad suficiente seis meses al año”.
2. “Los líquenes son biomonitores del ambiente y que tan contaminado está”
3. “Los líquenes solamente se asientan sobre algunos árboles”

En realidad, se ha encontrado que no existe límite a la presencia y desarrollo de los líquenes; lo que sucede es que estamos acostumbrados a solamente observar una o dos variedades de ellos y las otras variedades que se pueden presentar, no las reconocemos como líquenes y las podemos confundir con musgo, con hongos o con otros vegetales ya más complejos y solamente los buscamos en los árboles y no en los materiales pétreos; aún en este último tipo de sustrato, existen regiones en donde se le encuentra preferentemente.

5.3 BIOLOGÍA DE LOS LÍQUENES

Los líquenes son organismos formados por la asociación simbiótica, de algas y/o cianobacterias y hongos. Esta asociación ha sido exitosa a lo largo de la existencia de vida en la Tierra y son muchas sus variedades, tipos y subtipos, que en este espacio no vamos a discutir, salvo los líquenes que sí causan algún tipo de alteración; de ellos solo se tomarán

en cuenta los crostosos, endolíticos, epilíticos ya que son los que fundamentalmente se encuentran en nuestro medio ambiente sujeto de estudio que son los materiales pétreos empleados como elementos de construcción.

El establecimiento de una relación simbiótica entre al menos un hongo y un alga conduce a la diferenciación de un talo con morfología y fisiología propias. Pero la simbiosis está además condicionada por la presión selectiva de los factores ambientales; en muchos casos estos factores se conocen poco y además, la combinación de los efectos en un momento determinado sobre las poblaciones de líquenes no se pueden predecir ni reproducir.

Aquellos líquenes que se desarrollan sobre un sustrato rocoso, principalmente los crustáceos, mantienen una delicada y continua interacción entre micobionte fotobionte y sustrato. A ello se suma el que, debido a su lento crecimiento, están sometidos durante largos períodos a condiciones extremas en el hábitat así como a las variaciones de las condiciones ambientales que cada vez más son atípicas.

Por ello, en liquenología todavía no se puede explicar más que parcialmente la complejidad de la interacción entre variables y el significado que la fluctuación de los factores ambientales puede tener sobre el talo. Precisamente dilucidar qué expresiones fenotípicas están o no fijadas genéticamente es un reto que está planteado pero que es complejo de resolver, ya que son muchas las dificultades de experimentación con los talos liquenico. HAWKSWORTH (1973) ya destacó la importancia que tiene el contemplar los factores ecológicos para la taxonomía y delimitación del concepto de especie en hongos liquenizados

Con la Figura 1 estamos planteando un mapa que nos puede guiar de manera más sencilla sobre esa gran cantidad de líquenes y de clasificaciones taxonómicas que se dan en los textos especializados.

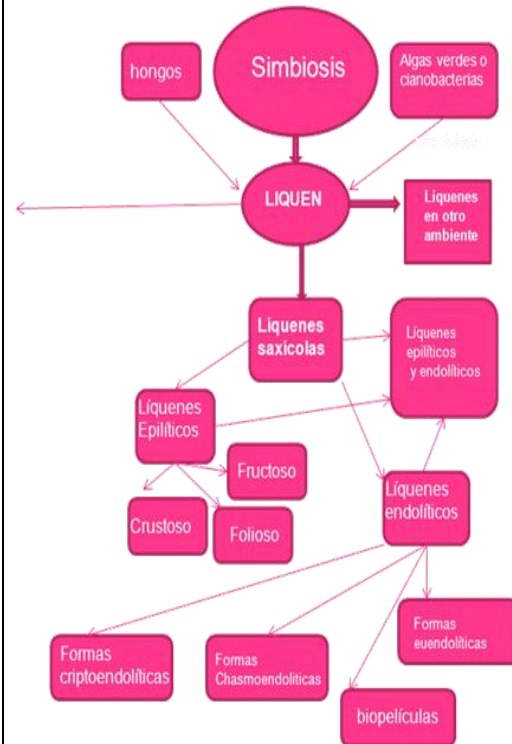
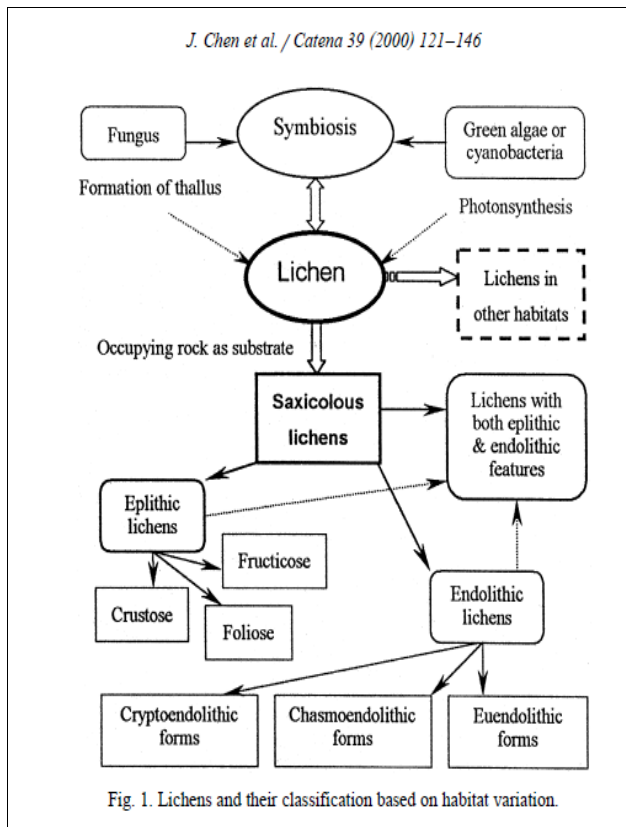


Figura 58 Clasificación de líquenes. J. Chen et Al /Catona 39 (2000)

Los líquenes que vamos a estar estudiando son los líquenes Ascomycetos Saxícolas Epilíticos (crustosos, foliosos y fruticulosos) y Endolíticos (cripto, chasmo y euendolítico). Las biopelículas quedan fuera del estudio de este trabajo.

En una primera parte presentaremos a muestras de líquenes sin hacer referencia al tipo de material pétreo, para acostumbrarnos a reconocer a los líquenes; posteriormente presentamos muestras de líquenes haciendo referencia al sustrato en donde se encuentran.

Debemos de indicar que solamente haremos referencia a los líquenes que ostensiblemente hemos encontrado en Toluca y que son los que supuestamente causan una alteración superficial de los materiales pétreos.

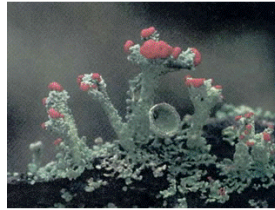
Apariencia de algunos tipos de líquenes



Crustoso



Folioso



Squamuloso



Fruticuloso

Figura 59 Apariencia de algunos tipos de líquenes (Purvis W 2000)

La primera parte del ciclo de vida de los líquenes contiene una semiótica poco entendida y asimilada por los seres humanos, la existencia de líquenes nos asegura que existen las condiciones mínimas para la subsistencia de vida, no necesariamente de organismos superiores

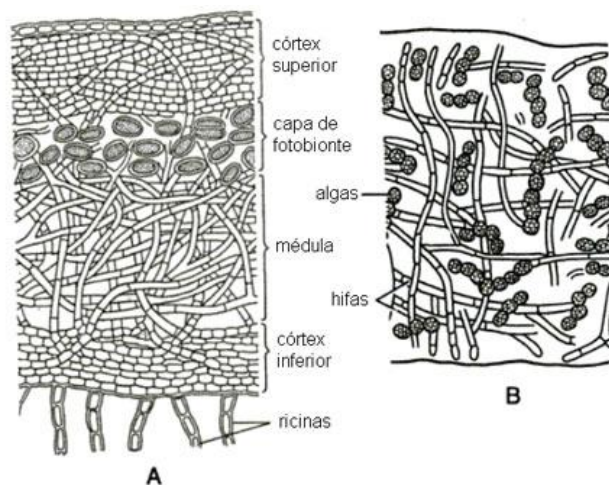


Figura 60 Estructura de las capas de un liquen.

En los líquenes, se pueden distinguir tres partes: a) un talo, es decir la porción asimilativa de los líquenes; b) apotecios o fruto; c) espermogonios, o sea el aparato reproductor macho (Adrias, 1935). En el talo líquénico observamos una estructura formada por una

capa llamada corteza generalmente formada por las hifas del hongo y la médula compuesta principalmente por células de las algas.

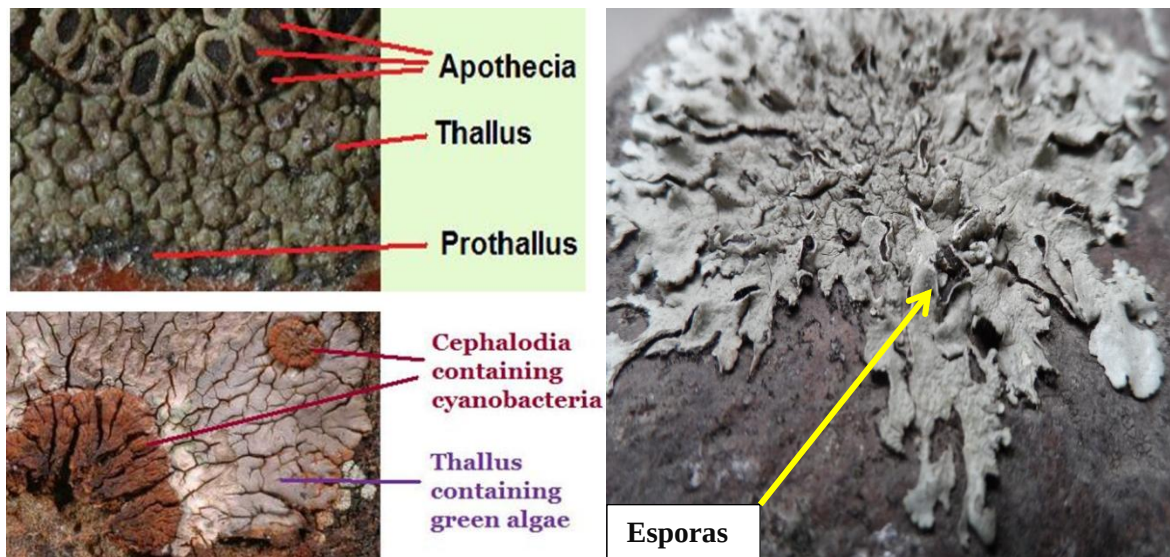


Figura 61 Morfología de líquenes (St, Clair 1999):a. Costrosos b. Foliosos. En la Figura de la derecha se alcanzan a observar las esporas.

El talo de un liquen está formado en su mayor parte por hifas entrecruzadas mientras que las algas se encuentran a menudo limitadas a una capa sub-superficial y representan aproximadamente sólo un 7% del peso seco del liquen, a la parte formada por el hongo, se le llama fotobionte, este último lleva a cabo la fotosíntesis. Existen dos tipos de talos liquénicos, de acuerdo con la distribución de las células algales en el tejido fúngico: talo homómero en el cual las algas están distribuidas uniformemente por todo el talo liquénico y talo heterómero en el cual las células algales forman una capa diferenciada dentro del talo. La inmensa mayoría de los líquenes conocidos son del segundo tipo, y presentan un talo estratificado (Alexopoulos et al., 1985).

Un liquen es una asociación simbiótica autosuficiente entre un hongo que le da cobertura, y humedad a las colonias de algas que viven en su interior y que realizan la fotosíntesis alimentando a ambos; de esta manera los líquenes pueden vivir en ambientes en los que a un hongo o a un alga viviendo de forma separada les sería imposible. Como no tienen raíces, hojas o flores, toman el agua y sus nutrientes por absorción fundamentalmente a

partir de la atmósfera; para su mejor desarrollo se requiere una humedad relativa mayor al 70%. También es fundamental que el sustrato se encuentre húmedo, lo suficiente como para que al irse evaporando el agua, se forme un micro clima que pueda tener esta proporción de humedad relativa. La superficie que ofrece la colonia de líquenes, tiene una alta tensión superficial, por lo tanto el agua no moja a los líquenes

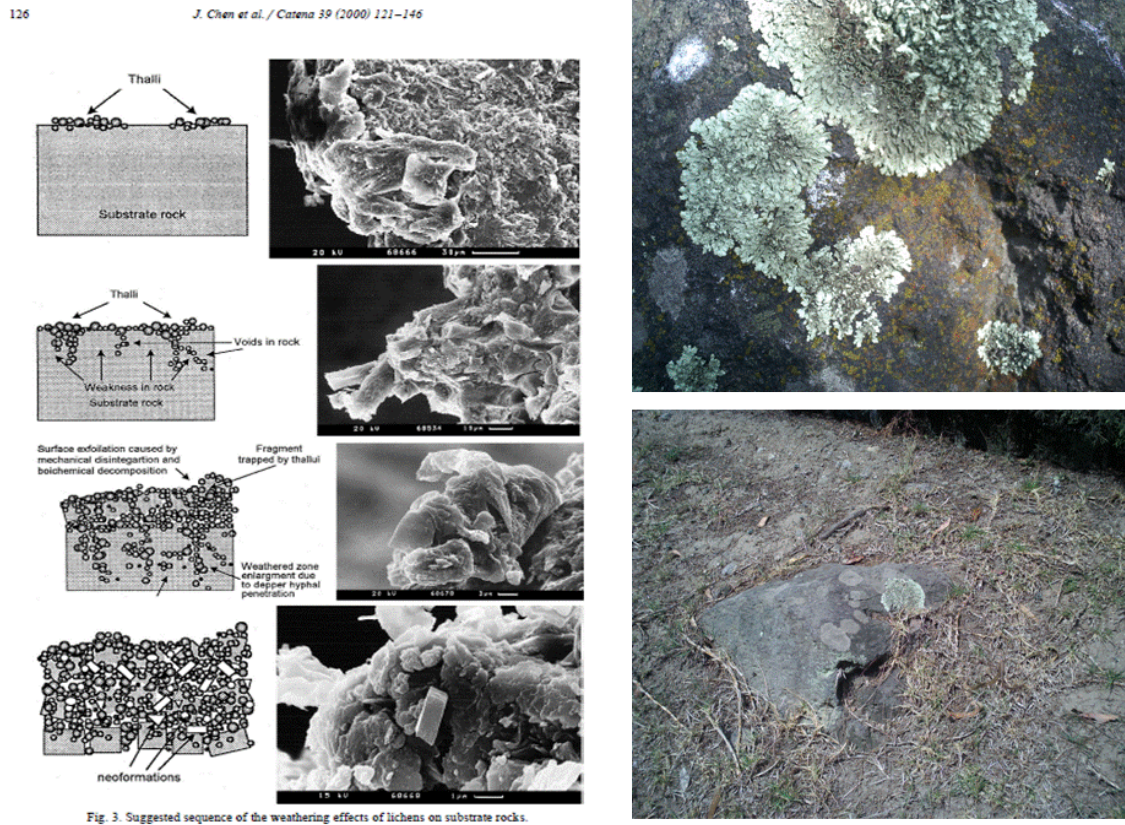


Figura. 62 Crecimiento de líquenes sobre piedra

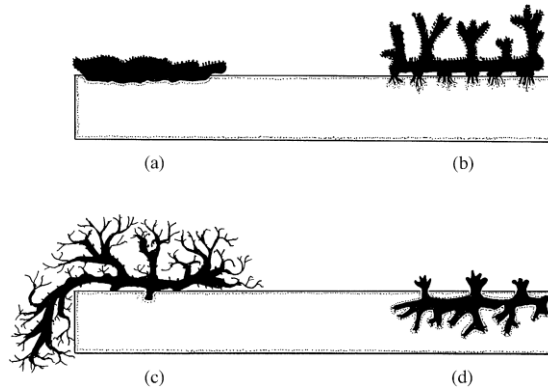


Figura 63 Diferentes formas de crecimiento de un líquen sobre una piedra: (a) líquen costroso; (b) líquen folioso; (c) líquen endolítico

Algunos líquenes crustosos



Caloplaca saxicola (Medlin)



Xanthoria elegans (Medlin)



Rhizocarpon geographicum
(map lichen)

Figura 64. Líquenes crustosos (Medlin)



Figura 65 Líquenes Folioso y crustosos

Los líquenes tienen una alta tolerancia a circunstancias ambientales desfavorables, ya que en momentos de desecación, ya sea por el sol o por el viento, suspenden su actividad, la cual inician al recuperar el agua a través de la lluvia o del rocío que absorben. Se encuentran en casi todas partes como ya adelantamos, tapizando las superficies de las rocas, la corteza de troncos y ramas, los claros del suelo, los muros de hormigón, las tejas, e incluso el vidrio.

Los líquenes son seres vivos peculiares. Purvis, W. (2000). En realidad no son organismos individuales sino que se forman por la asociación de hongos y algas verdes u hongos y cianobacterias (algas verdeazuladas). Ambos organismos viven en una estrecha asociación simbiótica mutualista, es decir, con beneficio mutuo. El hongo, denominado micobionte, es heterótrofo por lo que necesita tomar compuestos orgánicos elaborados para nutrirse. El alga (ficobionte) es capaz de hacer fotosíntesis y produce hidratos de carbono a partir de CO_2 y agua. Los hongos capaces de asociarse con algas para formar líquenes son principalmente del grupo de los Ascomycetes, pero también se encuentran asociados Basidiomycetes y algunos Deuteromycetes.

El cuerpo vegetativo del liquen (talo) está constituido en su mayor parte por tejido fúngico (hifas) que rodean a las células algales. El hongo proporciona al simbiote algal un medio favorable que le permite realizar la fotosíntesis y a la vez le protege de la radiación excesiva o peligrosa. Además le asegura una adecuada hidratación al tiempo que permite

el paso del CO₂ en los periodos fotosintéticamente activos. El hongo por su parte aprovecha gran parte de los nutrientes producidos en la fotosíntesis por el alga, asegurándose así una importante fuente de alimento. De este modo ambos organismos se benefician de vivir en asociación. El éxito de los hongos con este modo de vida simbiótica (formando líquenes) queda puesto de manifiesto si se considera que unas 15000 especies de hongos (aproximadamente la quinta parte de las especies conocidas) forman líquenes. Sin embargo solo unas pocas especies de algas participan en esta simbiosis. Nash, T.H Illed (Alexopoulos y Mims 1985).

Poseen características particulares como carecer de raíz y de sistemas de conducción, no poseer estructuras selectivas o protectoras del medio externo como cutículas o epidermis, por lo que se vuelven vulnerables a variaciones ambientales. Son organismos autótrofos, su crecimiento es muy lento, poseen una amplia distribución desde los polos al ecuador, y crecen en las superficies de los más diversos sustratos inertes u orgánicos. Los líquenes poseen órganos apendiculares cuyas formaciones son producidas por el hongo; al proyectarse desde la cara inferior, sirven para sujetar el talo al sustrato y pueden actuar reteniendo agua (Izco 2000).

Los líquenes habitan sobre todo en aquellos ecosistemas extremos, es decir, en los desiertos cálidos y fríos, donde la competencia de las plantas superiores no existe. Pero también los podemos encontrar en nuestras latitudes sin ningún problema, siempre aparecen sobre los árboles (epífitos) o bien sobre las cortezas, (corticólicas), o sobre rocas, (saxícolas epilíticos), a condición de que haya una cierta iluminación. Su metabolismo y, por tanto, su crecimiento es muy lento: algunas especies de alta montaña solo crecen un par de milímetros al año. (Alexopoulos et al., 1985).

En su metabolismo, los líquenes crustosos epilíticos y endolíticos tienen la capacidad de producir ácido oxálico, sílvico, fúlvico y algunos otros más. El ácido oxálico es fundamental en los procesos de alteración de los materiales pétreos por su acción lixiviante, el cual desmineraliza a las rocas. Los dos últimos son formadores de suelos, es decir, producirán lo necesario para que se puedan desarrollar vegetales superiores.

La primera parte del ciclo de vida de los líquenes contiene una semiótica poco entendida y asimilada por los seres humanos, la existencia de líquenes nos asegura que existen las condiciones mínimas para la subsistencia de vida, no necesariamente de organismos superiores.

Aquí tenemos que señalar que podemos observar un liquen de forma macroscópica y que se encuentra tanto en los materiales pétreos como sobre los árboles, sin embargo microscópicamente se observan diferencias debido a su fisiología en la cual tiene mucho que ver el sustrato. WEBER, W. A. (1977). La primera clasificación que vamos a establecer en términos del sustrato es:

- Líquenes epifíticos que se encuentran sobre los árboles que son su sustrato natural
- Líquenes epilíticos que se encuentran sobre las piedras que son su sustrato natural

No solamente se tienen a los epilíticos como tal, sino que también existen los endolíticos que son los líquenes que se meten en las capas subsuperficiales del material pétreo y dependiendo si están en las cavidades o en las grietas son los criptoendolíticos, euendolíticos y los chasmolíticos. FRIEDMANN, E. I. (1982).

Algo importante que subrayar y que ni los libros especializados lo mismo que los artículos consignan el hecho de que la forma de tomar agua de los líquenes es a través del agua atmosférica, es decir, la correspondiente a la humedad relativa. Los líquenes forma una alfombra, por así decirlo, cuya tensión interfacial es tal elevada que el agua no los moja. Por otra parte, algo del agua que los mantiene vivos, provienen del sustrato en donde están asentados, en el caso de los materiales pétreos, éstos son porosos y el agua de condensación en la cara opuesta del material pétreo en donde esta la colonia de líquenes; aquí sucede el fenómeno de ósmosis por medio del cual existe una lixiviación tanto en la

humedad descendente como en la humedad horizontal; esta agua es rica en sales y nutrientes para los líquenes, quienes toman estos nutrientes y se van desarrollando.

Para nuestro análisis de la posible alteración solamente estaremos observando a los líquenes que se encuentran sobre la superficie del material pétreo.

Por otra parte es conveniente señalar que mientras la información bibliográfica sobre los líquenes epifíticos es muy amplia, lo contrario sucede con la información sobre los líquenes epilíticos. La Bióloga Española Carmen Ascaso C. es la investigadora que mayor producción tiene en este campo ya que lo ha trabajado por mas de veinte años; actualmente su trabajo esta enfocado principalmente al proyecto panspermia (Lee, P., 2002) en conjunto con la NASA y en lo referente a los procesos de restauración están referidos fundamentalmente al continente europeo.

La investigación bibliográfica que al respecto existe es muy simple y hasta pudiese parecer un poco antigua pero para nuestros propósitos es muy útil ya que se describe clara y objetivamente a los líquenes que posteriormente en nuestra práctica de campo iríamos a observar. El estudio que realizamos de los líquenes es en función de su comportamiento en su entorno y de ninguna manera representa un estudio muy minucioso como lo podría realizar un biólogo.

Uno de nuestros puntos principales de observación de este tipo de líquenes ha sido el Campus Universitario del Cerro de Coatepec, en Toluca, Estado de México, en donde podemos observar a los líquenes epilíticos en un medio natural, sin embargo su comportamiento ya en un material pétreo que forma parte de un inmueble es un tanto cuanto diferente. Ver Figura 66



Figura 66 Ambiente que rodea a los líquenes

Los líquenes son la asociación simbiótica. Esta ha sido exitosa a lo largo de la existencia de vida en la Tierra y son muchas sus variedades, tipos y subtipos, que en este espacio no vamos a discutir, salvo los líquenes que sí causan algún tipo de alteración; de ellos solo se tomarán en cuenta los crustosos, endolíticos, epilíticos y vagabundos ya que son los que fundamentalmente se encuentran en nuestro medio ambiente sujeto de estudio que son los materiales pétreos empleados como elementos de construcción.

Los líquenes son en realidad una asociación biológica entre un alga y un hongo que viven en simbiosis con beneficio mutuo. En esta asociación, el alga autótrofa aporta a la comunidad los hidratos de carbono que sintetiza por su clorofila, y el hongo, que no puede aportar ningún alimento, proporciona, por su elevado poder higroscópico, la humedad necesaria para realizar fotosíntesis, protegiendo de esta forma al alga, que así se encuentra en un medio húmedo, indispensable para su vida. Los líquenes están formados por dos componentes u organismos (organismos duales) que viven en simbiosis, de una parte están las hifas de un hongo que no puede producir su alimento (micobionte o micosimbionte) y de otra las células del alga (gonidios, ficobionte o ficosimbionte o fotobionte) que alimenta al hongo (la función principal del hongo es proteger al alga). Los

líquenes resisten condiciones ambientales muy adversas, considerados por tanto como especies extremófilas.



Figura 67 Colonias de líquenes

Estas colonias de líquenes se encuentran en algunas rocas existentes en el Cerro de Coatepec, en el Campus Universitario de la UAEMEX en Toluca. Se observan las colonias amarillo rojizas que son crustosos y colonias grisáceas que son foliosos.

Para identificar un liquen hay que observar la morfología general del ejemplar (biotipo, color del talo en ambas caras, rizinas, tamaño de los lóbulos, etc.), de las estructuras de multiplicación (isidios y soledios) y de las estructuras reproductoras (color y forma de los apotecios). En muchos casos la identificación precisa requiere la observación al microscopio de estructuras como esporas y ascas. En algunos casos también se requiere realizar pruebas químicas que detectan la presencia de algunos compuestos específicos de los líquenes y que ayudan a identificarlos.

El establecimiento de una relación simbiótica entre al menos un hongo y un alga conduce a la diferenciación de un talo con morfología y fisiología propias. Pero la simbiosis está además condicionada por la presión selectiva de los factores ambientales; en muchos

casos estos factores se conocen poco y además, la combinación de los efectos en un momento determinado sobre las poblaciones de líquenes no se pueden predecir ni reproducir. Aquellos líquenes que se desarrollan sobre un sustrato rocoso, principalmente los crustáceos, mantienen una delicada y continua interacción entre micobionte, fotobionte y sustrato. A ello se suma el que, debido a su lento crecimiento, están sometidos durante largos períodos de vigilia de nutrientes existentes en los hábitat extremos como a las variaciones extremas de las condiciones ambientales. Por ello, en liquenología todavía no se puede explicar más que parcialmente la complejidad de la interacción entre variables y el significado que la fluctuación de los factores ambientales puede tener sobre el talo.

Precisamente dilucidar qué expresiones fenotípicas están o no fijadas genéticamente es un reto que está planteado pero que es complejo de resolver, ya que son muchas las dificultades de experimentación con los talos liquénicos. BARRENO, E. (1989)

Los líquenes pueden colonizar casi todo tipo de sustratos y ser ostensibles agentes de alteración; de acuerdo con sus características y su acción sobre la piedra se distinguen:

- microorganismos
- algas verdes
- líquenes, musgos
- plantas superiores y
- animales

Los microorganismos y las bacterias –aunque difíciles de detectar– están presentes en todos los sustratos y en todos los ambientes, y su actividad altera y prepara los materiales para ser colonizados por otros más evolucionados. Las algas verdes –el verdín de los edificios– son propias de los materiales calizos y de ambientes húmedos, donde forman sustratos ricos en materia orgánica, favorables a la retención de polvo y humedad. Los líquenes se fijan sobre superficies rugosas en ambientes limpios (no contaminados), iluminados y bien ventilados, y cabe destacar respecto a la alteración su lento desarrollo.

Los musgos crecen en zonas horizontales sobre sustratos porosos –ricos en depósitos superficiales–, en ambientes húmedos y sombreados, donde retienen la humedad y empieza a formarse suelo. Las plantas superiores suelen aparecer en grietas y fisuras, o en las juntas sobre los morteros, y también colaboran a convertir la roca en un suelo. Algunos animales son notables agentes de alteración: ciertos insectos como las avispas por sus nidos, determinadas aves como las palomas por sus excrementos. El proceso de colonización liquénica se lleva a cabo de manera natural siempre y cuando existan las condiciones de humedad satisfactorias y siempre y cuando la piedra haya sido sometida a un proceso de intemperización.

5.4 LOS LÍQUENES SAXÍCOLAS

Si observamos (De Llimona, Etayo, Navarro. 1988). en las paredes verticales de una masa rocosa y, en particular, en la parte alta, más o menos plana, en donde se acumulan sales minerales, observamos comunidades dominadas por líquenes nitrófilos, entre los que dominan talos epilíticos de buen tamaño, gruesos, grisáceos verde amarillentos.



Figura 68 Líquenes rojizos *Xanthoria parietina calcícola*.

También en estos muros se pueden encontrar especies más pequeñas, como *Caloplaca coronata*, de margen provisto de diminutas prominencias, y diversas *Verrucaria*, como *V. calciseda*, *V. compacta* y *V. beltraminiana*. BARRENO, E. (1989).



Figura 69 Liquen negro tipo *Verrucaria*

Los afloramientos de roca de superficie poco inclinada y próxima al suelo, suelen presentar la típica comunidad de *Aspicilia calcarea*, blanca, con apotecios angulosos y *Verrucaria nigrescens*, pardo-negruzca, con peritecios, esta última a menudo parasitada por *V. glaucina*. **Ascaso, Galvan, Ortega, (1976).**



Figura 70 Líquenes crustosos

5.5 LIQUEN CRUSTÁCEO (también denominados costrosos)

Son líquenes fuertemente adheridos al sustrato por su cara inferior, de forma que no se pueden separar de éste sin destruirlos. Dentro de esta forma de crecimiento existe una gran diversidad. En algunas especies, el talo del liquen apenas es visible, dado que se desarrolla dentro de las rocas o bajo la corteza de las plantas sobre las que crece. Otro de los tipos menos estructurados de líquenes crustáceos es el que forma los talos leprarioides. Este es el caso del género *Lepraria*, cuyas especies presentan un aspecto de costra pulverulenta, en la que grupos de hifas se agregan junto a algas sin desarrollar una estructura concreta.



Figura 71 Líquenes crustosos tipo lepraria blancos

. Sin embargo, lo más común es que los talos crustáceos sean visibles sobre la superficie del sustrato y su estructura no sea leprarioide. Frecuentemente, estos talos están divididos en pequeñas zonas más o menos poligonales delimitadas por fisuras, que reciben el nombre de areolas. Si las areolas del margen se alargan formando Figuras a modo de lóbulos, el talo se llama placodiomorfo o crustáceo lobulado (e.g. *Diploicia canescens*,). Otras veces, en el margen de los talos, se presenta una zona, o bien blanca o bien de color oscuro, formada únicamente por hifas del hongo: es el hipotalo. Un tipo de organización más compleja se presenta en los líquenes escumulosos, en los que las areolas adquieren la forma de pequeñas escamas, las escuámulas, que pueden estar parcialmente separadas del sustrato o imbricadas entre sí (*Hypocenomyce scalaris*,).

Los líquenes crustáceos litobiontes se clasifican de manera general en epilíticos y endolíticos. Los endolíticos, tanto en sentido estricto como los hemiendolíticos, son bastante más comunes sobre las rocas carbonatadas que sobre las silíceas, al menos en las regiones templadas. Los sustratos silíceos son degradados por acción de las sustancias líquénicas en medio ácido (ASCASO, 1985).

Los llamados talos crustáceos son aquellos que crecen fuertemente unidos al sustrato, hasta el punto de que es imposible separarlos de él sin destruirlo. Las características del talo de este tipo de líquenes le permite sobrevivir en ambientes muy extremos y en superficies expuestas de roca. Poseen organización tanto homómera como heterómera sobre todo en los márgenes de aquellos que posean areolas grandes o en especies intermedias.

Los líquenes crustáceos, que viven unidos fuertemente a la superficie de las rocas, pueden presentar muy diversa morfología. De este modo encontramos especies con los márgenes no limitados, esbozados que apenas se diferencian del sustrato. Líquenes con bordes bien delimitados, de color más claro o más oscuro que el resto del individuo y bien diferenciados del medio. Talos Figurados, lobulados radialmente y con los bordes laxamente unidos al sustrato pudiendo incluso separarse de él. Por último los talos areolado poseen una división en su cara superior con numerosos surcos que delimitan porciones o areolas, los surcos dejan ver la zona más interna del individuo, de color oscuro. Los líquenes epilíticos son los más abundantes dentro de los líquenes crustáceos, su talo suele encontrarse perfectamente limitado en su margen o con límites imprecisos. Un talo areolado es aquel en el que el simbionte se distribuye en múltiples porciones (areolas) de formas poligonales, en la estación seca cada una de la areolas de este organismo son perfectamente distinguibles mientras que en la estación húmeda no lo son; las areolas se desarrollan a partir de un talo primario por extensión hacia toda su circunferencia. El talo más complejo dentro de los crustáceos es el llamado escamoso donde las areolas crecen hasta llegar a separarse parcialmente del sustrato formando las características escamas que dan nombre al fenotipo.

Los líquenes podrían ser considerados como miniecosistemas que bajo la apariencia externa de un sólo individuo incluyen como mínimo dos muy diferentes: el fotobionte (algas y/o cianobacterias) y el micobionte (en su mayoría hongos Ascomicetes pero también Basidiomicetes o Deuteromicetes).

5.6 LÍQUENES FOLIOCEOS

El típico talo de los líquenes foliáceos presenta una estructura dorsiventral, es decir, en forma de lámina u hoja más o menos plana, sólo parcialmente adherida al sustrato. Al contrario de lo que ocurre con los líquenes crustáceos, los líquenes foliáceos suelen poder separarse con relativa facilidad del sustrato, por ejemplo con una navaja. La mayoría de las veces, el talo de los líquenes foliáceos está dividido en lóbulos, que se desarrollan radialmente o se superponen. La cara inferior del talo presenta generalmente unas estructuras de sujeción al sustrato, las ricinas, por medio de las cuales el líquen se adhiere al sustrato, o puede estar cubierta de pelos (se dice entonces que es tomentosa). Este tipo de líquenes alcanza un nivel de complejidad alto, desarrollándose órganos accesorios que favorecen el intercambio gaseoso, como son las cifelas y las pseudocifelas. Los llamados líquenes umbilicados se consideran una modificación del tipo foliáceo en la que el talo es más o menos orbicular, lobulado o no, y se sujeta al sustrato por un punto central, el ombligo, que suele corresponderse con una depresión en la cara superior.



Figura 72 Líquen Folioso tipo *Xanthoparmelia*

5.7 LÍQUENES FRUTICULOSOS

Este biotipo se caracteriza por desarrollar talos formados por tiras alargadas, en forma de pequeños arbustos, o que recuerdan a mechones de pelo. El talo se sujeta al sustrato únicamente por un punto. La separación entre los biotipos fruticuloso y foliáceo es a veces algo arbitraria, como es el caso de algunos líquenes considerados foliáceos, pero cuyo talo está poco adherido al sustrato. En el género *Usnea*, encontramos con una característica particular: un cordón axial de hifas densamente empaquetadas que proporciona resistencia mecánica al talo. Algunos géneros como *Cladonia*, presentan talos compuestos con una parte fruticulosa (el llamado podocio, sobre el que se desarrollan los apotecios), y una parte basal que en general es crustácea o escumulosa. Los líquenes fruticulosos suelen ser más abundantes en zonas con elevada humedad atmosférica.



Figura 73 Liqueen fruticuloso

Una vez determinados qué organismos y/o microorganismos colonizan al material pétreo hay que tratar de conocer qué alteraciones están teniendo lugar en el sustrato pétreo y a cuál de los microorganismos se deben principalmente. Esta información permitirá

determinar cuáles son más agresivos y así, en una fase posterior planificar los tratamientos más eficaces.

La colonización fúngica, y con ello el grado y tipo de alteración que producen sobre la piedra monumental, se ha visto que depende de muchos factores entre los que podemos destacar las características texturales de la roca. La acción de los hongos y en general de todos los microorganismos litobióticos sobre el sustrato es de dos tipos. Por un lado existe una acción mecánica, que puede provocar ruptura y desprendimiento de fragmentos minerales y por otro una acción química generada por compuestos producidos por ellos, y que generan alteración química de los minerales.

El crecimiento del liquen, los ciclos de hidratación-deshidratación, así como los de congelación descongelación sobre todo en estado hidratado, pueden generar presiones que conlleven a la prácticamente segura alteración del sustrato pétreo. Las tensiones generadas en el sustrato debidas a la presencia de agua en los talos liquénicos, en asociación a otros microorganismos litobióticos o entre los minerales del sustrato. En ocasiones son observados también fenómenos de biomineralización, que es la formación de nuevos minerales por la acción de microorganismos, como los depósitos de carbonato cálcico neoformado que se han observado rodeando a cianobacterias presentes en el interior de una fisura. La alteración química parece estar relacionada especialmente con la secreción por parte del micobionte de ácidos orgánicos quelantes (principalmente ácido oxálico y con la presencia de polímeros orgánicos extracelulares (principalmente mucopolisacáridos ácidos). HAWKSWORTH, D. L. (1973)



Figura 74 Colonias de líquenes crustosos

Las construcciones, sobre todo paredes y tejados, presentan líquenes nitrófilos, que se ven favorecidos por las actividades humanas, y forman comunidades no muy distintas a las de los afloramientos de roca, aunque enriquecidas en *Caloplaca citrina*, amarillenta y pulverulenta.



Figura 75 Líquenes amarillos

También hay que comentar las piedrecitas calizas, Ascaso, C., Galván, J., Rodríguez-Pascual, C., (1982) dispersas por el suelo, que son colonizadas por especies lapidícolas, a menudo endolíticas (algas y parte de las hifas escondidas dentro de la piedra), como *Caloplaca lactea*, de apotecios anaranjados y talo no visible y *C. marmorata*, igual, pero

con apotecios de color anaranjado-rojizo. En este caso estamos en la tenue línea que separa a los epilíticos de los endolíticos.



Figura 76 Líquenes epilíticos endolíticos

Los líquenes epilíticos, los que viven sobre la roca, tienen un papel ambivalente: por una parte la modifican, pero también al actuar de pantalla frente al impacto mecánico de las gotas de lluvia, la protegen. Ascaso, C., Wierzchos, J., (1994).

Muchas especies de líquenes que se han catalogado en la meteorización de la roca caliza. Ascaso, C., Galvan, J., Rodriguez-Pascual, C., (1982). El daño depende del tipo de liquen. Los que alteran de una forma más clara la roca son los líquenes endolíticos, es decir, los que viven dentro de la roca a una profundidad comprendida entre 0,3 y 1,5 milímetros, que por acción química y mecánica la biodegradan, dando lugar a una fracción disuelta en forma de bicarbonatos y otra fracción particulada (micrita: fragmentos de hasta 4 micrómetros). Es un hecho conocido que los hongos y los líquenes son particularmente activos en los fenómenos de lixiviación de los minerales (Ascaso & Galván, 1976, Ascaso et al., 1993), que producen cierta biocorrosión (Gehrmann et al., 1988).

5.8 LÍQUENES ENDOLÍTICOS

Estos son otros tipos de líquenes poco visibles pero como señala Robert (1993), entre otros, la acción más espectacular es la ocasionada por los líquenes endolíticos que son capaces de excavar verdaderas galerías en las rocas, si bien su papel debe analizarse, en el caso de los monumentos históricos, en función de cada caso concreto y para las diferentes especies presentes, a fin de conocer si estos líquenes, una vez desarrollados, constituyen realmente un riesgo.

Los líquenes crustáceos litobiontes se clasifican de manera general en epilíticos y endolíticos que a su vez también se presentan como criptoendolíticos, chasmolíticos y euendolíticos. (BARRENO,1989). Los endolíticos, tanto en sentido estricto como los hemiendolíticos, son bastante más comunes sobre las rocas carbonatadas que sobre las silíceas, al menos en las regiones templadas. Los sustratos silíceos son degradados por acción de las sustancias líquénicas en medio ácido (ASCASO, 1985), y la penetración tiene lugar aprovechando las cavidades preexistentes entre cristales. FRIEDMANN (1982), la penetración tiene lugar aprovechando las cavidades preexistentes entre cristales. La biología de los líquenes endolíticos, en particular de los calcícolas, requiere una atención más detallada no sólo por sus repercusiones en la taxonomía, sino también en la biodeterioración y la pedogénesis.

Se ha descrito que en habitat extremos, la forma de vida dominante es la criptoendolítica, AHMADJIAN & JACOBS (1987) sugieren que este tipo de organización no es irreversible y parece responder a condiciones ambientales extremas.

Líquenes Endolíticos



Figura77 Líquenes endolíticos en diferentes materiales pétreos

La Figura 77 anterior se muestran varias cosas en común de las diferentes rocas presentadas. En primera instancia hemos de señalar que todas ellas tienen desconchamientos, deplacaciones y estrellamientos en donde se observa un color rojizo o también rosado, tal pareciese que lo que probablemente estamos señalando como líquenes endolíticos esta debilitando el material hasta que éste se fractura y se separa el pedazo.

En ausencia de choques térmicos causados por la helacididad, de golpes mecánicos y de sobre población de líquenes epilíticos, la razón por las cuales los perfiles de frisos y cornisas, suponemos que la causa es la presencia de los líquenes endolíticos, que suponemos su actividad es mayor.

Los líquenes endolíticos pueden ser de tres clases:

1. criptolíticos: se insertan por debajo de la superficie del material pétreo, logrando estar en contacto cercano con el medio ambiente pero de una manera protegida

2. chasmolíticos: su hábitat dentro de en material pétreo fundamentalmente es en las cavidades internas del material pétreo sin estar tan lejos de la superficie.
3. euendolíticos: son aquéllos líquenes endolíticos que se alojan sobre las fisuras internas de los materiales pétreos.

Estos líquenes son de diferente coloración a los epilíticos, sin embargo en su fisiología supuestamente secretan ácidos que son más efectivos en la alteración del material pétreo. Ver Figura 78

Sí la investigación en México al respecto de los líquenes epilíticos es muy limitada, más aún en los líquenes endolíticos.



Figura 78 Liqen endolítico

Los líquenes también pueden biocolonizar otro tipo de sustratos, como los metales y aleaciones ferrosas, en las zonas de mayor deformación y en las zonas donde existe la corrosión y como productos de la misma los óxidos ferrosos y férricos, como se presenta en las siguientes Figuras.



Figura 79 Líquenes sobre metales

Entre los factores más influyentes en la distribución y crecimiento de los líquenes en nuestros monumentos, entendemos que están: las condiciones antropogénicas sobre el tipo de sustrato, la orientación y la exposición a la luminosidad, la humedad. La orientación hacia el poniente parece ser preponderante en la Ciudad de Toluca.

Hay mayor desarrollo de las especies liquénicas en exposición horizontal que vertical, debido a que el agua de lluvia en las paredes verticales escurre pronto y la roca se deseca antes al estar también más expuestas al sol y al viento; la iluminación es más constante, al estar en una zona abierta no rodeada de edificios. Dada la porosidad de la piedra, un mayor cúmulo del agua de lluvia o de la humedad ambiental y la niebla, se deposita sin duda en mayor medida en las superficies horizontales; esto es adecuado para los líquenes, no así para la piedra que puede sufrir la helicidad, que también es una patología alterante.

Los líquenes encontrados en la Ciudad de Toluca, no van más allá de seis especies, de las que ostensiblemente se pueden observar y que son mayoritarias; no significa esto que sean solamente las únicas, sino que son los más visibles en los edificios que estuvimos observando.

Para facilitar su estudio, hicimos un agrupamiento más bien por colores y apariencia que por las especies en sí, ya que el objeto de estudio es observar la posible acción alterante del liquen. Recordemos que el hábitat natural de los líquenes epilíticos son los materiales pétreos, sin importar si estas piedras de construcción serán empleadas en iglesias, edificios, casas o monumentos y esculturas.

A continuación presentamos los grupos de líquenes:



Figura 80 Líquenes anaranjado rojizos



Figura 81 Líquenes Grisáceos



LIQUENES
VERDOSO
AMARILLENTO

Variedades de
Rhyzocarpon



Figura 82 Líquenes verde amarillento



LÍQUENES
OSCUROS

Variedades de
Lecidela
Verrucaria
Lepraria



Figura 83 Líquenes oscuros

5.9 LÍQUENES ENCONTRADOS EN TOLUCA

A continuación presentamos una serie de Figuras en las que se pueden ver los líquenes existentes en la Ciudad de Toluca en diferentes inmuebles, con el objeto de compararlos en u localización real y su apariencia actual y contrastarlos contra especímenes específicamente preparados para ello.

La observación de estos líquenes ha sido difícil por la desconfianza que muestran los habitantes de la Ciudad cuando observan que las fotografías que se están tomando no son precisamente las que tomaría un turista aficionado a la Figura. Sobre todo la toma de Figuras de los líquenes en los templos religiosos. Siendo el más común el *Lecanora*

Catedral de Toluca



Líquenes tipo Xanthoria



Líquenes tipo Leucanora muralis

Figura 84 Líquenes encontrados en la Catedral de Toluca

Capilla de Los Dolores, Toluca Méx.



Figura 85 La Capilla de Los Dolores. Toluca

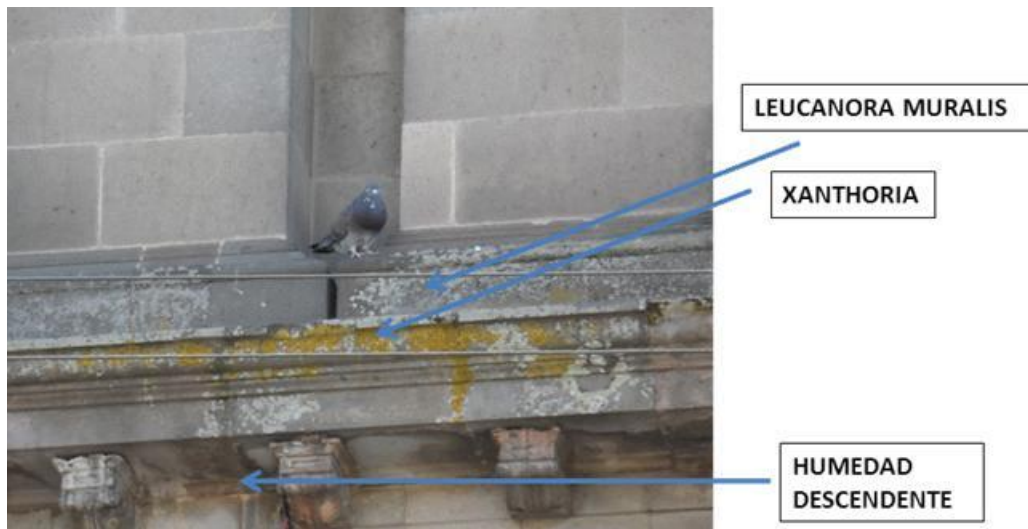


Figura 86 Frisos de la Fachada Principal de la Iglesia El Ranchito *Lecanora Muralis*
(antiguamente nombrado como *Lecucanora Muralis*)



Figura 87 Casa en Calle Sor Juana en el Centro Histórico de Toluca
Verrucaria Nigrescens



Figura 88 tipo *Lecidea* sobre tabique rojo

En esta Figura 88 se puede observar uno de los pocos líquenes blancos existentes en Toluca, se encuentra sobre tabique rojo que fue instalado hace 20 años.

Vamos a presentar diferentes escenas en donde podemos encontrar diferentes tipos de líquenes en Toluca.

Monumento al General J.V. Villada Toluca Méx.

Aquí se puede observar el
Liquen Xanthoria amarillento
y el Verrucaria negruzco



Figura 89 Estatua del Gral. José Vicente Villada

Hemos pensado conveniente presentar lo que sucede en un templo franciscano, no muy lejano a Toluca, que es en el Municipio de Calimaya. Como podremos observar, se presentan los mismos tipos de líquenes en los mismos lugares vulnerables.

Capilla de Calimaya, Méx. (anexa a la capilla abierta)



Se puede observar el Liquen tipo
Verrucaria de color negro, encima de
él se observa el Liquen Xanthoria de
color verdoso amarillento. Ambos
líquenes epilíticos.

Figura 90 Capilla abierta Calimaya

5.10 LIQUENOMETRÍA

La liquenometría es una parte de la liquenología en donde se aplica a los líquenes como cronómetros. Su crecimiento es tan lento que fácilmente nos pueden ir diciendo lo que sucede durante un largo periodo de tiempo. Si se pudiese hacer una analogía, los líquenes son lo que el cabello humano. Los líquenes llegan a crecer hasta 1 mm por año en promedio pero no todas las variedades lo hacen en el mismo tiempo. Los crustosos crecen más rápido que los foliosos, comparativamente el tipo de liquen *Xanthoria* crece más rápido que el *Lecanora*. Este último es el que más se emplea ya que su crecimiento es radial, en cambio el otro no tiene un crecimiento tan ordenado y es posible una sobre población, que al existir varios puntos de nucleación solo se puede medir el área cubierta. Ver Figura 91.

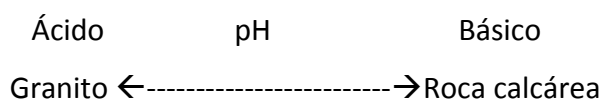
El tiempo que miden los líquenes esta en función más de un reloj geológico que un reloj humano. Todo ello es debido a su fisiología y a las condiciones climáticas.



Figura 91 Liquen Tipo Xanthoparmelia, tiene un crecimiento muy lento

5.11 NUTRIENTES

Los líquenes son muy sensibles con respecto de la cantidad de nutrientes disponibles en cualquier lugar donde se lleve a cabo la biocolonización. De manera general podemos establecer que existen los líquenes calcícolas, por su afección por este elemento y los acidófilos que les gusta este medio para sobrevivir. Los calcícolas no se presentan en conjunto con los acidófilos, es decir rocas silíceas y viceversa. Entonces encontramos rocas desde ácidas hasta las básicas, en donde encontraremos a cada especie y tal vez algún tipo de convivencia



Los líquenes toman fundamentalmente su alimento del ambiente que los rodea, los contaminantes primarios, pero también lo hace de lo resultante del proceso de lixiviación que lleva a cabo el agua cuando va arrastrando a los minerales y también a las heces de aves, todo ese licor de nutrientes es aprovechado por los líquenes quienes lo asimilan mejor durante la época de lluvias y restringe su metabolismo en la época de estiaje.

En este punto es necesario remarcar que como producto de la fisiología de los líquenes se producen ácidos sílvicos, fúlvicos y oxálico que es un excelente agente quelante de metales y que entonces sobreviene el debilitamiento del material pétreo.

5.12 BIOCOLONIZACIÓN

Los líquenes presentan compatibilidad por el sustrato en donde van a asentarse; tratándose de materiales pétreos estamos proponiendo el siguiente diagrama en donde se ha observado que los líquenes se encuentran con mayor facilidad; en ello interviene composición química, rugosidad y porosidad. Esto se muestra en la Figura 10

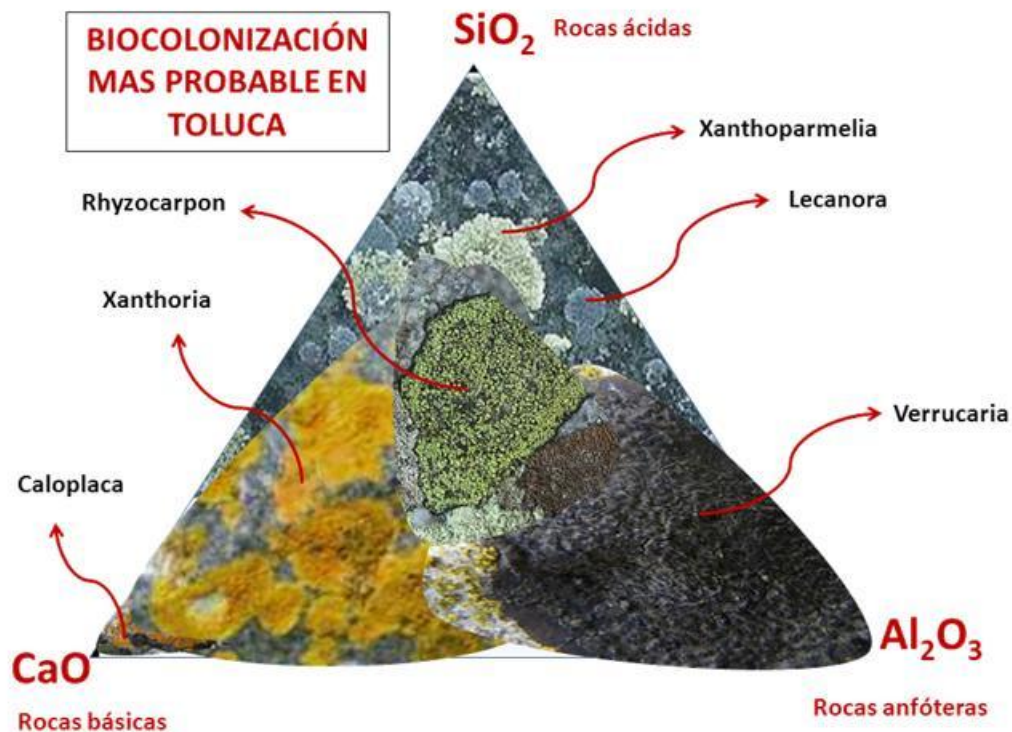


Figura 92. Biocolonización de líquenes según el tipo de roca

5.13 LOS LÍQUENES COMO BIOMONITORES

Es sabido que los líquenes resultan valiosos indicadores geológicos y biológicos de diferentes tipos de grados de contaminación ambiental ya que no secretan lo que absorben y cuando alcanzan un nivel tóxico el líquen muere. Así mismo se reconoce su capacidad para acumular metales radiactivos (Alexopoulos et al., 1985).

Nuestros líquenes, también son biomonitores ambientales, a partir de ellos se pueden establecer conclusiones al respecto del Índice de Pureza Ambiental, que nos refiere de manera cualitativa a la calidad de vida en el ambiente, que es una situación independiente del IMECAZMVT (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca). Su presencia nos da una idea de la cantidad de contaminantes primarios en el ambiente, que también causan problemas de corrosión en los materiales pétreos.

Desde hace unos años se ha venido observando la gran sensibilidad que poseen los líquenes frente a los contaminantes atmosféricos, por lo que han sido utilizados como bioindicadores para la determinación de patrones, niveles y zonas afectadas por contaminación. Se han realizado muchos trabajos utilizando líquenes epifíticos como bioindicadores, pero tan solo unos pocos estudios han utilizado líquenes epilíticos.

Aunque los líquenes tienen requerimientos ecológicos mínimos, son muy sensibles a los cambios que pueden producirse en el ambiente, ya que no disponen ni de aparato excretor ni de mecanismos de defensa, ni pueden controlar su contenido de agua, por lo que son capaces de concentrar y acumular distintos compuestos (entre ellos también los contaminantes atmosféricos).

Los líquenes no tienen raíces, por lo que dependen de fuentes aéreas de nutrientes. Tampoco tienen cutícula, la capa encerada que protege a las plantas, y por lo tanto están completamente expuestos a los contaminantes presentes en el aire. A medida que absorben nutrientes, también absorben dichos contaminantes, los cuales se acumulan en sus tejidos. Además, la morfología de los líquenes no cambia con el paso de las estaciones, lo cual significa que los líquenes acumulan estas sustancias durante todo el año. (Nash 1996).

Debido a que responden tan claramente ante la presencia de contaminación y ante los cambios del ambiente, los líquenes son utilizados como indicadores biológicos. Varios estudios han mostrado que la abundancia y diversidad de líquenes disminuye a medida que aumenta el desarrollo urbano y la actividad industrial. El dióxido de azufre, en particular, está fuertemente asociado a disminuciones en las poblaciones de líquenes. Al parecer, interrumpe la fotosíntesis y la transferencia de carbohidratos del alga (o cianobacteria) al hongo. El dióxido de azufre es además uno de los componentes principales de la lluvia ácida, la cual hace que la superficie de la piedra sea menos propicia para el crecimiento de los líquenes. A medida que aumenta la concentración de dióxido de azufre, disminuye la abundancia de líquenes. Sin embargo, las poblaciones de líquenes no

desaparecen por completo. Diferentes especies tienen distintos niveles de tolerancia a los contaminantes. Algunas pueden sobrevivir en ambientes que están contaminados en forma severa, mientras que otros perecen si las condiciones no son óptimas. (Manning 1980)

No todos los líquenes se ven afectados de igual forma por los contaminantes atmosféricos, sino que los fruticosos son más sensibles que los foliáceos y éstos más que los crustáceos. Por ello, los primeros que desaparecen de las ciudades y polígonos industriales con las primeras alteraciones de la atmósfera son los fruticosos, mientras que las especies más acidófilas aún se pueden encontrar como líquenes urbanos. Se comprende, pues, la extraordinaria sensibilidad de estos organismos frente a concentraciones bajas de contaminantes atmosféricos, su empleo como bioindicadores de contaminación ambiental y su desaparición de zonas urbanas e industriales. (Ascaso y Bermúdez 1980).

Los efectos fisiológicos de los líquenes al exponerlos a los óxidos de nitrógeno son similares a la exposición de los óxidos de azufre, ya que en un nivel anual de 564 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o mayor de óxidos de nitrógeno puede resultar la decoloración, deformación y eventual muerte de los líquenes (Froehlich 2006).

La presencia de las diversas variedades de líquenes, tanto epifíticos como epilíticos son un indicativo de los diferentes niveles de contaminación ambiental. Esto es solamente un parámetro cualitativo.

En nuestras observaciones de campo se detectaron concentraciones de colonias de líquenes que nos hacen pensar que existe alta contaminación de NO_x y SO_x , como para ocasionar daños crónicos a la salud de los líquenes y desde luego a la sanidad del material pétreo.

BIOMONITORES vs RAMA's

Fecha : Martes 26 de Agosto de 2008. hora de actualización: 18:00

Reporte de Calidad del Aire Horario						
Contaminante	Zona Centro		Zona Norte		Zona Sur	
	Valor	Calidad Aire	Valor	Calidad Aire	Valor	Calidad Aire
Ozono(O3)	N D	N D	N D	N D	N D	N D
Dióxido de Azufre (SO2)	N D	N D	3	Buena	N D	N D
Dióxido de Nitrógeno (NO2)	N D	N D	N D	N D	N D	N D
Monóxido de Carbono (CO)	N D	N D	8	Buena	N D	N D
Partículas Suspendidas PM10	N D	N D	31	Buena	N D	N D

Todos MECA Colores
N D : Data No Disponible

Figura 93. Informe de contaminación ambiental Secretaría de Ecología GEM 2008

Como se puede observar en la Figura 93, no se cuenta con los datos técnicos completos que pudiesen servir de indicativo de mayor posibilidad de contaminación ambiental y correlacionarla con las alteraciones de los materiales pétreos. Los climas extremos no representan un problema especial para los líquenes, los científicos han sabido por más de 140 años que éstos son extremadamente sensibles a la contaminación aérea. (Richardson 1992).

Actualmente la información al respecto de la calidad del aire se presenta diariamente y es más eficiente.

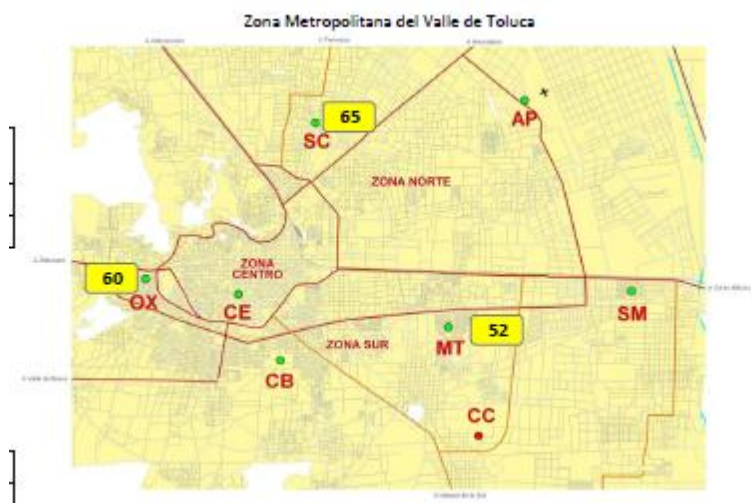
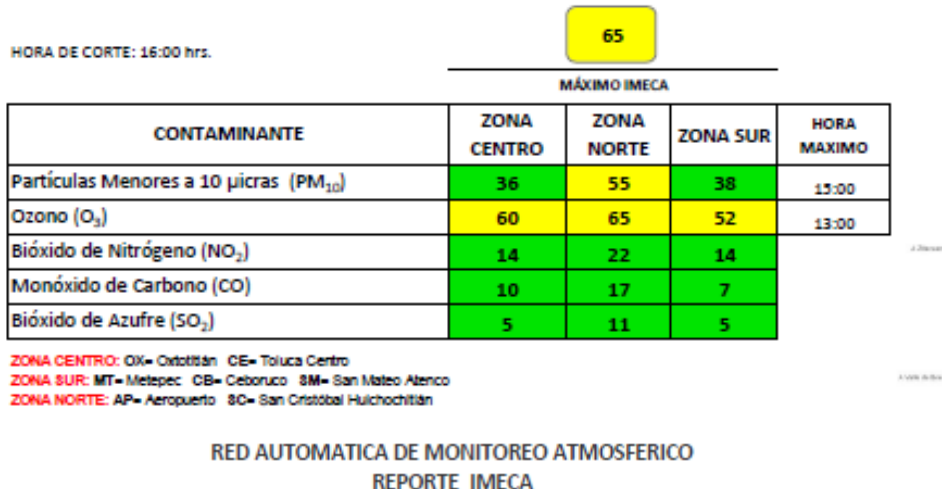


Figura 94 Resultados de la Red de Monitoreo Atmosférico del GEM

En su papel de biomonitores, los líquenes son solamente un indicador del grado de contaminación ambiental, por una parte pero otra de sus funciones es que al estar presente sobre un material pétreo nos están indicando que este punto donde están asentados los líquenes es altamente vulnerable.

SOME LICHENS INDICATIVE OF DIFFERENT LEVELS OF POLLUTION

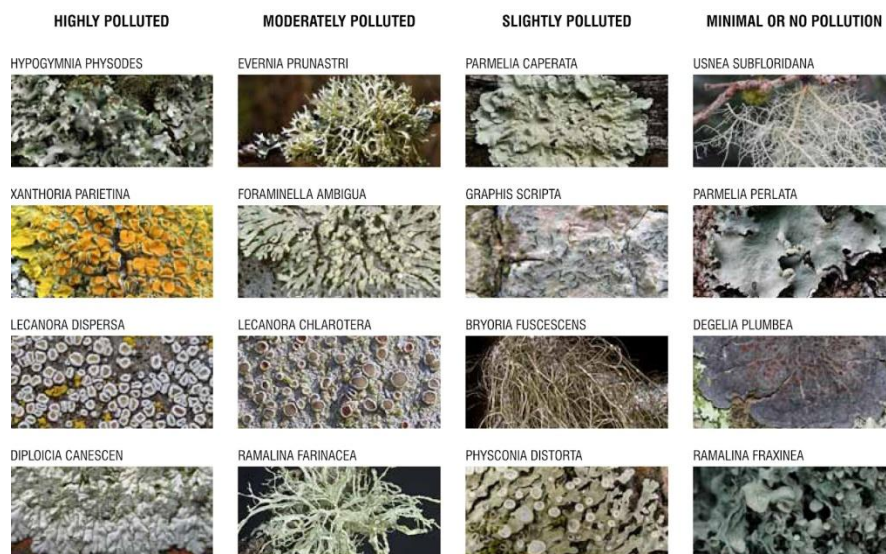


Figura. 95 Tabla Indicativa de Líquenes empleados como biomonitores

En la Figura 95, por ejemplo si observamos la columna de la izquierda encontraremos que se presentan varios de los líquenes que encontramos en Toluca y sin embargo al observar los resultados que emiten las autoridades gubernamentales al respecto de la calidad del aire, vemos solamente que lo que puede estar fuera de norma son las macro partículas que de ninguna manera afectan a los líquenes.

Esto no significa que exista una contraposición de resultados lo que sucede es que se están midiendo parámetros diferentes; los líquenes lo que nos están indicando es la pureza ambiental, es decir, si es que en este medio se puede desarrollar la vida vegetal y animal. Las determinaciones gubernamentales del ambiente nos hablan de la cantidad de contaminante que se esta detectando en el ambiente y que puede ser perjudicial para la vida humana, siendo esto, determinaciones puntuales aisladas. Los líquenes lo que detectan es la acumulación de contaminantes a lo largo de un período. Ya existen técnicas analíticas que nos ayudan a detectar la cantidad de contaminantes acumulados.

Recordemos que lo que le hace daño a los líquenes, daña por igual a los materiales pétreos.

LO QUE NOS COMUNICAN LOS LIQUENES

Tipos de líquenes en troncos o rocas		Calidad del aire	Cantidad de SO ₂ (mg /m ³)
Ausencia de líquenes		Extremadamente contaminado	> 170
Sin líquenes pero con "verdín" (alga Pleurococcus)		Muy contaminado	150-170
Presencia de líquenes	Crustáceos	Bastante contaminado	125
	Foliáceos	Poco contaminado	30 - 70
	Fruticolosos	Muy poco contaminado	< 30
	Filamentosos	Sin contaminación	0

Figura 96 Lo que comunican los líquenes

En la Figura 96 podemos observar que la presencia o ausencia de líquenes se puede correlacionar con el contenido de SO₃ e indicarnos el nivel de contaminación. Este compuesto químico es precursor del ácido sulfúrico en presencia de humedad, es decir, de lluvia ácida.

Como hemos visto a lo largo de este Capítulo, es observar a los líquenes de manera somera para tener elementos de juicio que nos aclaren su posible comportamiento al estar ya instalados en su hábitat urbano sobre un material pétreo.

CAPÍTULO VI. IDENTIFICACIÓN Y NATURALEZA DE LAS PIEDRAS DE CONSTRUCCIÓN Y ORNAMENTACIÓN

6.1 INTRODUCCIÓN

“Un día un viajero se acerco hacia la construcción que se estaba llevando a cabo cerca de la población y le preguntó a un trabajador: ¿qué estas haciendo? Y el trabajador simplemente contestó: estoy labrando una piedra que formará parte de una hermosa catedral”. Tomado del libro “Cultura de Efectividad” de José Giral.

Los edificios históricos de piedra tienen valores emocionales (de admiración, espirituales, simbólicos) culturales (técnicos, históricos, documentales, arqueológicos, estéticos, urbanísticos, paisajísticos) y de uso (funcionales, económicos, sociales, políticos), que es necesario conservar como Patrimonio de la Humanidad.

Desde la antigüedad las rocas han sido utilizadas como materiales naturales de construcción. No sólo se ha usado en la parte ornamental de los interiores de los edificios, sino también en las fachadas y en la estructura de importantes monumentos históricos-artísticos de todas las épocas y estilos correspondientes a diferentes culturas. Los motivos de la elección de la piedra como materia prima venían dados, no sólo por razones de tipo estético, sino que además su aspecto de consistencia y dureza, permitían ser considerado como un material eterno, sin destrucción, siendo muy útil tanto en las construcciones militares como religiosas.

Gracias a las características de la piedra muchas construcciones han llegado a nuestros días en condiciones muy aceptables a pesar de haber tenido que soportar conflictos bélicos, inclemencias climatológicas durante siglos, etc.

El uso de la piedra en la antigüedad estaba limitado por su disponibilidad cerca de las obras y a los medios de labra y extracción que disponían. Se puede considerar como piedra tradicional de una ciudad aquella que se ha usado en las construcciones de sus

monumentos históricos. La piedra tradicional utilizada configura el color y textura de las ciudades, marcando la percepción de su estética.



Figura 97 Monumento a Benito Juárez Edificio de Rectoría UAEMEX.

Piedra es el nombre genérico, no científico, que se emplea para denominar a aquéllos materiales sólidos inorgánicos naturales compactos, que se obtienen en una cantera, la cual es característica de la geología del lugar donde se encuentran. Normalmente éstos materiales se encuentran en el lugar donde se construirá una nueva edificación, sea éste una iglesia, un monumento una estatua o una vivienda. Podrán ser empleadas para los cimientos, paredes y fachadas. Pero además su belleza, ya sea que estén sin tallar o talladas provoca la admiración de propios y extraños.

Bajo el nombre de Piedra Natural cabría toda roca que pueda obtenerse en bloques o piezas de cierto tamaño que permitan su utilización o comercialización, y por tanto sus propiedades constitutivas permanecen constantes en sus etapas de transformación.



Figura 98 Cantera de Extracción de Material Pétreo

(Arte en Piedra Irapuato Guanajuato)

Cuando la piedra se usa, mediante simple corte, en la edificación, se denomina roca de construcción. Si las rocas son trabajadas buscando un fin estético se suele hablar de roca ornamental. Así, Roca Ornamental se define como la piedra natural que ha sido seleccionada, desbastada o cortada en determinada forma o tamaño con o sin una o más superficies elaboradas mecánicamente.

Estos materiales, tradicionalmente, se han dividido, desde una óptica comercial, en dos grandes grupos: Piedras y Mármoles. En el primero irían incluidas todas las llamadas piedras de cantería o de corte, que fundamentalmente son las calizas, areniscas, cuarcitas y demás materiales rocosos que a lo largo de los siglos se han utilizado en la construcción y ornamentación, tras su tratamiento de forma artesanal.

En el grupo de los mármoles tienen cabida las rocas capaces de admitir el pulido y a su vez está constituido actualmente por dos grandes conjuntos, el de los propios mármoles y el de los granitos, que no obedecen fielmente a la definición de estas rocas al ir incluidas también otras rocas, de composición distinta. Se trata de las también denominadas rocas dimensionadas, que se extraen en forma de grandes bloques. En el caso de los mármoles les acompañan serpentinas, dolomías y calizas recristalizadas y ónices, y en el de los

granitos se incluyen también las granodioritas y otras rocas intermedias, rocas básicas, (gabros y otras), migmatitas, sienitas.



Figura 99 Labrando una pieza en roca calcárea (Arte en Piedra Irapuato Guanajuato)

El otro importante grupo que queda es el de las pizarras, utilizadas tradicionalmente para cubiertas, mampostería y enlosados, y que hoy en día también se están empleando para solados, recubrimientos y ornamentación. Las principales características de la piedra natural son su resistencia a distintos tipos de esfuerzos y su aspecto, noble y natural.

Las rocas son agregados naturales de minerales distribuidos heterogéneamente constan de más de un tipo de mineral; si bien existen rocas constituidas por un solo mineral, o por un mineral mayoritario sobre otros minoritarios. Por tanto se encontrará que su composición química es variable.

No todas estas rocas tienen la misma calidad para ser utilizadas como material de construcción, e incluso su uso queda restringido en función de sus características propias. Así una primera clasificación de Material Pétreo utilizada en el patrimonio arquitectónico es la de: Piedra de construcción o de cantería y Piedra o Roca ornamental. El primer término hace referencia a todo aquel material que puede ser incorporado en la estructura

y fábrica del monumento, debido fundamentalmente a su resistencia mecánica, siendo su elaboración sencilla de corte y labra. En la roca ornamental, aunque puede tener también esta cualidad se valora más sus posibilidades de decoración y de ornamentación, debido a la belleza que presenta al ser tallada y pulida, siendo colocada en zonas nobles del monumento y para su parte de adornos, esculturas.



Figura 100 Iglesia El Ranchito Toluca Méx.

La evolución de la Geología como ciencia en México durante el último siglo ha sido un proceso complejo en el que han incidido diversos tipos de variables, de las que se reconocen principalmente tres categorías: las de orden económico–político–social, las relativas a la propia evolución que han tenido las ciencias geológicas durante este tiempo y las variables inherentes al registro geológico de México.

6.2 LA GEOLOGÍA DE LA REPÚBLICA MEXICANA

Es el resultado de múltiples procesos tectónicos que la han afectado durante toda su evolución; para explicarlos se ha requerido de la paciencia y los conocimientos geológicos de los estudiosos de las ciencias de la Tierra. (Macías JL 2005)

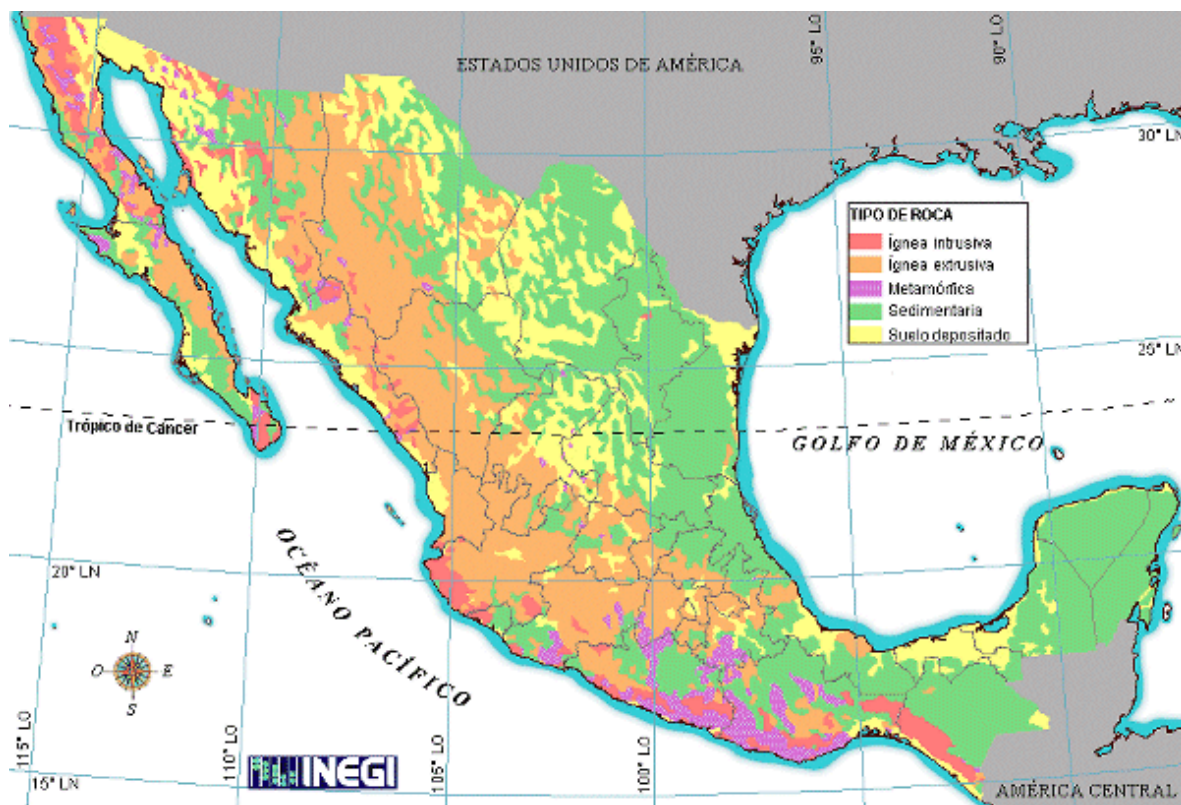


Figura.101 Distribución de rocas en el territorio mexicano. Fuente INEGI

Este mapa del INEGI muestra los diferentes tipos de rocas existentes en el país. Las rocas son las unidades estructurales de la corteza terrestre. En color rojo, se ilustran las áreas con predominancia de rocas ígneas intrusivas; en naranja, de ígneas extrusivas; en verde, de sedimentarias y en morado, de rocas metamórficas. Por último, en color amarillo se representan las zonas con depósitos aluviales, eólicos o de litoral más importantes del país. Al igual que en el resto de la corteza terrestre, en México las rocas más abundantes son las ígneas, en especial las de tipo extrusivo, después le siguen por su extensión las sedimentarias y finalmente las metamórficas. La extracción de agua subterránea se ha centrado en la explotación de mantos acuíferos en depósitos aluviales de la era Cenozoica reciente, en cuencas de la era Terciaria y en algunas rocas calizas. La mayor parte del territorio mexicano (excepto la Península de Yucatán) está caracterizado por una gran actividad tectónica y volcánica que ha tenido lugar desde hace varias decenas de millones de años hasta el presente. Esta actividad invariablemente ha dejado su huella a lo largo de todo el país en forma de sistemas volcánicos (Macías JL 2005) y sistemas hidrotermales,

tanto fósiles como activos. La actividad tectónica volcánica, aunque tiene resultados catastróficos en muchos de los fenómenos que genera, como sismos y erupciones volcánicas, también ha sido la fuente de una gran riqueza como lo son los recursos minerales y geotérmicos. En general, la litología mexiquense está compuesta por afloramientos de rocas volcánicas del Terciario y Cuaternario, y siguen en menor escala las rocas metamórficas mesozoicas, suelos del Cuaternario y sedimentarias. La provincia Eje Neovolcánico es la que contiene la mayor parte de las rocas volcánicas, y de todos los tipos. Según datos de INEGI, las rocas volcánicas ocupan 66.13% de la superficie estatal, y entre ellas están las extrusivas del Cuaternario, con 11.50% y las extrusivas del Terciario, con 54.63%. La provincia Sierra Madre del Sur es una región de gran complejidad litológica, donde se encuentran las rocas metamórficas que cubren 6.03% del territorio, entre ellas las del Jurásico, con 4.83% y las del Cretácico, con 1.20%. Por otra parte, existen en la misma región rocas sedimentarias de diferentes épocas, las cuales cubren 14.01% del territorio. Finalmente, están los suelos del Cuaternario, con 7.63% y otro tipo de rocas, con 6.16%.

La configuración geográfica actual de México es, asimismo, consecuencia de la interacción del bloque continental con las provincias oceánicas que lo circundan. Es decir, en la región del Pacífico, la Península de Baja California se está separando del resto del continente con un movimiento hacia el noroeste; en el Pacífico sur de México, desde Cabo Corrientes en el estado de Jalisco hacia Centroamérica, la placa oceánica de Cocos es asimilada por el continente; tal subducción ocurre a lo largo de una fosa oceánica a la que se conoce como Trincheras de Acapulco o Mesoamericana. (Macías JL 2005)

Por otro lado, en las provincias geológicas del Golfo de México y del Caribe, se tienen esfuerzos tectónicos de separación cortical, identificados también como de tensión o distensivos, que están actuando en los márgenes continentales; éstos, a su vez, avanzan sobre los fondos más profundos de las cuencas oceánicas, como consecuencia del desplazamiento de la placa tectónica continental de Norteamérica hacia el poniente, y de la del Caribe hacia el oriente (Figura1 INEGI).

Los procesos geodinámicos que son aún más complejos se pueden describir con relativa facilidad de una forma general. En términos globales, su influencia es muy importante por la contribución al conocimiento universal sobre el origen y evolución de nuestro planeta. A su vez, este entendimiento es básico en la prospección de recursos minerales, hidrotermales y petrolíferos que se generan y acumulan en el interior de la corteza de la Tierra, como consecuencia de su evolución geotectónica.

La litología del Estado de México está constituida por afloramientos de rocas de origen ígneo, sedimentario y metamórfico, siendo las rocas ígneas extrusivas las que ocupan una mayor extensión. Las rocas de esta entidad datan desde el Triásico (las metamórficas) hasta el Cuaternario (representado por rocas ígneas de composición basáltica, así como por depósitos lacustres y aluviales).

Las principales estructuras geológicas (Macías JL 2005) que se presentan son aparatos volcánicos, algunos de los cuales se cuentan entre los más notables del país: el Popocatepetl, el Iztaccíhuatl y el Nevado de Toluca. Además existen fracturas y fallas regionales, asociadas a los fenómenos de vulcanismo y mineralización. Los aspectos de geología económica más importantes están relacionados con las rocas que por su naturaleza primaria y las estructuras que las han afectado, constituyen zonas favorables para la explotación de acuíferos, de yacimientos minerales y de bancos de materiales para la construcción.

El estado de México está comprendido dentro de dos provincias geológicas que son: el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur

El estado de México está comprendido dentro de dos provincias geológicas que son: el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur

Figura 102 La configuración actual de México se debe al movimiento simultáneo de las cuatro placas tectónicas: a) la de Norteamérica, con desplazamiento hacia el suroccidente; b) la del Pacífico oriental, hacia el noroeste; c) la de Cocos, hacia el noreste, y d) la del Caribe, hacia el oriente franco

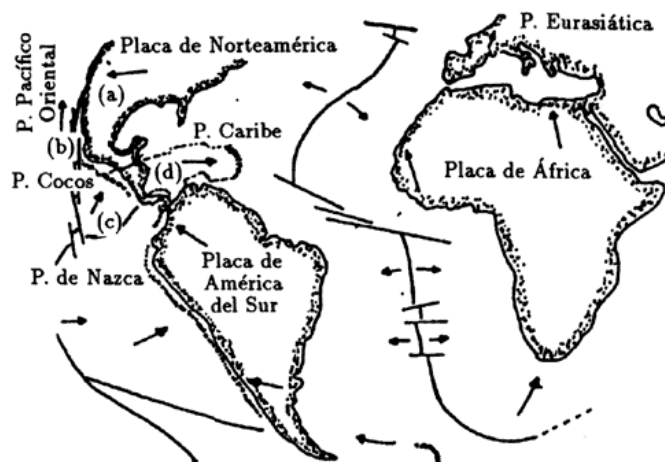


Figura 102. Placas Tectónicas del Continente Americano

En otro aspecto, la identificación de las provincias geológicas y su caracterización son fundamentales cuando se planifican nuevos centros de población, ya que para fundarlos es necesaria la disponibilidad de recursos como el agua y la ubicación de los sectores de alto riesgo sísmico que afectan drásticamente a las porciones noroccidental y sur de México, así como a la zona intermedia conocida como Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT), que cruza el país desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México. Más adelante nos referiremos a él (Figura 19) en el marco tectónico de una cronología de eventos geológicos en nuestro territorio.

La placa continental de Norteamérica, en el transcurso de su migración hacia el noroccidente y el occidente, asimiló progresivamente, en el pasado geológico, a las oceánicas Farallón y Kula, lo que dio como consecuencia que el arco magmático desarrollado durante el Jurásico Superior migrara hacia el noreste en el interior del continente, seguido por otros arcos magmáticos del Cretácico. (Macías JL 2005)

La Geología es el estudio de la conformación de la corteza terrestre, considerando una masa sólida en donde se van a encontrar muchos materiales que tienen diferentes aplicaciones.

La Petrología es el estudio de lo que genéricamente llamamos piedras, pero que en realidad son tipos específicos de rocas que a lo largo del tiempo de vida geológico de la tierra se han ido transformando. La Litología es estudio cuantitativo de las rocas y su distribución, los materiales se clasifican de acuerdo a su génesis o formación (Abramson, 1996)..

La mineralogía es la ciencia encargada de la identificación de minerales y el estudio de sus propiedades, origen y clasificación.

Los minerales aparecen con una amplia variedad de colores y estructuras, incluyendo tipos tan diversos como la obsidiana negra vítrea, el jaspe joya, los diamantes claros y duros y el talco blando y blanquecino. Los minerales son la fuente de los metales valiosos, extraídos como menas.

Entre los minerales se encuentran algunos con estructuras internas que siguen patrones geométricos. Se les denomina cristales. Por su brillo, color y propiedades algunos son considerados como piedras preciosas.

Por su parte, una roca es cualquier agregado mineral formado de modo natural. El término se aplica a agregados de distintos tamaños, desde la roca sólida del manto terrestre hasta la arena y la arcilla o barro.

El resultado de la actividad interna del planeta modifica la superficie terrestre. Estos son los llamados "agentes geológicos internos". La nueva corteza pronto recibe el "ataque" de otros agentes, los externos, que la erosionan.

La erosión produce residuos de material rocoso de diversos tamaños que, con el tiempo, se van fragmentando en trozos más pequeños. La gravedad y el transporte por la acción del agua o del viento los deposita y acumula en las zonas más bajas del relieve terrestre. Esto da lugar a la aparición de sedimentos que se depositan en capas, que llamamos "estratos". Más adelante, las capas inferiores, que soportan más peso, se transforman en nuevas rocas, las rocas sedimentarias

Debemos subrayar que la descripción que vamos a realizar sobre las rocas, se reduce a aquéllas que están consideradas para construcción y ornamentación ya que queda fuera de los objetivos de éste trabajo de tesis la realización de un estudio de geología o de petrología.

En la Ciudad de Toluca nos encontramos sobre una tova pórfido andesítica, esto significa que estamos sobre rocas ígneas intrusivas de carácter ácido. La denominación de “pórfido” se refiere a la estructura granítica que presenta la roca y andesita es por la similitud con las rocas que forman a la Cordillera de los Andes. (García-Palomo et al., 2002)

Estando en una zona volcánica, en Toluca (Macías JL 2005) vamos a encontrar basalto en sus diferentes presentaciones y colores, gabro, dioritas, riolitas y algo de granito. Esto significa que mayoritariamente es roca ígnea lo que encontraremos, sin embargo esto no niega la existencia de roca calcárea aunque ya nos estemos alejando del municipio de Toluca pero aún sin salirse del Valle. Lo que difícilmente vamos a encontrar son rocas tipo mármol. Las canteras existentes en el Valle se encuentran hacia el norte comenzando por Acambay y posteriormente Aculco.

El volcán Nevado de Toluca ($99^{\circ}45'W$; $19^{\circ}09'N$) está ubicado a 23 km en dirección suroeste de la ciudad de Toluca (Figura 5). Con una elevación de 4 680 metros sobre el nivel del mar, representa la cuarta cima más alta del país. El Nevado de Toluca también es conocido como “Xinantécatl”. El edificio volcánico se encuentra emplazado en un basamento de rocas volcánico sedimentarias, ignimbritas de composición riolítica y derrames andesíticos (Bonet, 1971; Bloomfield et al., 1977; Campa et al., 1974; Demant, 1981), (García-Palomo et al., 2002)

6.3 CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS

Las rocas desde la Antigüedad constituyen uno de los primeros materiales que emplearon nuestros más remotos antecesores al ocupar todo el entorno y caracterizar el paisaje. Está

documentado que en los lugares rocosos, la evolución cultural fue diferente a la que se produjo en los grandes llanos de los ríos (Schumann, 1987).

Las rocas se encuentran en la Naturaleza, en la corteza terrestre, constituidas por la combinación de distintos minerales, los cuales se originan a partir de los elementos geoquímicos y sus asociaciones. Los distintos tipos de rocas son el resultado de los diferentes procesos, tanto exógenos como endógenos, que las han formado, y que condicionan su composición, características y propiedades. Por tanto, estos tipos de rocas se forman en función de los minerales que presentan y su modo de agregado (textura), incluyendo los espacios vacíos de poros y grietas.

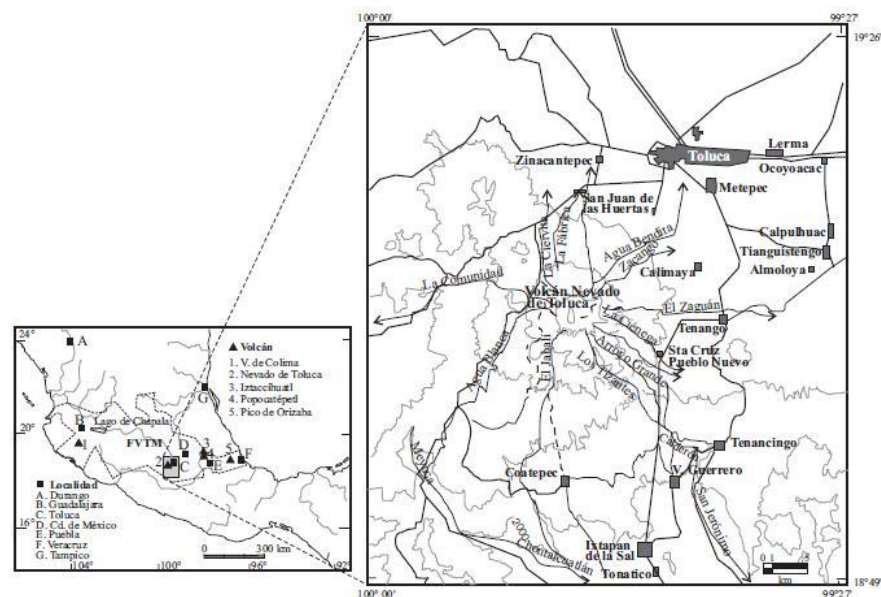


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio. Se muestran los principales cauces y localidades cercanas al Volcán Nevado de Toluca, asimismo se señala la localización de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) y sus principales volcanes.

Figura 103 Mapa de Localización del Área de Estudio Volcán Nevado de Toluca.

(Aceves–Quesada, J.F., 1997)

Las rocas (Dana Hulburt 1970) se clasifican en tres grandes grupos en base a su génesis: magmáticas, sedimentarias y metamórficas. Las definiciones de estos tres tipos de rocas son:

6.4 ROCAS ÍGNEAS

Del latín “ignis” (fuego), también llamadas rocas magmáticas, volcánicas, eruptivas o primarias, son las primeras rocas formadas por la solidificación de una masa fundida silicatada que se ha enfriado y cristalizado en zonas profundas originando las rocas plutónicas, en zonas próximas a la superficie resultando las rocas filoneanas y en la superficie terrestre dando lugar a las rocas volcánicas o efusivas. Ejemplo de ello, granito, sienita, diorita, piedra pómez, basalto

Según la composición química del magma que las origina:

- Rocas ácidas o félsicas. Ejemplo: granito (plutónica) o riolita (volcánica). Estas rocas presentan colores claros.
- Rocas básicas o máficas. Ejemplo: gabro (plutónica) o basalto (volcánica). Estas rocas presentan colores oscuros.
- Rocas intermedias. Ejemplo: diorita (plutónica) o andesita (volcánica). Sus colores son intermedios entre claros y oscuros.
- Rocas ultrabásicas o ultramáficas. Ejemplo: peridotita (plutónica) o komatita (volcánica). Presentan colores muy oscuros.

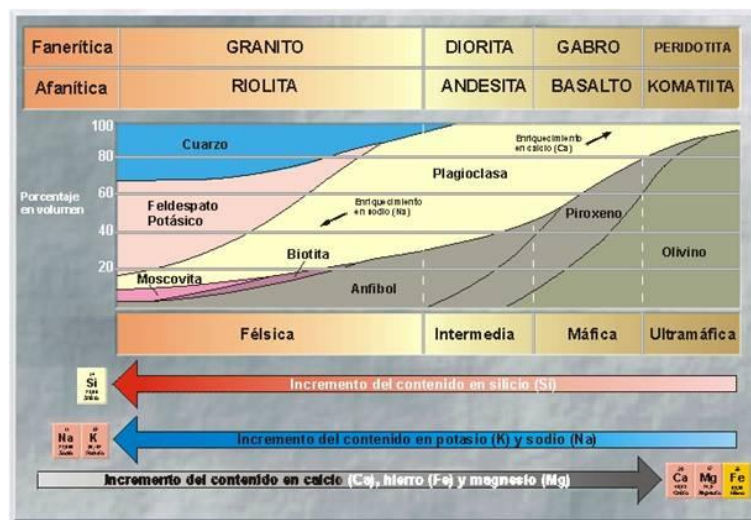


Figura 104. Tipos de rocas ígneas. Amazing Geology

1. . El granito y la riolita se forman a partir del mismo magma, por lo tanto, presentan los mismos minerales y, por consiguiente, los mismos colores (claros). Pero se diferencian por su textura: el granito es una roca plutónica por lo que su textura es fanerítica, mientras que la riolita es volcánica, siendo su textura afanítica.
2. El granito y el gabro presentarán la misma textura (fanerítica), ya que ambas rocas son plutónicas, pero se diferencian en que se forman a partir de distintos magmas: ácido en el caso del granito, y básico en el caso del gabro. Tendrán, por lo tanto, distintos minerales y diferente color.
3. El granito y el basalto presentan diferentes minerales, colores y textura, ya que se forman a partir de magmas de distinta composición química y en ambientes diferentes.

Estas son rocas magmáticas, intrusivas y extrusivas, ácidas o básicas. Son rocas producto de la solidificación de un material fundido o parcialmente fundido, esto es, de un magma, en la superficie terrestre (volcánicas) o en la corteza terrestre, ya sea bajo condiciones relativamente superficiales (hipabisales) o profundas (plutónicas). Ejemplos son: granito, gabro, basalto, pórfidos, tezontle, piedra pómez.

Las rocas ígneas se forman por el enfriamiento y la solidificación de materia rocosa fundida, el magma. Según las condiciones bajo las que el magma se enfríe, las rocas que resultan pueden tener granulado grueso o fino.

Las rocas ígneas se subdividen en dos grandes grupos:

Las rocas plutónicas o intrusivas fueron formadas a partir de un enfriamiento lento y en profundidad del magma. Las rocas se enfriaron muy despacio, permitiendo así el crecimiento de grandes cristales de minerales puros. Ejemplos: granito y sienita.

Las rocas ígneas o magmáticas son formaciones ocurridas por la solidificación de los magmas, que son masas de materiales en estado parcialmente líquido y que se encuentran en las capas profundas de la corteza terrestre a temperaturas extremadamente altas, llegando a varios miles de grados. Si el magma se solidifica

estando dentro de la corteza, las rocas resultantes son llamadas plutónicas o intrusivas. Si el magma se solidifica en el exterior como consecuencia de la actividad volcánica, las rocas son llamadas volcánicas o efusivas.

Las rocas ígneas tienen estructura cristalina y se forman casi únicamente por silicatos. Se clasifican según su composición mineralógica. Entre las rocas plutónicas se encuentran los granitos, la más común del tipo, formados por cuarzo y feldespato. Los gabros, formados por uno y más minerales de piroxena, olivino, biotita, serpentina, y otros. También se encuentran dioritas, sienitas, pórfidos y otros. En cuanto a las rocas volcánicas, son comunes los basaltos, de composición similar a los gabros y son las más comunes de las originadas por una erupción. Otros materiales eruptivos son los piroclastos y las lavas.

Las rocas volcánicas o extrusivas, se forman por el enfriamiento rápido y en superficie, o cerca de ella, del magma. se formaron al ascender magma fundido desde las profundidades llenando grietas próximas a la superficie, o al emerger magma a través de los volcanes. El enfriamiento y la solidificación posteriores fueron muy rápidas, dando como resultado la formación de minerales con grano fino o de rocas parecidas al vidrio. Ejemplos: basalto y riolita.

Existe una correspondencia mineralógica entre las rocas plutónicas y volcánicas, de forma que la riolita y el granito tienen la misma composición, así como el gabro y el basalto. Sin embargo, la textura y el aspecto de las rocas plutónicas y volcánicas son diferentes. Las rocas ígneas, compuestas casi en su totalidad por silicatos, pueden clasificarse según su contenido de sílice. Las principales categorías son ácidas o básicas. En el extremo de las rocas ácidas o silíceas están el granito y la riolita, mientras que entre las básicas se encuentran el gabro y el basalto. Son de tipo intermedio las dioritas y andesitas

Una vez que las rocas se han formado a partir del magma que asciende y sale a la superficie, pueden sufrir diversos procesos que las transforman. Por una parte, pueden ser pulverizadas por la erosión y, sus fragmentos, dar origen a rocas sedimentarias. Por otra, pueden hundirse - o no haber llegado a la superficie - y ser transformada por el calor y la presión, dando lugar a rocas metamórficas

Estas rocas se generan por consolidación de magmas del interior de la Tierra. Si el enfriamiento es rápido, en zonas superficiales, se trata de rocas volcánicas, mientras que si es más lento, en el interior o zonas profundas de la corteza, las rocas son plutónicas. De entre las rocas plutónicas las más conocidas son las de la familia de los granitos, que están constituidos fundamentalmente por cristales de cuarzo, feldespatos y micas, en distintas proporciones, lo que determina su clasificación y les confiere una textura granuda. Los granitoides suelen ser bastante homogéneos, de gran dureza y resistencia a los esfuerzos y alteraciones, ofreciendo en los ensayos tecnológicos valores muy altos. Se utilizan como piedras de cantería o como tableros serrados a partir de grandes bloques dimensionados.

Según la textura: Se entiende por textura el aspecto general de la roca en función del tamaño, la forma y el ordenamiento de sus minerales. La textura está directamente relacionada con la velocidad a la cual se enfría el magma. De esta manera, las rocas ígneas pueden presentar las siguientes texturas:

- Textura afanítica: los minerales son tan pequeños que no pueden ser distinguidos a simple vista. Es indicativa de un enfriamiento rápido del magma, lo cual ocurre en la superficie terrestre (o muy cerca de ella). Es característica, por lo tanto, de las rocas volcánicas (Figura 105A).
- Textura fanerítica: los minerales, aproximadamente todos del mismo tamaño, son visibles a simple vista. Esta textura nos habla de un enfriamiento lento del magma, lo cual ocurre en zonas profundas. Es propia, por lo tanto, de las rocas plutónicas (Figura 105D).
- Textura porfírica: una gran masa de magma localizada a gran profundidad puede necesitar de decenas a miles de años para solidificar. Como no todos los minerales cristalizan a la misma temperatura, es posible que algunos lo hagan, de forma bastante grande, mientras otros siguen aún en estado líquido. Si el magma que contiene algunos minerales grandes sale a la superficie, la porción líquida restante de la lava se enfriará relativamente rápido. La roca resultante tendrá, entonces, grandes cristales (formados en profundidad) incrustados en una matriz de cristales

pequeños, no visibles a simple vista. Esta textura, que indica dos velocidades de enfriamiento, se denomina porfírica y es característica de las rocas volcánicas o de rocas plutónicas que se forman muy cerca de la superficie terrestre (Figura 105B).

- Textura vítrea: durante algunas erupciones volcánicas la lava es expulsada hacia la atmósfera donde se enfría tan rápidamente que los iones se "congelan" antes de unirse en una estructura cristalina ordenada. Se forma de esta manera un vidrio natural, y la textura resultante se denomina vítrea (Figura 105E).
- Textura vesicular: en muchas rocas con textura afanítica pueden observarse los huecos dejados por las burbujas de gas que escapan conforme solidifica el magma. Esas aberturas se denominan vesículas y son más abundantes en la parte superior de una colada de lava donde el enfriamiento se produce lo bastante de prisa como para "congelar" la lava, conservando las aberturas producidas por el escape de los gases (Figura 105C).



Figura 105. Textura de rocas ígneas

6.4.1 BASALTOS

Su formación en capas externas de la tierra, hace que esté clasificada como roca efusiva o volcánica. Su enfriamiento rápido le confiere estructura cristalina pero de micrograno, teniendo aspecto de masa verde grisácea. No contiene cuarzo pero el feldespato y el olivino, mineral principal con Fe, le confieren gran dureza (menor que el granito) y resistencia mecánica muy elevada. Roca poco alterable químicamente. Su particular característica de dividirse en prismas permite la fácil obtención de sillarejos y adoquines para construcción.



Figura. 106 Basalto (Guía Interactiva de Minerales y Rocas)

6.4.2 PÓRFIDOS

Los pórfidos son rocas de estructura porfídica, de consolidación en dos etapas. En esta roca, la masa de microcristales está formada fundamentalmente por ferromagnesianos no olivínicos, la que le da un color oscuro sobre el que destacan los fenocristales de feldespato y cuarzo de color claro. Las características físicas y mecánicas son similares a las del granito por lo que se emplea en los mismos usos.



Figura 107 Pórfido (Guía Interactiva de Minerales y Rocas)

6.4.3 SIENITA

La sienita está compuesta por ortosa y un silicato ferromagnesiano no olivínico, que puede ser hornblenda, augita o biotita. Las sienitas puras, de acuerdo con la composición anterior, son muy raras, existiendo normalmente en pequeñas proporciones plagioclasas y cuarzo. Es una roca de estructura granular. La ortosa da a la sienita un color claro, blanco o rosado, sobre el que destaca el color oscuro del mineral ferromagnesiano. De densidad 2,7 a 2,9 g/cm³, algo superior a la del granito, tiene unas propiedades mecánicas semejantes y, por la tanto, iguales usos. Las sienitas son menos abundantes que el granito.



Figura 108. Sienita (Guía Interactiva de Minerales y Rocas U.P.M)

6.4.4 GRANITO

Es una roca ígnea consolidada lentamente a gran profundidad y que ha llegado a la superficie por plegamientos de la corteza terrestre y destrucción de las capas superiores.

Está compuesto por varios minerales: cuarzo, feldespato y mica, en proporciones aproximadas de 30 %, 50 % y 20 %. La mica puede ser biotita (silicato hidratado), de color oscuro, y moscovita, de color claro. A veces, la mica está sustituida por hornablenda.

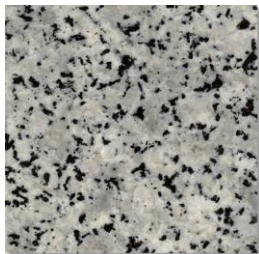


Figura 109 Loseta de Granito (Guía Interactiva de Minerales y Rocas U.P.M)

Las alteraciones del granito se deben al efecto de dilatación por congelación del agua absorbida o la descomposición química conocida con el nombre de caolinización de los feldespatos. Al convertirse el feldespato en caolín y la mica en clorita, la roca pierde su cohesión y se desmorona. Los granitos alterados no deben usarse en construcción. Las alteraciones comienzan siempre por un redondeamiento de vértices y aristas. La caolinización de los feldespatos se retarda mediante el pulimentado del granito.

La cristalización de sus minerales constituyentes y la dureza de la mayoría de ellos, permiten la obtención de un perfecto pulimento. Gracias a estas características y a su homogeneidad, combinan muy bien entre sí y con otras piedras, a las que sirven en ocasiones de apoyo, estando muy extendido su empleo como base de columnas o zócalos, al aislar de la humedad y ofrecer mayores resistencias al deterioro que, por ejemplo, las areniscas o algunas calizas. Una vez pulido o flameado, su escasa porosidad impide la absorción de cualquier líquido, por lo que es más fácil su limpieza.

Su estabilidad y dureza superficial también ofrecen ventajas frente a agresiones externas, resistiendo mejor que otras piedras al rayado, desgaste y afecciones atmosféricas, estando indicado su uso en cualquier situación geográfica. Su excavación es difícil y costosa debiendo hacerse el arranque mediante perforación mecánica y explosivos.

Los minerales accesorios más frecuentes son: el anfíbol, la turmalina, la clorita, el apatito y el circón. Su estructura es granítica y puede ser de grano grueso, medio y fino, siendo el primero el que presenta menos resistencia.

Normalmente tiene color, gris, pero debido a la colocación de los feldespatos puede presentar tonalidades rosas, verdosas o amarillas. A veces presenta también manchas oscuras, llamadas negros o gabarros, que son de grano muy fino.

Su densidad aparente oscila de 2,6 a 2,7 Kg/dm³. La resistencia a la compresión es de 800-2.700 Kg/cm². Presenta una gran dureza y resistencia a esfuerzos y alteraciones, ofreciendo en los ensayos tecnológicos valores muy altos. Excepto cuando están ligeramente alterados, por provenir de zonas superficiales del yacimiento, admiten cualquier trabajo y acabado.

Este grupo de rocas se explotan, elaboran o comercializan bajo dos ópticas distintas:

- Como granitos en grandes bloques que dan lugar a tableros con finas terminaciones superficiales.
- Como piedras de cantería, extraídos en bloques menores y elaborados según piezas generalmente de más grosor y con aspectos más rústicos.

6.4.5 RIOLITA

Está constituida por una pasta vítrea generalmente salpicada de fenocristales de cuarzo y feldespato potásico. Su color oscila ampliamente, pero el más común es el blanco a amarillo claro, pardo o rojo. Casi todas las riolitas presentan textura fluidal en bandas, con alineación de los fenocristales.



Figura 110. Riolita (Guía Interactiva de Minerales y Rocas U.P.M)

6.4.6 GABRO

Es una roca granuda formada principalmente por plagioclasas cálcicas y piroxenos, de color gris oscuro. Si el olivino sustituye al piroxeno, tiene color verde y se denomina gabro olivínico. Densidad elevada: de 2,9 a 3,1 g/cm³.



Figura 111. Gabro (EARTH SCIENCES: LONDON'S GEOLOGY)

6.5 ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias propiamente dichas, del latín “sedimentum” (asentamiento), su ciclo de formación comienza, en la mayor parte de los casos, con la transformación de una roca preexistente, ya sea ígnea, metamórfica o sedimentaria, en detrimento, como consecuencia de los procesos de hipergénesis (meteorización y alteración química y biológica de la roca) y continua con su transporte y sedimentación en una cuenca sedimentaria, formando el sedimento. Son rocas que resultan de la consolidación de materiales sólidos sueltos (sedimentos detríticos) y/o de precipitados químicos a partir de la lixiviación de soluciones acuosas (sedimentos químicos) y/o de residuos de animales y/o plantas (sedimentos orgánicos) en o cerca de la superficie terrestre. Ejemplos son: conglomerados, areniscas, calizas, zeolitas, tierra de diatomáceas.

Las rocas sedimentarias se forman en la superficie de la tierra por procesos de erosión y alteración de rocas preexistentes, lo que supone su disgregación, la formación de detritus y la disolución de componentes en soluciones acuosas, el transporte de los mismos, el depósito de fragmentos de rocas, de organismos o material de precipitación biogeoquímica en zonas apropiadas (cauces de ríos, lagos, mares, etc) y transformaciones originadas en el ambiente sedimentario o una vez enterradas por debajo de la superficie atmosférica o acuosa (transformaciones diagenéticas). Por esta razón, suelen presentar una disposición en capas denominada estratificación.

La formación de rocas sedimentarias envuelve numerosos procesos. Las rocas expuestas en superficies (ígneas, metamórficas o sedimentarias) reaccionan con la atmósfera e hidrosfera produciendo una pérdida de partículas llamadas sedimentos. Estos sedimentos son erosionados por el agua, viento y hielo y ayudados por la gravedad son transportados, normalmente, lejos de su punto de origen. Los sedimentos se acumulan en capas, junto con depósitos minerales provenientes de soluciones y restos de organismos y plantas que vivieron en o cerca del área de depositación. Posteriores cambios físicos y químicos

transforman las capas de sedimentos en rocas sedimentarias. Por lo tanto, las rocas sedimentarias son formadas a partir de sedimentos en o cerca de la superficie de la Tierra por una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos.

Las rocas sedimentarias están compuestas por materiales transformados, formadas por la acumulación y consolidación de materia mineral pulverizada, depositada por la erosión

Las rocas sedimentarias son las que se forman en la superficie terrestre debido a la presión ejercida por el peso de los sedimentos que se depositan, lo que cambia la estructura y la composición de las rocas. Estas rocas son el producto de procesos ocurridos en épocas geológicas antiguas que en su mayoría han ocurrido en el mar; sin embargo, debido a cambios en la distribución de las aguas marinas, también aparecen rocas sedimentarias en los continentes.

Finalmente y mediante la actuación de los procesos de litificación (compactación del sedimento, reducción de la porosidad, cementación, diagénesis y metasomatismo) el sedimento se transforma en roca, en respuesta al reajuste de las condiciones ambientales durante el enterramiento. Sin embargo, existen otros tipos de rocas sedimentarias cuya génesis no necesita de la formación de un detrítico ni de un posterior transporte, unas son rocas con un origen orgánico (formadas por restos o acumulaciones de organismos) y otras, -que son las que nos atañen, originadas por precipitación química a partir de soluciones acuosas (Benito Soria, 1996).

Las rocas sedimentarias se clasifican según su origen:

Las rocas sedimentarias se dividen en las detríticas o clásticas y las químicas, que también incluyen las de origen orgánico y bioquímico. Entre las detríticas se encuentran los conglomerados, formados por fragmentos de más de 5 milímetros; las areniscas, constituidas por fragmentos entre 0,06 y 2 milímetros; y las arcillas, que tienen partículas menores a 0,06 milímetros. En cuanto a las rocas químicas, pueden ser calcáreas, como las dolomías; silíceas, como el sílex; fosfáticas, como las fosforitas; y salinas, como los yacimientos de sal.

Las rocas detríticas, o fragmentarias, se componen de partículas minerales producidas por la desintegración mecánica de otras rocas y transportadas, sin deterioro químico, gracias al agua. Son acarreadas hasta masas mayores de agua, donde se depositan en capas. Ejemplos: lutitas y arenisca.

Las rocas sedimentarias químicas se forman por sedimentación química de materiales que han estado en disolución durante su fase de transporte. En estos procesos de sedimentación también puede influir la actividad de organismos vivos, en cuyo caso se puede hablar de origen bioquímico u orgánico. Ejemplos: yeso, anhidrita y calizas.

Las rocas de precipitación química se forman por la precipitación de sustancias orgánicas o inorgánicas (sales como cloruros, bromuros, sulfuros, carbonatos, óxidos...) que se encuentran disueltas en el agua de la cuenca de sedimentación (lagos, mares, ríos) debido a diversas circunstancias como saturación por evaporación del agua, cambios de temperatura, presión, pH.

De entre las rocas de construcción y ornamentación que forman el grupo de las químicas, podríamos citar las rocas carbonáticas, por un lado, y las rocas evaporíticas-sulfatadas, por otro, aunque existen otras como las silíceas inorgánicas, las fosfáticas, y los depósitos de hierro y magnesio.

Por tanto, estos dos tipos de rocas nos competen desde dos puntos de vista, uno, como materia prima en la obtención y puesta en obra de conglomerantes para morteros, y dos, como material de fabrica y talla de monumentos, en cuanto a las carbonáticas se refiere.

La roca caliza es un tipo de variedad masiva, procedente de la descomposición de los bicarbonatos, que por volatilización del anhídrido carbónico se convierten en carbonatos insolubles. Compuesta mayoritariamente por calcita (CaCO_3), el proceso de formación es lento y tiene lugar en aquellos ambientes marinos o lacustres donde se depositen en capas los carbonatos que hay en el agua, en forma de mineral, restos de organismos fósiles o la combinación de ambos.

Su resistencia mecánica no supera los 500 Kg/cm², sin embargo, se considera idónea para su uso en construcción, dependiendo su valor del tipo de porosidad, de los minerales y del tamaño de cristales. Tiene una dureza aproximada de 4 en la escala de Mohs, ello la convierte en una roca blanda y trabajable, aunque poco resistente a los ácidos, a la abrasión y a los agentes atmosféricos. El color se debe a la tinción de los óxidos y/o inclusiones de materia orgánica en su entorno. Además, las rocas calizas, más o menos puras, a temperaturas de cocción de 900 ° C, se descomponen dando lugar a la cal viva, la cual está compuesta fundamentalmente por óxido de calcio (CaO).

Por otro lado, las dolomías están compuestas mayoritariamente por dolomita, o sea, carbonato cálcico y magnésico $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, y es característica la ausencia de fósiles. Se distingue de la caliza porque en presencia de ácido clorhídrico diluido en frío no le produce efervescencia, aunque sí en caliente. Posee una estructura granular que le confiere unas buenas cualidades para ser utilizada en construcción, incluso cuando le ataca la humedad y las atmósferas ácidas.

Existen otras formas alotrópicas empleadas tanto en construcción como en la elaboración de esculturas y estatuas y nos estamos refiriendo al aragonito y el mármol, cuya fórmula química en ambos casos es CaCO_3

Paralelamente, y respecto a las rocas sulfáticas-evaporíticas, son rocas que se han formado como consecuencia de la evaporación del agua cargada de sales disueltas, tanto en ambiente marino como en continental. Se incluyen en este apartado todas las rocas compuestas a partir de yeso.

La roca llamada piedra de yeso o aljez, se encuentra frecuentemente en la naturaleza, y esta formada por sulfato de calcio dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), de color generalmente blanco y dureza 2 en la escala de Mohs. Esta roca es la única materia prima para la fabricación del

yeso y se obtiene por deshidratación parcial de dicha roca que, sometida a temperatura no mayor de 170o C, pierde molécula y media de agua ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$), formando el sulfato cálcico hemihidrato. Se obtiene así el yeso cocido o deshidratado (CaSO_4), el cual amasado con agua, una vez pulverizado, se rehidrata formando de nuevo el dihidrato.

Su verdadera importancia radica en que constituye la materia prima para la fabricación de aglomerantes como el yeso, la escayola... (Arredondo, F., 1991). Entre las variedades que se conocen cabría citar, el yeso laminar (presenta una formación casi transparente, dura y muy pura), el yeso fibroso (formada por fibras cristalinas muy puras con aspecto sedoso), el

yeso sacaroideo (aspecto cristalino semejante al azúcar), el alabastro (presencia de grano muy fino, compacto y traslucido, empleándose para ornamentación y trabajos de escultura), la anhidrita (sulfato cálcico anhidro, roca blanca y/o grisácea en la que apenas se reconoce la cristalización).

Entre las variedades que se conocen cabría citar, el yeso laminar (presenta una formación casi transparente, dura y muy pura), el yeso fibroso (formada por fibras cristalinas muy puras con aspecto sedoso), el yeso sacaroideo (aspecto cristalino semejante al azúcar), el alabastro (presencia de grano muy fino, compacto y traslucido, empleándose para ornamentación y trabajos de escultura), la anhidrita (sulfato cálcico anhidro, roca blanca y/o grisácea en la que apenas se reconoce la cristalización).

6.5.1 ARENISCAS

Esta piedra tiene la particularidad de estar formada por granos de arena que se unen a partir de cemento. La arenisca está compuesta por cuarzo y se caracteriza por una flexibilidad y resistencia variable. Esta roca se usa para construir viviendas, recubrir fachadas y decorar exteriores e interiores. También fue un material muy utilizado para construcciones monumentales.



Figura 113. Arenisca Guía Interactiva de Minerales y Rocas U.P.M

Arenisca roca aglomerada, está formada por arenas unidas por un cemento de naturaleza variable. Son rocas, constituidas fundamentalmente por granos de cuarzo; presentan valores de resistencia a compresión y flexión muy variables, desde los bajos e intermedios de las areniscas más deleznales, hasta los ciertamente altos de las areniscas bien cementadas. Estos valores son función de los constituyentes minerales, su distribución y procesos sufridos. La matriz y el cemento son en este sentido los más influyentes.

Así, hay areniscas que, debido a las arcillas que traban los granos, son compactas cuando no contienen humedad pero se ablandan con la absorción de agua, prestándose excelentemente al corte y a la talla en este estado y endureciendo con el tiempo y el secado. Otras, con sus granos de cuarzo fuertemente unidos con cuarzo recristalizado, son muy resistentes. Esa peculiaridad conlleva a que algún ensayo mecánico ofrezca valores distorsionados de humedad de la roca.

6.5.2 CALCARENITAS

Las calcarenitas, según se ha dicho, tienen un porcentaje de carbonato cálcico inferior a 50%, pero suficiente para dar clara reacción con ácido clorhídrico en frío. Se forman, frecuentemente, en aguas dulces o marinas (prefosas), el color depende de las impurezas

en el cemento y en los granos, pudiendo variar desde colores claros a pardos o pardo rojizos.



Figura 114. Calcarenita (Guía Interactiva de Minerales y Rocas U.P.M)

6.5.3 PIZARRAS ARCILLOSAS

Bajo el nombre de pizarras arcillosas o lutitas apizarradas se incluyen todas las pelitas bastante consolidadas, de apreciable estratificación y dureza variable.

Son rocas que se han formado en gran variedad de ambientes lo que hace que su color sea muy variable. Los colores oscuros corresponden a pizarras que se han formado en ambiente reductor, por lo que contienen gran cantidad de materia orgánica rica en carbono. Los colores rojizos se presentan en pizarras formadas en ambiente oxidante. Las tinciones y recubrimientos superficiales enmascaran, frecuentemente, el color verdadero de estas rocas.

Según las diferentes inclusiones o impregnaciones que contienen, se distinguen las variedades: pizarras arcillosas calizas, cuando contienen cierta proporción de carbonato cálcico, siempre que ésta sea menor del 50 por ciento, dando reacción clorhídrico. Pizarras arcillosas filadíos, si están muy consolidadas por fuertes presiones, lo que las aproxima a las rocas metamórficas. Pizarras arcillosas micáceas, cuando contienen muscovita. Pizarras arcillosas ferruginosas con gran riqueza en óxidos de hierro, muy frecuentemente

recubiertas de limonita pardusca o amarillenta. Pizarras arcillosas sericíticas, caracterizadas por ser suaves al tacto. Pizarras arcillosas bituminosas, de color negro, con restos orgánicos y generalmente impregnadas de hidrocarburos (asfaltos o petróleo).

No es fácil diferenciar, muchas veces, las pizarras arcillosas de las pizarras metamórficas (filitas y micacitas) porque no se puede establecer, con claridad, un límite entre la diagénesis y el metamorfismo. Muchos autores califican a todas las pizarras como metamórficas.

6.5.4 CALIZAS ESPÁTICAS

La caliza espática tiene cristales visibles de calcita que se han formado como consecuencia de un proceso diagenético de recristalización del primitivo sedimento carbonatado. No son muy abundantes y su presencia forma manchas o enclaves en las comarcas citadas anteriormente.



Figura 115 Caliza espática

Caliza Común

(Guía Interactiva de Minerales y Rocas U.P.M)

6.5.5 DOLOMITAS

La dolomía es una roca compuesta por un carbonato doble de $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ aunque raramente se presenta la dolomita pura, conteniendo un cierto número de cristales de

carbonato cálcico. Se forma como consecuencia de un proceso diagenético de metasomatosis (dolomitización) a partir de las calizas y en medios ricos en magnesio.

Se distinguen las siguientes variedades de dolomía:

- **Dolomía común:** es la variedad más corriente y abundante. Tiene siempre un contenido más a menos elevado de arcillas, partículas de cuarzo, etc. Suelen apreciarse frecuentemente zonas de descarbonatación formando fisuras más a menos entrecruzadas.
- **Calizas dolomíticas:** son mezclas, en distintas proporciones, de caliza y dolomía.



Figura 116 Dolomita (Guía Interactiva de Minerales y Rocas U.P.M)

6.6.6 TRAVERTINO

El travertino es un tipo de caliza en la cual el agua subterránea es la fuente del carbonato cálcico, el que precipita cuando una parte del dióxido de carbono disuelto se escapa de una gota de agua. Se utiliza mucho en la arquitectura, como una roca de revestimiento y decoración de edificios

Las rocas metamórficas son el resultado de la transformación de cualquier otro tipo de rocas, ígneas, sedimentarias e, incluso, metamórficas, mediante fenómenos de metamorfismo. Estos fenómenos debidos al cambio de las condiciones físico-químicas a

que estaban sometidas las primitivas rocas, modifican en ellas no sólo su composición mineralógica, sino también la composición química, así como la estructura y la textura



Figura 117. Guía Interactiva de Minerales y Rocas U.P.M

6.7 ROCAS METAMÓRFICAS

El grado de metamorfismo de las rocas puede ser distinto, por eso existen transiciones graduales a las rocas metamórficas desde las correspondientes ígneas y sedimentarias.

Los tipos de metamorfismo son: dinámico, cuando la causa de la transformación de las rocas son grandes presiones; de contacto, si la causa ha sido una alta temperatura por proximidad de un magma; y regional, cuando concurren las dos causas anteriores.

Estas especiales condiciones que inciden en la formación de las rocas metamórficas hacen que todas ellas se encuentren cristalizadas. Las presiones, que de una manera constante y con mayor o menor intensidad, siempre se producen en los fenómenos de metamorfismo, hacen que las rocas de este tipo, normalmente, presenten cierta pizarrosidad.

El tamaño de los cristales dependerá de los minerales existentes en la primitiva roca y de los procesos de neoformación y recrystalización. Los minerales que componen las rocas metamórficas pueden formarse en el metamorfismo o bien ser los mismos existentes antes de la iniciación del proceso.

Estos fenómenos debidos al cambio de las condiciones físico-químicas a que estaban sometidas las primitivas rocas, modifican en ellas no sólo su composición mineralógica, sino también la composición química, así como la estructura y la textura.

El grado de metamorfismo de las rocas puede ser distinto, por eso existen transiciones graduales a las rocas metamórficas desde las correspondientes ígneas y sedimentarias.

Las rocas metamórficas pueden dividirse, esencialmente, con arreglo a dos criterios:

- Según las facies de aparición de minerales de metamorfismo, esto es, según las condiciones de presión y temperatura en las cuales, si el quimismo lo permite, van a formarse actinota, o sillimanita, o granates, etc.
- Según las secuencias metamórficas o, lo que es lo mismo, según el tipo de roca que les da origen.

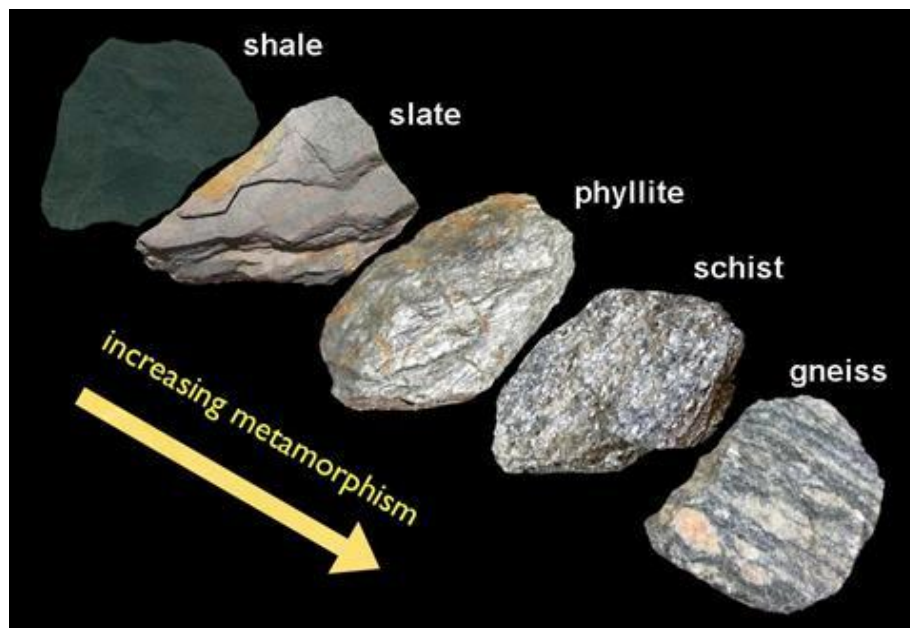


Figura 118. Metamorfismo (Amazing Geology 2014, 03)

6.7.1 TIPOS DE METAMORFISMO

Existen distintos tipos de metamorfismo; algunos de ellos son:

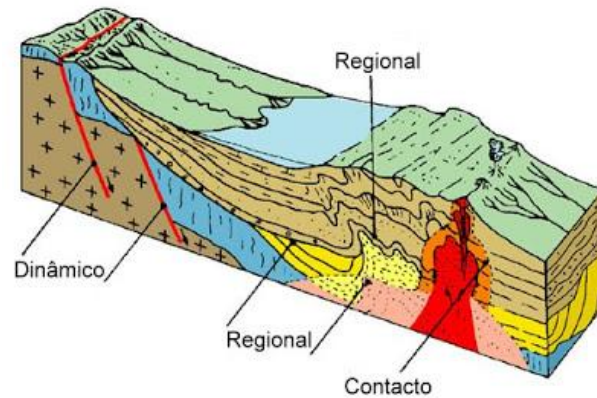


Figura 119. Esquistos y Cuarcitas

Procedentes ambas rocas del metamorfismo de psammitas y psefitas se diferencian entre ellas en que las cuarcitas tienen más del 90 por ciento de sílice, y unas y otras de sus orígenes respectivos, en la esquistosidad que presentan y por su consistencia. Son ejemplares angulosos, esquistosos y que, al romperse, se fracturan sus cristales; las psammitas, sedimentarias, son redondeadas y, cuando son angulosas, se rompen por la matriz a cemento que une sus granos.



Figura 120. Esquisto (Guía Interactiva de Minerales y Rocas U.P.M)

6.7.2 MÁRMOL Y MÁRMOL DOLOMÍTICO

Son rocas de grano fino a grueso, de aspecto sacaroideo y colores claros, presentando frecuentemente alteraciones en bandas.



Figura 121. Mármol (Guía Interactiva de Minerales y Rocas U.P.M)

Roca de grano fino a grueso compuesta esencialmente por carbonatos (calcita y/o dolomita) metamórficos. Normalmente, los mármoles no presentan foliación, debido a la ausencia o escasez de minerales planares. Su estructura es variada, la masiva y bandeada, y su textura es típicamente granoblástica. Su color es muy variado, desde blanco, gris, rosa a verde. Resultan de la recristalización de rocas calizas de cualquier tipo, por lo que no pueden observarse los componentes originales como bioclastos, oolitos, etc. Los mármoles no deben confundirse con calizas esparíticas sedimentarias, que sí presentan los componentes originales, aunque más o menos modificados por los procesos diagenéticos. De hecho, gran parte de las rocas que comercialmente se conocen con el nombre de mármol, son rocas carbonatadas sedimentarias.

6.7.3 SERPENTINA METAMÓRFICA

Es una roca procedente de la actuación de procesos de metamorfismo sobre rocas olivínicas. Está formada esencialmente por serpentina. Se emplea como piedra decorativa en construcción.



Figura 122. Serpentina metamórfica (Guía Interactiva de Minerales y Rocas U.P.M)

6.7.4 SERPENTINITA

Roca compuesta esencialmente por minerales del grupo de la serpentina (antigorita, crisotilo, lizardita...), con proporciones variadas de clorita, talco, y carbonatos (calcita, magnesita). Son rocas generalmente masivas, aunque pueden presentar cierto bandeo composicional. Proceden de rocas ultrabásicas, constituidas esencialmente por olivino y piroxenos, hidratadas durante el proceso metamórfico. Estas rocas son conocidas comercialmente como mármoles verdes, aunque en sentido estricto no son mármoles.

Estos tipos descritos pueden proceder una misma roca, difiriendo en cuanto al grado metamórfico sufrido. Así por ejemplo, una pelita (o metapelita) de grado muy bajo se denomina en general filita o pizarra, en grado bajo sería una micacita o un esquisto, en grado medio un esquisto y en grado alto un esquisto o un gneis pelítico; una roca máfica sería un esquisto verde en grado bajo (esquisto con abundante clorita y albita) o una

anfibolita en grado medio. Las rocas metamórficas foliadas (esquistos, gneises) no han sido especialmente utilizadas como material de construcción debido a la fuerte anisotropía que presentan en cuanto a sus características mecánicas, que suponen una fácil exfoliación y rotura paralelamente a la superficie de foliación y/o lineación.

6.7.5 GNEISS

Gneis, roca metamórfica de alto grado. La mayoría de los gneises se forma a partir del metamorfismo de la roca ígnea plutónica granito. Sin embargo, muchos se forman a partir del metamorfismo de alto grado de lutitas, es decir, representan la última roca de la secuencia pizarra-filita-esquisto-gneis.



Figura 123. Gneiss (Guía Interactiva de Minerales y Rocas U.P.M)



Figura 124. Plagioclase (o Feldespato calcosódico) - $(\text{Ca}, \text{Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$

(Guía Interactiva de Minerales y Rocas U.P.M)



Figura 125. Ortoclase (o Feldespato potásico) - KAlSi_3O_8 (Guía Interactiva de Minerales y Rocas U.P.M).

6.8 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Hasta aquí hemos realizado una breve descripción del origen de las rocas de construcción y ornamentación con el objeto de conocer a estas piedras de forma aislada, es decir, como las encontramos en la naturaleza independientemente del uso o el fin que vayan a tener; como hemos dicho con anterioridad, estas piedras pueden ser utilizadas en un edificio monumental, en una escultura, en una estatua o en una fachada. No todas se encuentran en Toluca.

Existen muchos minerales más y desde luego rocas, pero hemos de mencionar que no todas son de interés arquitectónico. Afortunadamente estos materiales se pueden clasificar sistemáticamente por el anión mayoritario y entonces tenemos:

- silicatos
- carbonatos
- aluminatos
- óxidos

Principales tipos de rocas empleadas en construcción y ornamentación

ígneas	metamórficas	sedimentarias
Granito	Mármol (c)	Caliza
Sienita	Pizarra	Arenisca
Diorita-gabro	Cuarcita	Dolomita (c)
Andesita	Serpentina	Travertino-Toba (c)
Basalto	Gneis	Limolita
Pórfido	Esquisto	Conglomerado

Figura 126 (c) Rocas carbonatadas las demás son silicatadas

La mayor parte de las rocas de construcción y ornamentación están formadas por tres minerales fundamentalmente como se muestra en el diagrama ternario $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, a lo largo de las diferentes composiciones porcentuales vamos a tener diferentes rocas, tal vez se presenten otros minerales más como serían los óxidos de hierro o los carbonatos de metales alcalinos y alcalino-térreos.

No todas las rocas se prestan para el trabajo de cantería y labrado en piedra, sin embargo su función principal está en formar argamasas y morteros cuando se les tritura, muele y pulveriza.

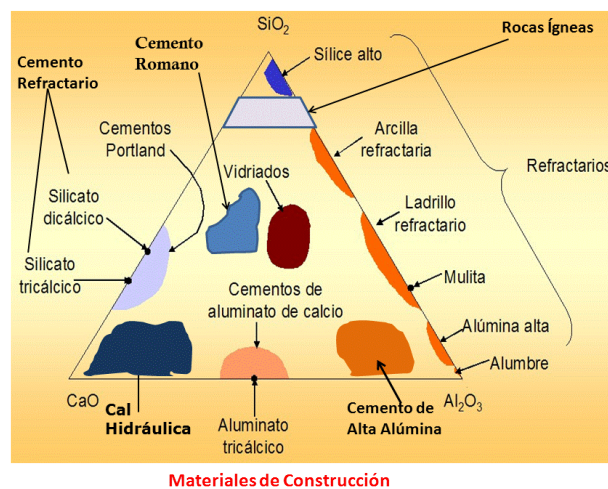


Figura 127 Diagrama ternario

6.9 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES PÉTREOS DE CONSTRUCCIÓN Y ORNAMENTACIÓN

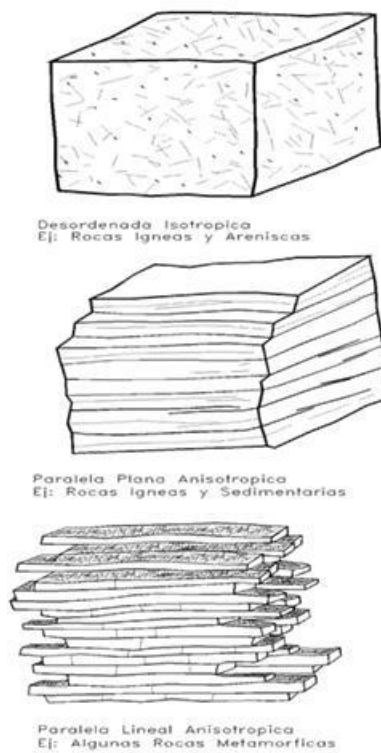
Es necesario mencionar algunas de las propiedades de los materiales pétreos de construcción y ornamentación ya que cada aplicación requiere de ciertas características propias del uso o empleo de los materiales. Como nosotros estamos estudiando las patologías que causan alteración superficial solo mencionaremos las relacionadas a ello; por otra parte, la ornamentación por ejemplo, solo requiere que la piedra tenga una muy buena apariencia estética, que sea labrable, duradera y resistente a la intemperización.

6.9.1 PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas de los materiales pétreos de construcción son sumamente dependientes de la anisotropía del sólido rocoso. Si la fábrica del material es isotrópica, entonces todas las piezas labradas se observarán iguales.

6.9.1.1 ISOTROPÍA Y ANISOTROPÍA

Estos conceptos se utilizan para calificar el comportamiento de los materiales respecto de las direcciones del espacio. Así, un material es isótropo respecto de una propiedad determinada cuando esa propiedad no varía al variar la dirección en la que se mida la propiedad. En este caso, se dice que la propiedad es escalar. Por el contrario, un material es anisótropo cuando la propiedad varía según la dirección considerada. En este caso, la propiedad es vectorial.



Fábrica

El concepto de fábrica se refiere al arreglo espacial de los granos o minerales en la roca intacta, o sea, la orientación de los minerales entre sí en tres dimensiones. El concepto de fábrica también incluye la porosidad y el contenido volumétrico de granos.



Efecto visual : misma piedra diferente fábrica

Blyth, F.G.H., Freitas, M.H. (1984)

Figura 128 Anisotropía de la Fábrica

Todos los minerales son cristales y siendo las rocas un conjunto no definido de minerales, éstas también van a tener las características de un cristal. Estos sólidos que presentan arreglos perfectos de átomos, son fuertemente dependientes de la direccionalidad de la sollicitación, ya sea ésta física u óptica. A este fenómeno se le denomina anisotropía y es el diferente resultado de la observación dependiendo de la dirección en la que se esté haciendo. La excepción que confirma esta regla es la existencia de los vidrios como la obsidiana que es una roca ígnea extrusiva.

Una de las formas de identificar a las rocas y a sus minerales formadores es empleando el microscópio petrográfico empleando luz polarizada; los minerales presentan pleocroísmo. Esto es, cuando se va cambiando el ángulo de incidencia de la luz polarizada, el grano de mineral se va iluminando con diferente intensidad de color. Macroscópicamente esto se observa en la Figura 128 de anisotropía de la fábrica. Al observar la Figura, 128 las columnas y las paredes del edificio parecen como si fueran colores de ajedrez. Siendo la

misma roca, éstas se comportan de manera diferente. El cantero no toma en cuenta esta consideración y entonces un bloque de piedra se corta en diferentes orientaciones y como resultado se presenta este efecto.

Las propiedades físicas de las rocas ornamentales son la base de su utilización, presentan notable interés como indicadores de calidad y contribuyen fuertemente a su apreciación estética.

La durabilidad se puede definir como la medida de su capacidad a resistir y mantener su tamaño original, forma, propiedades mecánicas y aspecto estético a lo largo del tiempo, desde que el material salió ya labrado desde la cantera, hasta su primera operación de mantenimiento (Bell, 1993).

En el mismo sentido, la vulnerabilidad es considerada como la sumatoria de todas las variables y atributos internos y externos que ponen en riesgo la durabilidad de la roca, como por ejemplo, un mal diseño de la baldosa, el friso o la cornisa.

Las propiedades físicas más importantes que van a definir su utilización como roca ornamental son el sistema poroso, el comportamiento hídrico y las propiedades mecánicas.

Sin duda alguna, el componente de la roca más influyente en sus propiedades físicas es el espacio vacío o poroso. Aunque la roca tenga una apariencia del alta compacidad, siempre habrá espacios intercristalinos por donde pueden difundir diferente tipos de fluidos. Por un lado, condiciona la movilidad del agua y agentes agresivos al interior de la roca y, por lo tanto, su durabilidad. Por otro lado, tiene una evidente incidencia sobre las propiedades mecánicas debido a que representa una carencia de la fase sólida de la roca y actúa como concentrador de tensiones (zonas de debilidad). Esto hace que las rocas ornamentales puedan ser clasificadas en función del sistema poroso.

Se pueden definir dos tipos de porosidad: poros y discontinuidades. Los primeros ocupan una notable fracción del volumen de la roca y están distribuidos homogéneamente en la roca (dentro de la heterogeneidad microestructural de las rocas).

Dentro de este tipo de porosidad se puede destacar la porosidad interpartícula, intrapartícula, intercristalina, etc. Éstas influyen sobre las propiedades físicas de las rocas principalmente por su volumen (porosidad) y distribución de tamaños. Por otro lado, las discontinuidades tienen una geometría regular y contribuyen poco a la porosidad de la roca, aunque pueden condicionar fuertemente su permeabilidad y resistencia mecánica. Dentro de este tipo de porosidad se puede destacar las fisuras y fracturas.

A partir de estas discontinuidades, se van a presentar diferentes fenómenos de química de superficies, como lo es la adsorción y el área de contacto, que de ello dependerá mucho la vulnerabilidad química.

6.10 ALGUNAS DE LAS PRINCIPALES PROPIEDADES FÍSICAS DE LA PIEDRA REQUERIDAS PARA FACHADAS

6.10.1 PROPIEDADES FÍSICAS

Color: Esta característica es de gran importancia a la hora de utilizar material pétreo en la construcción. Un mismo tipo de roca puede presentar variaciones de color según el lugar de su extracción. Además, el color del material pétreo se alterará con el tiempo como consecuencia de su exposición y acción de los agentes contaminantes y del agua de lluvia.

Densidad: Corresponde a la expresión de la masa por unidad de volumen y depende principalmente de la porosidad del material. Es un factor a tomar muy en cuenta, para que el conjunto de piedras tenga la resistencia necesaria, para que las piedras no comiencen a desprenderse.

Porosidad: Se trata de la cantidad de volumen ocupado por los huecos. Pueden determinarse dos tipos de porosidad: la abierta (volumen de poros comunicados entre sí y con el exterior, por unidad de volumen de roca) y la total (volumen de oquedades, por unidad de volumen de roca). Este parámetro es de suma importancia para nuestro estudio porque de ello dependerá la biocolonización, tanto de los líquenes epilíticos como de los

endolíticos. Los poros mayores expuestos también pueden ser el hábitat de otro tipo de flora y fauna.

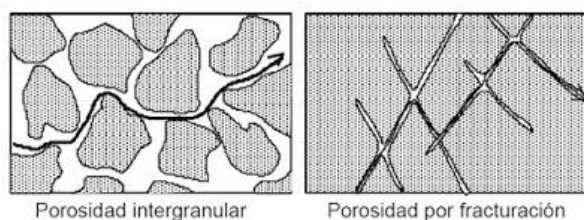


Figura 129.- Tipos de porosidad.

6.10.2 PROPIEDADES HÍDRICAS

Una de las mayores alteraciones que puede sufrir un material pétreo es la causada por el agua en sus diferentes presentaciones, ya sea agua atmosférica, meteórica, de condensación, de capilaridad, de ósmosis.

Absorción:

Es la capacidad de la roca para captar agua que se va a introducir en diferentes micro canales que forman los granos y fisuras en el material. La absorción también puede referirse a cualquier otro tipo de fluido.

Higroscopicidad:

Es la afinidad de la roca para absorber agua atmosférica, comúnmente conocida como humedad ambiental, la cual puede alcanzar un estado de equilibrio o de saturación en un ambiente húmedo.

Capilaridad:

Es la absorción de agua por efectos de las fuerzas de adhesión. Cuando el material poroso entra en contacto con el agua que contiene el terreno u otros fluidos, estos tenderán a ocupar la mayor área posible e inclusive podrán ascender y transportarse en competencia con lo que nos señala la acción de las fuerzas de gravedad, con una presión inversamente

proporcional a la dimensión de los capilares. La altura de la ascensión capilar que alcanzará será mayor cuanto menor sea la dimensión de los conductos entre poros.

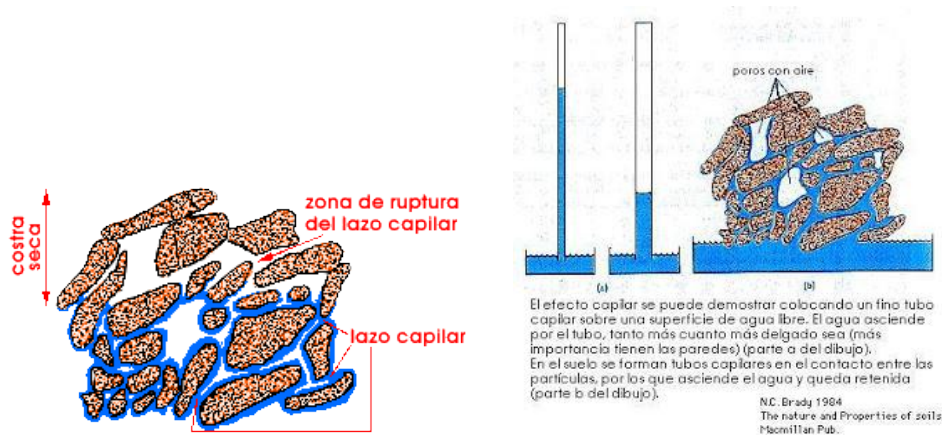


Figura 130 .- Capilaridad en la Roca

Difusividad:

Es la permeabilidad al vapor de agua y que tan fácilmente se distribuye el agua en todo el volumen de la piedra.

Expansión hídrica:

Se trata del incremento de volumen que se produce en algunos materiales cuando absorben agua. En los materiales pétreos este factor es casi imperceptible. Sin embargo cuando el agua se congela, la hielicidad, si tiene una influencia mayor a tal grado que la piedra se puede agrietar.

6.10.3 PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades mecánicas de las rocas son las mismas que se emplean en los proceso de conminución de materiales pétreos, es decir, la forma de reducir de tamaño de partícula.

Dureza: la resistencia que oponen las rocas a ser rayadas o penetradas por determinadas herramientas, para ser labradas, conformadas o pulidas.

Resistencia a la abrasión: la resistencia que ofrece una roca al desgaste producido por roce con un material abrasivo.

Resistencia al choque: la resistencia al impacto.

Resistencia a la compresión: la capacidad para soportar, sin romperse, esfuerzos de compresión.

Resistencia a la tracción: la capacidad para soportar, sin romperse, esfuerzos de tracción.

Resistencia a la flexión: la capacidad para trabajar a flexión, sin romperse.

6.10.4 PROPIEDADES TÉRMICAS

Calor específico: la cantidad de energía calorífica necesaria para que una determinada unidad de masa aumente una unidad de temperatura.

Conductividad térmica: la cantidad de energía calorífica que atraviesa una superficie en la unidad de tiempo.

Expansión térmica: el incremento de longitud que experimenta un material al aumentar un grado su temperatura.

6.10.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

Si bien las propiedades físicas son importantes para darle forma a la obra labrada, tener una buena durabilidad, la vulnerabilidad va a estar fuertemente influenciada por la inercia química, es decir, que tan fácil o difícilmente va a existir un desgaste de la pieza, lo que hemos denominado alteración superficial y esto se puede fundamentar en las reacciones de óxido reducción, neutralización ácido base y sustitución de cationes y aniones.

Todo lo anterior lo vamos a sistematizar bajo el nombre de corrosión química, que no corresponde a lo que estamos acostumbrados a observar como corrosión electroquímica.

Aunque siendo ortodoxos, en ambas se presenta un fenómeno de intercambio de electrones.

Esto se puede observar claramente cuando dos rocas están en contacto, ya sea físico o a través del proceso de adhesión por medio de los materiales cementantes, como argamasas y morteros. Si la piedra de construcción u ornamentación no es compatible químicamente con otra a la cual se le está uniendo o a la larga se van a separar.

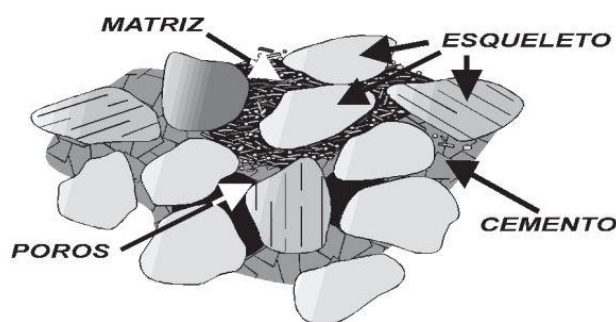


Figura 131.- Constituyentes de aglomerados pétreos

La celda electrolítica la podemos configurar de la siguiente forma:

- a).- el agua en los poros viene siendo el electrolito
- b).- el ánodo y el cátodo vienen siendo la matriz, el cemento y el esqueleto

Los productos de ésta corrosión vienen siendo los diferentes tipos de eflorescencias que en conjunto se denomina cáncer de la piedra.

Por otra parte la lixiviación de los minerales formadores de rocas o el empleo de materiales cementantes va a propiciar la formación de sales diferentes a las originales en la piedra, mismas que tendrán diferentes propiedades como los coeficientes de dilatación volumétrica ante los cambios de temperatura o los cambios volumétricos por estar en diferente sistema de cristalización lo cual promueve agrietamientos.

6.11 ALGUNAS APLICACIONES DE LOS MATERIALES PÉTREOS DE CONSTRUCCIÓN Y ORNAMENTACIÓN

Esculpir y tallar.- La eliminación de materia de un bloque de piedra, que es el material más común, hasta “encontrar” dentro la forma deseada representa la noción más profunda de la escultura como arte. Entre las rocas más utilizadas por el escultor figura el mármol. También se emplean otros materiales pétreos como el alabastro, la piedra caliza o el granito, u orgánicos, como el hueso o el marfil. En nuestro Estado se tienen excelentes labradores de piedra, por ejemplo, en Chimalhuacán, quienes trabajan fundamentalmente la roca basáltica, difícil de trabajar por las propias características de la piedra. Ancestralmente en el Valle de México ya se trabajaba la piedra tan solo con la fabricación de molcajetes y metates para la molienda del maíz.



Figura 132 Molcajete y Metate (roca basáltica)

También se realizaron obras como la Coyolxauhqui, que es un excelente trabajo de labrado



Figura 133 Coyolxauhqui (andesita rosa). Centro Histórico Ciudad de México

Para trabajar la piedra se recurre, por una parte, a instrumentos punzantes, con los que se incide en la materia directamente o a través de un martillo, tales como el puntero, que conduce al desbastado inicial del material; varias clases de cinceles, de filo recto o bien dentado, con dientes puntiagudos o rectos, para ir conformando las superficies; el taladro, para perforaciones profundas, o el trépano, para algunos agujeros.

Por otra parte, hasta alcanzar el acabado final se requiere la utilización de limas, escofinas y piedras para pulir, coma la piedra pómez, el esmeril y materiales abrasivos con los que frotar, con objeto de alcanzar la pátina deseada.



Figura 134 Cantera Rosa. (Arte en Piedra, Irapuato Guanajuato)



1

Figura 135 Catedral de Zacatecas (cantera rosa)



Figura. 136 Canteros de Chimalhuacán

Cantería.-En México se conoce como cantera el lugar específico de donde se obtienen tipos específicos de piedra característicos de diversas regiones del país.

Fachadas y Paredes de Piedra.-La piedra natural se ha presentado a través de todos los tiempos como una manera de diseñar la fachada de muchas de las edificaciones antiguas de la ciudad. En Toluca tenemos varios ejemplos de fachadas que emplean materiales pétreos como materiales ornamentales ya que se presentan sin ningún recubrimiento; en otras construcciones se emplea la piedra pero con algún recubrimiento como los aplanados o simplemente con pintura. El Centro Histórico de Toluca no tiene una amplia variedad de piedras de construcción y ornamentales e inclusive podríamos afirmar que un gran sector esta hecho a base de adobe en las paredes y piedra brasa en los cimientos.



Figura 137.- Casas de Toluca principios de Siglo XX

En la Figura 137 anterior se puede observar esta condición y a pesar de que son Figuras en blanco y negro, en los tonos de grises se puede distinguir las casas hechas con piedra y las que tienen recubrimientos. La Figura 137 de la izquierda corresponde a la Av. Villada, vista en su cruce con la hoy Av. Hidalgo. La otra es la Calle de La Concordia la cual ya no existe. La roca es el resultado de un complejo proceso natural, estas tardan millones de años en formarse y en su estado actual tardarán otro tiempo similar en destruirse tal como la entropía lo precisa; sin embargo a pesar de ser un largo período de tiempo de manera natural, éstas pueden destruirse más rápidamente por los efectos del clima, que actualmente está muy modificado, la contaminación ambiental y la destrucción antropogénica. Si se pudiese hacer la analogía, hemos dejado la destrucción crónica por estar en la destrucción aguda.



Figura 138 Contrastes en los materiales empleados en las fachadas de Casas en el Centro Histórico de Toluca. Av. Constituyentes Pte. y Calle Plutarco González

Existen rocas de diversas maneras, colores y texturas de acuerdo a los elementos que conforman su composición. No obstante, no todas sus clasificaciones están adaptadas para ser empleadas en el proceso de construcción, por lo que este material se encuentra en constante investigación y evaluación para la obtención de mejores resultados. La piedra natural también ha sido utilizada en toda la vida, como una manera de decoración interior, sin embargo se encuentra en una constante expansión gracias a la preciada utilización en el diseño de viviendas. Algunas de las principales propiedades de la roca

natural son la dureza, la sobriedad, resistencia y buen aislamiento térmico, todo esto dependerá del tipo de roca que se haya formado y de su formación geológica. Actualmente estas piedras pueden aparecer en el entorno, específicamente en el pavimento de las calles, zócalos, fuentes y revestimiento de fachadas. Una extensa durabilidad se puede asegurar con el empleo de muchas de las clasificaciones de la roca natural, gracias a las preciadas condiciones físicas y químicas que posee este, las cuales la hacen aptas para soportar cualquier tipo de clima.

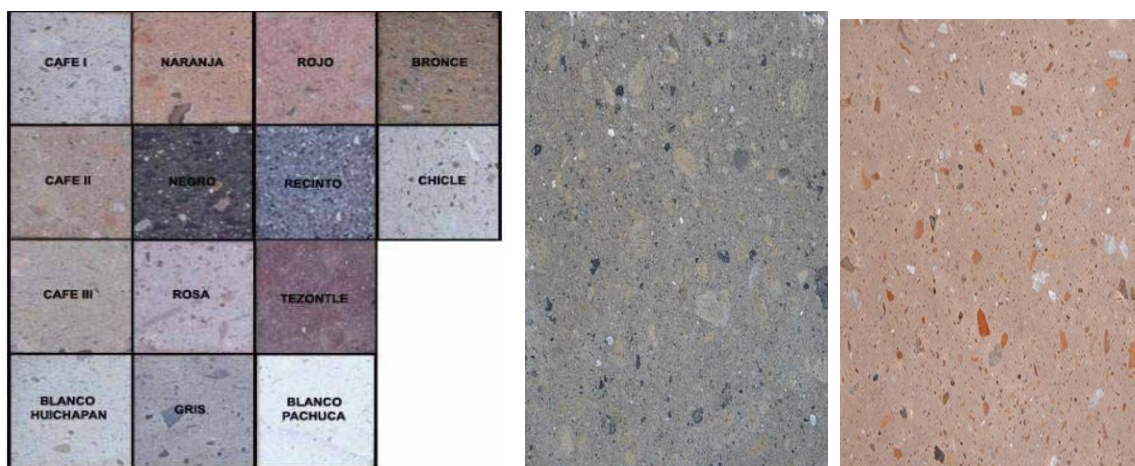


Figura. 139- Roca calcárea, diferentes coloraciones. Cantera Gris y Cantera Rosa

La construcción realizada con bloques de piedra, escuadrada (sillar) o sin escuadrar (mampostería). Las juntas quedan determinadas por la forma y medida desiguales de las piedras con que está levantada la pared y clasifica los acabados de piedra natural en partido lajado, flameado ,raspado, serrado, pulido , escafilado cortado , apomazado, apiconado y abujardado. Todas estas formas difieren en las marcas, la superficie, el relieve y sobre todo las ondulaciones. Todos los materiales tienen que cumplir ciertas especificaciones establecidas por la asociación, sin importar el área de aplicación, es decir en el interior o exterior de la casa.



Figura 140.- Diferentes tipos de piedra empleados en bardas en la Ciudad de Toluca

Hasta aquí hemos hecho una revisión somera de lo que son las rocas de construcción y ornamentación, para conocerlas tanto en su ambiente natural como ya como productos comercializables. En el Capítulo de Patologías se profundizará el estudio de las rocas pero como ya un comportamiento real.

CAPÍTULO VII PATOLOGÍAS



Figura 141 Av. Lerdo Oriente Centro Histórico de Toluca

La destrucción paulatina de nuestro Centro Histórico de la Ciudad de Toluca puede tener diferentes etiologías, patologías y su semiótica es evidente como se puede observar en la Figura 1. Esta es una construcción de principios del Siglo XX que aún se resiste a morir. La construcción es de piedra y adobe y el marco superior de la puerta es de madera. Las paredes de los inmuebles que se encuentran a los lados y por la parte de atrás son de adobe. No era una casa muy alta, obsérvese la pedacería de vidrio en la parte superior, como elemento de protección. También hay que resaltar el hecho de que para entrar a la casa, la puerta no está a nivel de piso, el nivel freático del agua no se puede predecir debido a la pintura existente, lo que sí queda como mudo testigo es el nivel de precipitación pluvial a lo largo del paso de los días durante mucho tiempo.

Las patologías no son otra cosa más que el recordatorio que estamos en un sistema sujeto a la entropía, que el adobe volverá a ser arcilla y que los tabiques que alguna vez fueron una casa de la Bella Toluca, de la Pequeña Francia, de la Toluca de Adobe es ahora simplemente una ruina de una época pasada y que hoy es solamente Toluca.

7.1 PROCESOS DE ALTERACIÓN PATOLÓGICOS

En éste Capítulo VI de las patologías vamos a exponer las existentes que hemos encontrado en diferentes partes de la Ciudad de Toluca y su Centro Histórico, además de otros lugares que nos van a servir de referencia y comparación para entender lo que sucede en la Ciudad de Toluca en donde estaremos presentando las evidencias de cada patología de manera objetiva.

Nuestra patología de estudio es la de origen liquenico, la cual no podemos estudiar de forma aislada ya que siempre viene asociada a otras patologías, fundamentalmente las hídricas que combinadas con otras patologías biológicas, químicas y las antropogénicas dan por resultado la biocolonización de líquenes.

Pueden encontrarse diferentes secuencias de asociación de patologías, sin embargo debemos considerar que los líquenes encuentran en los materiales pétreos a su hábitat natural, pueden estar en forma latente desde que se extraen en la cantera y salir a relucir cuando se encuentren las condiciones adecuadas para su crecimiento.

A continuación presentamos una tabla en la que se enuncian las patologías más comunes; debemos insistir en que las patologías no se dan de forma aislada. Por ejemplo los daños ocasionados por el agua puede ser la base para que comience la biocolonización de líquenes y otros vegetales o también puede ser fundamento para las patologías de origen químico.

PROCESO	ALTERACIÓN	PATOLOGÍA
INTEMPERIZACIÓN	FÍSICA	METEORISMO
		HELAICIDAD
		FATIGA TÉRMICA
		EROSIÓN EOLIANA
	QUÍMICA	SULFATACIÓN
		CLORITIZACIÓN
		NITRACIÓN
		CÁNCER DE LA PIEDRA
	BIOLÓGICA	LÍQUENES Y BRIOFITAS
		VEGETALES SUPERIORES
		PURINES DE AVES
		TERMITA DE LA PIEDRA
	ANTROPOGÉNICA	BANDALISMO
		SELECCIÓN DEL MATERIAL
		GRAFFITTI
		MANTENIMIENTO

Figura 142 Tabla.-Tipos de Intemperización

Para ir ilustrando el intemperismo y la presencia de diferentes tipos de alteraciones. Hemos seleccionado a la Catedral de Santiago de Compostela en España por ser un inmueble conocido y en donde se han ido presentando la mayoría de las patologías.

Posteriormente estaremos presentando ejemplos de patologías en edificios más cercanos a nuestro entorno.

En la Figura 143 que corresponde al portal principal de la Catedral de Santiago de Compostela podemos ejemplificar lo que se ha mencionado antes. La patología líquénica no es original, está asociada a otras patologías.

La gran cantidad de turistas que visita esta Catedral es un ejemplo de patología antropogénica, ya que en el afán del turista de tocar las rocas, comienza a transferir diferentes tipos de compuestos químicos que en forma genérica van manchando a las paredes, ya no se diga el desgaste de escalones.

El excesivo turismo propicia que las áreas cerradas, comience a acumular agua de condensación de todo lo que sudan los turistas y esto es causa del posible deterioro en interiores de la iglesia. En las paredes expuestas, puede haber grafiti o rayaduras y escoriaciones a las piedras.



Figura 143 Portal de la Catedral de Santiago de Compostela. (Eduardo Montes)

Podemos encontrar en la Figura anterior a los líquenes anaranjado- rojizos, los blancos los vegetales superiores, las fracturas en la piedra, las manchas ocultas de materia carbonácea. A la distancia no se puede ver lo que se encuentra ya viéndola de cerca.

En la Figura 144 podemos observar las manchas causadas por la humedad tanto ascendente como descendente y también se observa la casi desaparición de la argamasa en alguna parte de la pared. Pero además es necesario mencionar que aunque el sistema de iluminación está acorde con el edificio, éste no corresponde a la fecha de construcción del edificio y por lo tanto a este añadido lo vamos a mencionar como una patología antropogénica.

En este Capítulo vamos a poner ejemplos de estatuas y monumentos porque también forman parte de ese Patrimonio Cultural Arquitectónico que se encuentra en la Ciudad y posiblemente en su Centro Histórico y área de influencia.

Algo inevitablemente referencial es exponer las construcciones que están sujetas a un acelerado proceso de destrucción, como si la entropía fuese seleccionando determinados inmuebles para terminar su proceso.



Figura 144 Parte de la Catedral de Santiago de Compostela (Eduardo Montes).

Debemos establecer que las piedras están vivas, es decir, están cumpliendo un ciclo de vida correspondiente a un tiempo en escala geológica, en donde viven otros vegetales cuyo tiempo está en escala biológica, que a su vez es diferente a la escala de tiempo de los seres humanos. En este sentido y considerando lo que nos señala la entropía en cuanto al proceso de destrucción, concluimos que las rocas se están transformando en minerales y que tarde o temprano la roca desaparecerá como tal. Esto no significa que desaparezca el inmueble, significa, sino que irremediablemente observaremos la aparición de eflorescencias que denotan este proceso.

Esto no es del agrado de muchos de los habitantes de la Ciudad que ve y observan con recelo al investigador que está buscando evidencia fotográfica para después someterlas a un estudio sistemático. Este comportamiento xenofóbico es comprensible, no se trata del turista común que obtiene Figuras de panorama general, sino del fotógrafo con el ojo adiestrado para así buscar las patologías. Pero tampoco es justificable, porque lo que se trata de evidenciar es el olvido en el que se tiene a la Ciudad.



Figura 145 Recinto anexo a la Catedral de Santiago de Compostela (Eduardo Montes)

En esta Figura 145 Podemos observar del lado izquierdo las manchas que indican la existencia de humedad ascendente que va formando ondulaciones todo dependiendo de las características de los materiales, pero además en el piso podemos observar las eflorescencias que se van formando por la salida del agua, las sales minerales que se han formado y la reacción con el material subyacente.

Hemos encontrado que la Ciudad de Toluca, se caracteriza por el empleo mayoritario del adobe como material de construcción para inmuebles dedicados a casa habitación y después revestidos con aplanados calcáreos, fundamentalmente, ello se encuentra en la zona de menos recursos económicos, las otras casas recubren el adobe con piedra, fundamentalmente ígnea, ya sea basalto o andesita, ello para quienes tenían mayores recursos económicos; esto es aplicable a casas construidas en el Siglo XIX y la primera tercera parte del Siglo XX ya que a partir de esas fechas las casas se comenzaron a construir con piedra en los cimientos, al igual que antes, pero ahora se comenzó a emplear el tabique rojo, ya para la mitad del Siglo XX se empleaba el tabique ligero como material de construcción mayoritario y la relación piedra / vidrio en las fachadas también comenzó a cambiar, favoreciéndose los ventanales de aluminio.



Figura 146 Muro de adobe con aplanado a base de cal. Centro Histórico Toluca Méx.



Figura 147 Av. Texcoco y principios de Av. Gómez Pedraza

Para finales del Siglo XX y los primeros diez años del Siglo XXI se ha experimentado un retroceso en el uso de materiales para la construcción a base de piedra, cambiándose por los materiales pétreos, que llamaremos “sintéticos”, como el concreto y las combinaciones de polímeros, con acero y concreto. Ver Figura 147 y 148

Solo algunos Templos Religiosos Católicos han permanecido más o menos sin intervenciones exageradas, es decir, se mantienen en su exterior en la forma más original posible; aunque todos ellos tienen como constante que las paredes laterales son de piedra basáltica y solamente las fachadas son construidas con otros materiales, como la andesita, algo de cantera de diversos colores y basalto de diferentes colores e intensidades.

Las casas habitación más recientes que se pueden encontrar en el Centro Histórico ya se tienen otros materiales pétreos como pizarras, riolitas gabro y la roca calcárea que son exóticas para la región. Las canteras de roca volcánica más cercanas se encuentran en Acambay y Aculco o cerca de Valle de Bravo. En Toluca todavía quedan las reminiscencias de la Pedrera Municipal que se encuentra en las confluencias de Avenida de los Maestros y el Paseo Matlazinca.

A lo largo del Paseo Matlazinca se pueden encontrar las rocas ígneas intrusivas, tipo andesita que sirvieron durante muchos años como proveedores de este tipo de materiales de construcción y ornamentación. En los alrededores de la Ciudad de Toluca, hacia Calimaya, por ejemplo, se encuentran muchas minas de arena, que presentan diversos tamaños de aluviones, gravas y arena.



Figura 148. Casa en Av. Gómez Pedraza. Diferentes materiales de construcción.

Entonces comenzaremos con dar una revisión sistemática a las patologías, presentaremos ejemplos y finalmente estableceremos las observaciones a nuestros inmuebles seleccionados como Patrimonio Cultural Arquitectónico Inmueble de Interés Histórico y aquellos monumentos y estatuas que aún sin estar en el Centro Histórico, son representativas para la Ciudad.

Finalmente comentaremos que el término Patología, es entendible para los arquitectos, ya que en su curricula existe una unidad de aprendizaje que responde a este nombre, pero que se refiere a las patologías constructivas, que fundamentalmente son mecánicas es decir, se refiere a las estructuras de los inmuebles, a los cerramientos, a los cimientos. Las

patologías que describiremos son fundamentalmente alterantes de la superficie del material pétreo de construcción y ornamentación.

Existen diferentes términos como intemperización, meteorización, alteración (que se describen como significados en los anexos) se refieren a la modificación irreversible que se lleva a cabo superficialmente y que si penetra hacia adentro de las paredes, es debido a la permeabilidad de las piedras.

La intemperización es sinónimo de corrosión, es decir existe una pérdida y una ganancia de electrones en los materiales que están reaccionando, sí lo vemos desde un punto de vista estrictamente químico; pero muchos otros procesos corresponden a una química muy simple: el intercambio de iones calcio y iones magnesio por iones sodio y potasio; por otra parte es la sustitución de iones carbonato y iones óxido por iones sulfato y fosfato que al formar nuevos minerales, se altera el volumen del cristal que se forma y esto propicia la existencia de grietas.

La acción más destructiva la lleva a cabo el agua en sus diferentes presentaciones como agua meteórica, agua atmosférica, agua de condensación, agua de cristalización y agua de formación, además de sus propiedades fisicoquímicas como un fluido, como lo es la tensión superficial.

La alteración superficial que bajo condiciones normales no va más allá de algunas fracciones de milímetro, corresponden al área de la química de superficies, en donde interviene precisamente las características superficiales del material pétreo, como es la rugosidad, la porosidad, grietas y fisuras, higroscopicidad y mencionaremos a la capilaridad y a la ósmosis.

El mecanismo de ósmosis no ha sido considerado en su importancia, ya que este es un mecanismo de difusión horizontal. Pero que sin embargo es el responsable de la aparición de las eflorescencias en determinados lugares de la piedra. Esto se puede ilustrar con la formación de cavidades, por ejemplo en los tabiques de arcilla cocidos o tabiques rojos.



Figura 149 Disolución de los tabiques rojos. Cavidades que se van formando.

Como hemos citado anteriormente, presentamos un ejemplo de agua descendente, lluvia principalmente, que se va acumulando en aquellas partes donde se puede quedar retenida y lo que aparece primero son los líquenes.

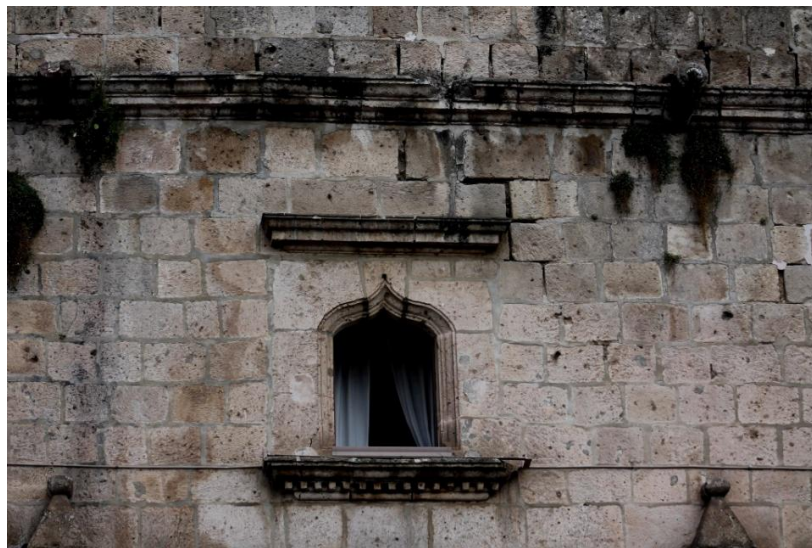


Figura 150 Cantera rosa, centro histórico de Morelia (Eduardo Montes)

Obsérvese en la Figura 150 y 151 los perfiles del frente de humedad que van transportando la mayor cantidad de minerales constituyentes de la piedra, por medio de

la difusión y posteriormente la ósmosis, mecanismo de transporte cuyo fin es homogenizar composiciones químicas.



Figura 151 Cantera rosa, Centro Histórico de Morelia. Humedad descendente debida a los escurrimientos de agua. (Eduardo Montes)



Figura 152 Cantera Rosa. Centro Histórico Morelia. Crecimiento de líquenes y vegetales superiores. (Eduardo Montes)

El agua es el principal enemigo de las piedras de construcción y ornamentación, ya que es el origen de los procesos físicos, químicos y biológicos de intemperización. El agua puede presentarse en sus tres estados normales de agregación e interactuar con la piedra.

7.2 EL SÍNDROME DE LAS VENTANAS ROTAS

Los daños irreparables que sufren los edificios en sus materiales pétreos de construcción y ornamentación, los notamos cuando ya es irreversible el proceso, pero para llegar hasta este punto tuvo que pasar un largo período de tiempo en donde pudimos observar el inicio, el desarrollo y la terminación de todos los signos y síntomas que evidenciaban a la patología y que pudo haberse prevenido y que sin embargo no se tomó decisión alguna.

El peor enemigo que tiene el Patrimonio Artístico Cultural Arquitectónico Inmueble de Interés Histórico y Social, al igual que el Patrimonio Industrial, es el olvido. Cuando un inmueble o una obra monumental cae en el olvido en ese momento ya esta condenada a su destrucción. Lo que solamente se puede afirmar es que la entropía esta manifestándose de manera efectiva.

El Síndrome de las Ventanas Rotas es un término inicialmente acuñado en la Ciudad de Nueva York y después trasplantado hacia la Ciudad de México y cuyo significado se refiere a la ceguera funcional de habitantes y autoridades de no ver que una ventana se rompió un día y posteriormente siguió otra y así sucesivamente hasta que todas las ventanas estuvieran rotas, que nadie lo viera y que esto formara parte del paisaje urbano, dando una apariencia de suciedad y descuido, redundando esto en una significativa baja de la calidad de vida de los habitantes y el desarrollo de costumbres negativas como el vandalismo y el gafiteo de cuanta pared estuviese disponible.



Figura 153 Iglesia de San Bernardino de Siena. Av. Morelos Pte. Toluca

Es aquí donde participamos e insistimos en señalar que no es lo mismo una casa vieja que una casa envejecida, la primera es un proceso crónico que se va desarrollando lenta pero paulatinamente dentro de un proceso natural y otra cosa es el segundo caso en donde el proceso es agudo, intencional y en un tiempo muy corto. Los líquenes son una señal de que algo esta sucediendo, no son el daño terminal.



Figura 154 Av. Constituyentes Pte. Col. Morelos Toluca Méx.



Figura 155 casa envejecida Col. Universidad

Siendo evidente este síndrome de las ventanas rotas, en la Ciudad de Toluca se padece de él, de tal forma que Toluca la Bella, Toluca La Pequeña Francia no existen más. Ahora tal vez reciba otro adjetivo calificativo, pero la belleza arquitectónica y estética que alguna vez tuvo, solamente quedan vestigios.



Figura 156 Calle Horacio Zuñiga Col Ciprés Toluca Méx.

En la actualidad hacemos una simulación de la defensa arquitectónica de la Ciudad; muchos de sus habitantes originales en una tercera generación han optado por vender los inmuebles que los vieron nacer a terceras personas que en el mejor de los casos son vecinos de la ciudad y en el peor son gente foránea que adquirió los inmuebles pensando en los predios y el posible desarrollo inmobiliario que no tiene ningún arraigo en el Centro Histórico; esto propicia la lenta pero paulatina destrucción y desaparición de inmuebles, que puede suceder a lo largo del tiempo o de que en tan solo una noche quede despejado el terreno listo para establecer una franquicia de venta de productos simples, un hotel o simplemente un estacionamiento esperando un cambio de política en la administración municipal, ya que es bien sabida la inactividad del INAH y la inexistencia fáctica del INBA.

7.3 SEMIÓTICA DE LA ENTROPÍA

Para describir las lesiones y daños que sufren los edificios y obras monumentales se ha hecho una analogía con la semiótica y la semiología de una enfermedad como se hace en la ciencia médica, utilizando de manera colateral y complementaria a la terminología con que la química del arte y la restauración lo haría. El proceso de pérdida de masa de un objeto puede ser solamente por un proceso físico, mecánico y químico de manera puntual; la descripción desde el punto de vista de arquitectura implica antecedentes. Entonces el proceso que hemos optado en seguir implica:

- a. etiología
- b. patología
- c. diagnóstico
- d. tratamiento

La etiología nos indica el origen de la lesión o daño, la patología el conjunto de signos, síntomas, equilibrio homeostático, degeneraciones y cicatrices de la enfermedad, el

diagnóstico es el conjunto de conjuntos de todo lo anterior que es el mecanismo dominante y el tratamiento es la forma de mitigación.

Nuestro trabajo de tesis esta enfocado a la acción alterante de líquenes sobre materiales pétreos de edificios y obras monumentales del Centro Histórico de la Ciudad de Toluca. Sin embargo ha sido necesario involucrar a otras patologías correspondientes a la misma etiología, la destrucción del material pétreo empleado en construcción y ornamentación, ya que una enfermedad es en realidad la pérdida del equilibrio homeostático y esto en otro sentido es tratar a la enfermedad como un sistema complejo.



Figura 157 Calle Galeana Centro Histórico Toluca Méx.

La semiótica de la entropía requiere presentar eventos similares antecedentes que sirvan como referencia; sí estuviéramos en el ámbito legislativo judicial estuviéramos haciendo referencia a las diferentes jurisprudencias emitidas en juicios ya realizados. En el ámbito médico se habla de síndromes que son comportamientos similares ya probados previamente y es aquí donde se presenta una ligera falla, ¿Qué sucede sí no se ha tenido una experiencia previa?



Figura 158 Av. Villada. Centro Histórico Toluca Edo. Méx.

La semiótica de la entropía se fundamenta primariamente en el conocimiento empírico, en la observación, en la incertidumbre experimental y en la relatividad temporal; todo ello posteriormente se convertirá en la arqueometría forense fundamentada en hechos comprobados, en experimentación, en modelización y en simulación.

Por semiótica de la entropía estamos significando todos aquéllos síntomas y signos ostensiblemente visibles y sensibles que se han convertido en manifestaciones invisibles de la destrucción natural a la que todos los sistemas organizados están condenados.



Figura 159 Av. Hidalgo Ote. Toluca Méx.

7.4 ENTROPÍA ESTRUCTURAL

Desde el momento mismo que seleccionamos un yacimiento de minerales no metálicos denominado como cantera de la cual vamos a obtener una piedra que será empleada para construcción y ornamentación, estamos predestinando la destrucción de la piedra cuando ésta se destina a formar parte de un edificio o un monumento.



Figura 160 Av. Hidalgo Ote. Toluca Méx.

Se obtiene la piedra de una cantera, sin considerar el tipo de sólido que estamos procesando, ya que en realidad lo que al final nos interesa es su atractivo estético. Una de las características de las rocas es su cristalinidad lo que implica la anisotropía de las propiedades intensivas. A partir de este punto toman sentido los términos durabilidad y vulnerabilidad.



Figura 161 Av. Hidalgo Ote. Toluca Méx.

Otra idea mal concebida al respecto de las piedras, es que se considera que por su alto grado de compacidad, no van a tener defectos estructurales internos, ya sean puntuales, lineales o superficiales, es decir, inclusiones exóticas, porosidad intersticial y fisuras inter cristalinas. Todos estos defectos naturales en el material sólido, se revelarán posteriormente cuando la piedra haya sido colocada en su lugar y sufra los efectos del intemperismo y que será visibles a ojo desnudo. Por otra parte su desarrollo y crecimiento, modificará la vida útil del sólido ya conformado.



Figura 162 Av. Hidalgo Ote. Toluca Méx.

Cuando el maestro constructor dirigió a canteros y albañiles para construir las grandes catedrales, solamente consideró las patologías estructurales, es decir, aquéllas que son capaces de destruir a la obra por macro esfuerzos mecánicos, por cargas mal calculadas o por



Figura 163 Av. Hidalgo Ote. Toluca Méx.

movimientos sísmicos; los conocimientos tecnológicos no alcanzaban a comprender el otro gran grupo de patologías, las que son capaces de disminuir su resistencia con algo tan simple y tan inocuo como por ejemplo el agua.

La entropía estructural se refiere precisamente a la destrucción del material sólido causada por su constitución misma, es decir, una roca tenderá a ser nuevamente un mineral separado de los otros con los que estaba conformando a la roca y por lo tanto la roca dejará de existir como tal para dar por resultado minerales aislados con propiedades intensivas y extensivas diferentes, como lo es el cambio de volumen, la acidez y basicidad, la capacidad puzolánica. Esto en conjunto es lo que en la práctica se llama como el cáncer de la piedra.

Esa entropía estructural se ve afectada por la presencia de un compuesto químico muy simple y abundante en el planeta y nos referimos a el agua, que en sus diferentes formas de presentación en la naturaleza es capaz de causar daños sumamente destructivos, ya sean físicos como la helicidad o químicos como la facilitación del intercambio de iones calcio y magnesio por iones sodio y potasio todo ello originado por el agua meteórica que mantiene en solución a iones sulfato. Esto descrito simplemente es equivalente a la destrucción de una roca calcárea, por ejemplo.

7.5 TIPOS DE MUROS Y PAREDES



Figura 164 La Huerta de la Eustaquia. Argentina. Granito, formando un muro simple que esta poblado de líquenes epilíticos. (Facebook)

En la Figura 164 se muestra un muro rústico de una propiedad ya en desuso en donde las piedras simplemente se van colocando unas sobre otras, donde la acción de la gravedad las mantiene unidas y en equilibrio, lo que ayuda al dintel en donde está la puerta. La piedra ya esta biocolonizada de líquenes epilíticos, briofitas y vegetales superiores. Se muestra simplemente como un tipo de muro en donde no existe una argamasa cementante y por lo tanto solo existe puntos de contacto físico entre piedra y piedra.

Los líquenes aquí observados en la Figura se encuentran biocolonizando el muro en su totalidad; sí los líquenes solo pueden vivir en donde existe humedad, el agua tuvo que desplazarse de alguna forma. En este muro antiguo, las piedras que lo forman ya tienen una humedad intrínseca, es decir, tienen mucha agua adsorbida en su interior que viene siendo regulada por los líquenes existentes en la superficie de la piedra. Esto se da en la naturaleza, pero en los muros y paredes fabricadas por el ser humano cambian las condiciones, ya que las piedras que forman el conglomerado están unidas por argamasa cementante. El contacto piedra- piedra es más íntimo y el agua va a poder moverse en

diferentes direcciones, a diferentes velocidades. Esto va a depender directamente del arreglo de las piedras, por ello se ha considerado conveniente revisar algo al respecto.

En el Centro Histórico de Toluca, no se encontró una gran complejidad y combinación de muros, simplemente, son de adobe o son de piedra; en ambos casos la regularidad y dimensiones de los tabiques y piedras es variable. Regularmente las paredes de adobe van recubiertas de un aplanado de mortero calcáreo y luego pintadas, los muros de piedra pueden estar desnudos o recubiertos, obedeciendo más a la economía de la construcción que a otros factores estéticos.

Actualmente la mayoría de muros son de tabique rojo cocido o de tabique de hormigón ligero, recubierto de diferentes materiales, aún piedras que en este caso sí buscan un factor de atractivo estético que de durabilidad, aún a pesar del alto costo que requiere traer estos materiales pétreos de otros lugares, ya que en Toluca, como se ha mencionado con anterioridad solamente existen materiales de origen volcánico.

Por lo tanto es de suma importancia conocer algo sobre la construcción de muros y paredes ya que de ello dependerá el entendimiento del mecanismo que dio origen a la patología y la manifestación direccional de la misma. Debemos subrayar entonces que la dinámica de flúidos que vamos a observar en las paredes y muros es algo diferente al comportamiento aislado de una piedra que en su superficie tiene líquenes y otras biopelículas en su superficie.

El arreglo de los materiales mampuestos, la argamasa y los materiales anexos son los que van a conformar un muro o una pared. Desde el punto de vista de la ciencia de materiales este arreglo es un composite o material compuesto y es el que se refiere a la conjunción de las mejores propiedades aisladas de diferentes materiales para conformar otro con propiedades únicas.

Arquitecturalmente estaremos hablando de las características puzolánicas e higroscópicas de la argamasa, fisicoquímicamente se refiere al equilibrio entre las fuerzas de adhesión y cohesión propiciadas por el agua y los materiales sólidos.

7.5.1 TIPOS DE MAMPOSTERÍA

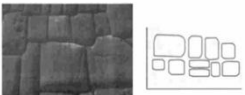
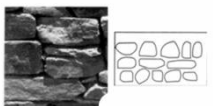
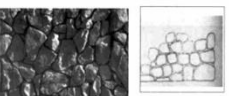
Tipo de Mampostería	Descripción	Apariencia
cariada	Aparejo de mampostería donde se igualan las caras de forma más o menos regular	
concertada	Aparejo de mampostería en el cual los mampuestos se desbastan a fin de que coincidan unos con otros en las cavidades resultantes	
ordinaria	Aparejo de mampostería irregular donde se instalan las piezas de cualquier forma, sin tener en cuenta: alturas e hiladas, en el que se usan cuñas de ripio.	

Figura 165 Tipos de muro por su construcción. (Arqhys)



A



B



C

Figura 166 Tipo de Muro A. Rústico B. Sedimentario C. Celular Toluca Méx.

Los muros que aquí se presentan tienen más o menos formas regulares y se hicieron de manera ordenada, es decir, no es necesario poner ningún acabado final, ya sea un aplanado o simplemente pintado.

Existen muros ripiados como se presenta a continuación en donde podemos suponer dos alternativas: a).- el muro se hizo con cierta prisa y simplemente se empleó lo que se tenía más rápidamente a la mano, b). el muro se diseño para aplicarle un acabado posterior. Lo importante de este muro ripiado, cuando ha quedado expuesto es la biocolonización de diferentes especies vegetales y animales.



Figura 167 Muro ordenado



Figura 168 Muro ripiado



Figura 169 Muros chapeados

7.5.2 MUROS DE ADOBE

En las regiones donde escaseaban la piedra y la madera se usó la tierra como material de construcción. Aparecen así el tapial y el adobe: el primero consiste en un muro de tierra o barro apisonado (ver cartilla de tapia y bahareque) y el segundo es un bloque constructivo hecho de barro y paja, y secado al sol.



Figura 170 Muro de Adobe. Centro Histórico de Toluca. Av. Constituyentes Pte.

En general a los mampuestos crudos se les llama adobes o ladrillos crudos, a esta primera variedad se suman otras más o menos elaboradas que permiten la preparación de bloques que luego serán empleados en mampostería. El ladrillo de adobe, elaborado durante milenios, es uno de los primeros materiales de construcción utilizados por el hombre. Los

primeros ladrillos de tierra, que se ensayaron, fueron probablemente amasijos de arcilla, burdamente hechos, secados al aire y endurecidos por la acción del sol.

La forma inicial de elaboración de bloques consiste en armar un molde que se rellena con barro, se desmolda y se deja secar; su uso dependerá de la calidad de la mezcla, las condiciones climáticas, el dimensionamiento de la pieza y el mayor o menor tiempo de secado. La arquitectura en adobe tenía ciertas restricciones, lo que caracterizó la construcción en cada época. La utilización de este material era condicionada desde la elección del lugar de la construcción de la edificación hasta la ejecución de la misma.

Es importante en este tipo de material hacer acabados revocados y enlucidos, también es conveniente encalar; el hecho de tener piezas y juntas con diferencias de compactación y con paramento irregular, provoca el estacionamiento del agua aun por condensación, lo que origina la disgregación del material.

Así mismo la porosidad permite el ataque de insectos que arman galerías internas similares a las de las polillas en la madera y que en poco tiempo causan estragos. El viento es menos tolerado cuando no existe revoque.

7.5.3 MUROS DE PIEDRA

Algunas de las piedras de construcción son el basalto, el pedernal, el granito, la caliza, el mármol, el pórfido, la arenisca, la pizarra y la laja. Últimamente la mayoría de las piedras empleadas son las graníticas, el mármol y el tabique rojo sintético



Figura 171 Tezontle Rojo y Negro. Palacio de Gobierno del Estado de México

7.5.4 PIEDRA BOLA

Se localiza con gran facilidad en las canteras, conformadas con piedras areniscas compuestas de partículas finas o gruesas, también en los ríos y al combinarse con un cementante natural que puede estar coloreado se emplean en la elaboración de mampuestos. Las piedras empleadas para la construcción de los muros deben quedar firmes aún sin el mortero, aprovechando la fuerza de gravedad y la fricción, descansando sobre superficies ligeramente inclinadas hacia el centro del muro.

7.5.5 COMBINACIÓN DE MATERIALES

En la fabricación de muros y paredes puede haber combinación de materiales como se muestra en la siguiente Figura, que son imágenes de La Tabacalera, que se encuentra cerca de la terminal de ferrocarril en Toluca Mèx., fábrica que tuvo una amplia relación con el desarrollo de la ciudad a mediados del Siglo XX; en la secuencia de Figuras se observa como en la Figura los cimientos es un muro ripiado de piedra volcánica. En la siguiente Figura se puede observar unas hileras de piedras de formas regulares aglomeradas por medio de un mortero y lo siguiente del muro hasta la última Figura se observa tabique rojo, donde inclusive existe alteración del material por acumulación de agua de lluvia.

Estas intervenciones arquitectónicas se hicieron a lo largo del Siglo XX, aunque no se observaba debido al aplanado con que contaba con la fachada. Se encuentra algún contorno que señala humedad que hubo porque lo que está visible son las eflorescencias con polvos blanco comúnmente llamado salitre.

Además es visible el abandono del inmueble por la existencia de múltiples grafiteadas en las paredes



Figura 172 Muro de la barda perimetral de La Tabacalera parte baja



Figura 173 Muro de la barda perimetral de La Tabacalera parte media



Figura 174 Muro de la barda perimetral de La Tabacalera parte alta

7.6 CARACTERÍSTICAS DE LA PATOLOGÍAS

Ya hemos establecido lo que es una patología, su etiología sus manifestaciones, ahora brevemente vamos a describir lo que se observa en una alteración superficial como para considerarla patología. Observemos lo siguiente:



Figura 175 Patologías Biológicas

En la Figura anterior estamos ejemplificando a la patología biológica liquénica y la patología biológica de vegetales superiores.

Esta es una barda que rodea a la Escuela del Deporte en Toluca Méx.; aquí podemos observar líquenes negros en el borde de la barda y la banqueta, un poco más arriba los líquenes amarillos, que solamente llegan hasta la cuarta hilada de tabique rojo que esta pintado con pintura vinílica blanca, toda la modificación llega hasta una cierta altura, la cual está determinada por la humedad ascendente. También observamos a dos plantas comunes de calle que denominamos “vegetales superiores”.

Si no hubiese agua de humedad, capilar ascendente los líquenes no hubiesen subido, el contacto con agua de encharcamiento, que no se ve en la Figura pero que está en la junta de la barda y la banqueta y que ha quedado una hoquedad lineal ahí se almacena agua, lo suficiente para que se desarrollaran las platitas.

Entonces observamos que asociada al agua de humedad encontramos el desarrollo de líquenes y de vegetales superiores; sí esto se repite en otros lugares consideramos que estamos en presencia de un grupo de patologías, en este caso la humedad y la biológica.

Observemos ahora esta otra Figura:



Figura 176 Agua Meteórica descendente A. Jesús Carranza Toluca Méx.

Esta barda se encuentra en Av. Jesús Carranza, enfrente de los Campos Deportivos de la UAEMEX. Es de roca basáltica con cemento como material ligante. Se observa una trayectoria del fluido de manera descendente; además tiene el color rojo óxido de la estructura que se encuentra en la parte superior de la barda, pigmentando a la piedra.

Esta patología es agua meteórica descendente, que ha reaccionado con la estructura ferrosa y que está arrastrando hacia abajo los óxidos. Esto recibe el nombre de lixiviación y entonces ya estamos en presencia de una patología química. Esta última condición puede propiciar la disolución del material ligante en el caso de que sea ácido, es decir vamos a tener una reacción ácido –base ya que el óxido metálico es básico. No debemos de perder de vista que las patologías que estamos estudiando son crónicas, es decir, están ahí y se están desarrollando lentamente. Ahora observemos con detenimiento esta otra Figura:177



Figura 177 Obstrucción de agua Calle Aldama Toluca Méx.

Esta casa de la Calle de Aldama en el Centro Histórico de Toluca posiblemente de principios del Siglo XX. Si bien la fachada tiene muy buen mantenimiento encontramos que en la parte superior siguiendo una línea horizontal, la pintura se esta desprendiendo, siguiendo un patrón específico. Esto es debido a un acumulamiento de agua, posiblemente en la azotea, que no tenga la posibilidad de salir hacia algún lugar por un drenaje pluvial obstruido. Es importante remarcar que en este tipo de construcción no se

va a observar ostensiblemente la humedad capilar ascendente ya que se tiene una suficiente ventilación en el basamento de la casa.

Existen otras alteraciones cuya patología es similar pero de diferente etiología, es decir, la apariencia es la misma pero el origen puede ser muy variado. En la siguiente Figura vamos a observar desprendimiento de material, pero este puede ser un daño antropogénico, puede ser una patología física o una patología biológica de origen liquenico (líquenes endolíticos); entonces la vamos a mencionar como pérdida de material de origen múltiple.



Figura 178 Pérdida de material Edificio BBVA Bancomer Los Portales Toluca Méx.

Esta es una parte de la fachada de un banco en el Centro Histórico, que ha sido intervenida de manera que sigue lo establecido en la Carta del Restauro.

Observando la Figura 178 se detectan tres materiales diferentes, un mortero aplanado pintado de color naranja, ahí insertado se encuentra un friso de color gris claro de una piedra suave y con muchas cavidades superficiales y la columna principal que solo presentamos parte del basamento, es roca andesítica labrada en donde se observa la pérdida de material en forma de “v”, en dos lugares, además los bordes ya muy redondeados por el desgaste natural. También se puede observar en el ángulo inferior izquierdo de la Figura que esta parte de la columna estuvo oculta con un aplanado de algún material blanquecino que al desprenderlo dañó el perfil original de la talla.



Figura 179 Deplacamiento Edificio BBVA Bancomer Los Portales Toluca Méx.

Esta Figura 179 muestra la base de la columna, en donde se observan dos materiales, la porción labrada y la base de piedra andesítica de color gris – café claro. Ahí observamos el deplacamiento del material, posiblemente del agua capilar ascendente freática, aunque el nivel es muy bajo.

Después de lo citado y ejemplificado anteriormente podemos concluir algunas ideas sobre la semiótica de las patologías:

1. Las patologías se van a presentar mezcladas y en ocasiones combinadas.
2. Pueden existir patologías similares provenientes de etiologías disímiles
3. En la mayoría de las patologías, aún sean similares en su semiótica, provienen de etiologías diferentes.

Por otra parte, para buscar patologías es necesario identificar patrones, comportamientos y buscar siempre lo que no es aparentemente visible.

7.7 AGUA LA ETIOLOGÍA PRINCIPAL

En el Centro Histórico de la Ciudad de Toluca, todavía existen casas como se construyeron a principios del Siglo XX en la zona de confluencia de las avenidas y calles de Humboldt, González Arratia, Lerdo Oriente. Muchas de ellas están en proceso de destrucción y no se pudieron obtener fotos de interiores, solo observar.

La presencia de agua es, en muchos casos, el origen primario de la alteración y posterior degradación de muchos materiales de construcción. Puede degradar a elementos de madera, de acero, de hormigón armado y otros. En la construcción de casas antiguas encontramos la presencia de manchas de humedad en los techos falsos, y que por tanto en una zona cercana a las viguetas, que ya hemos visto que son elementos vulnerables a la presencia de humedad.



Figura 180 Humedad en techos falsos (ITE)

El origen del agua en una construcción es prácticamente siempre uno de los cuatro que siguen:

Agua de precipitaciones, sea a través de la cubierta (que normalmente se manifiesta en forma de gotera) o sea a través de la fachada. En cuanto a las fachadas, vale la pena mencionar que una grieta imperceptible a simple vista o un revestimiento demasiado poroso puede representar una entrada de agua. El caso de los balcones también es muy frecuente. Hay muchos que no tienen una impermeabilización propiamente dicha, y muchos otros no tienen un vierteaguas perimetral ni un goterón inferior suficientemente efectivos, y por tanto es uno de los elementos que más sufren los efectos de la presencia de agua de precipitaciones , tanto desde su cara superior como inferior.

Agua proveniente de una fuga, sea en la red de abastecimiento de agua potable, o sea de la red de drenaje. La más habitual es la que se origina en los puntos de enlace entre elementos sanitarios (regaderas, inodoros, etc). Hay que tener en cuenta que las aguas residuales son normalmente bastante más perjudiciales para los materiales de construcción que el agua de



Figura 181 Goteras por mala impermeabilizado Edificio Universitario

lluvia, ya que llevan multitud de sustancias (detergentes, grasas, ácidos, nitratos, etc) que tienen una agresividad química superior a la del agua limpia.



Figura 182 Fugas en drenajes <http://itegroup.es/es/>

Agua proveniente del terreno (humedades ascendentes). Afectan principalmente a las plantas bajas, y conllevan manchas de sales en los muros, humedad constante, malos olores y facilidad de proliferación de musgos, líquenes, hongos y otros microorganismos, con el empeoramiento de las condiciones de salubridad que ello conlleva.

Agua condensada del mismo ambiente interior, también llamadas humedades de condensación. Hay que asegurar una ventilación suficiente de los espacios interiores.

Hemos realizado una descripción general del intemperismo y de las patologías que se desarrollan en muros y paredes, así como monumentos, pero hasta el momento no hemos descrito una de las etiologías principales que intervienen en la alteración superficial de los materiales pétreos empleados en construcción y ornamentación. Nos estamos refiriendo al agua. Este compuesto químico se presenta en la naturaleza como a continuación se indica:

AGUA	METEÓRICA	nieve - hielo	
		granizo	
		lluvia	
		neblina	
	HUMEDAD	Capilaridad	ascendente
			descendente
			difusión osmótica
	ESTRUCTURA MOLECULAR	adhesión -cohesión	
		cristalización	
		formación	

Figura 183 Tabla Presentación del agua en la naturaleza

Si bien hemos establecido una división de la forma de presentarse el agua en la naturaleza, debemos decir que no actúa cada división de manera aislada, todas están interrelacionadas ya que los aspectos fisicoquímicos del agua interactúan sobre las características superficiales de las rocas, transformadas en piedra de construcción u ornamentación. Dice el dicho popular que “el agua siempre busca su nivel”, el agua libre, la que puede desplazarse libremente sobre una superficie siempre va a buscar moverse a favor de la fuerza de gravedad, aún existiendo diferentes barreras que se lo pudiesen impedir y de ser el caso se quedará acumulada en la superficie hasta que se vaporice o sea adsorbida por el material pétreo en donde el término popular es que “la pared se humedezca”. Ahora vamos a establecer una forma adicional de presentarse del agua que está en contacto no atmosférico con nuestro inmueble y nos vamos a referir a lo siguiente:

AGUA	Arquitectónica	acumulación
		obstrucción
		rotura de tuberías
	Superficial	encharcamientos
	Sub superficial	freática
		drenajes
		embalses

Figura 184 Tabla Distribución de agua en el inmueble

Como lo hemos hecho en capítulos anteriores, primero vamos a establecer puntos que nos sirvan de comparación para posteriormente buscar si encontramos algo equiparable con nuestro Centro Histórico. La Ciudad de Morelia y su Centro Histórico fueron declarados Patrimonio de la Humanidad, sin embargo la Ciudad y su Centro Histórico han caído en el olvido de quienes tienen la responsabilidad de establecer la normatividad para su preservación y como ya hemos citado una frase de Gabriel Alomar “El peor enemigo es el olvido, cuando algún inmueble se olvida se le esta condenando hacia su destrucción” A continuación vamos a observar diferentes patologías, la mayoría de ellas relacionadas con el agua. En los materiales de construcción encontramos de manera abundante la cantera rosa y la piedra volcánica

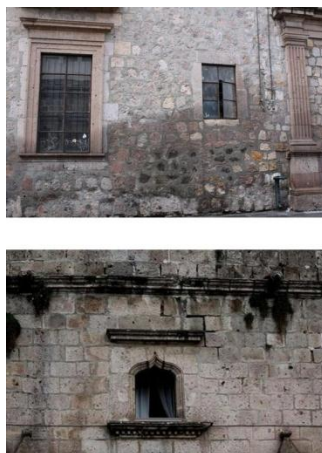


Figura 185 Patrón de Humedad ascendente y descendente Centro Histórico de Morelia

En la mayoría de las Figuras que vamos a ir mostrando como la anterior, encontraremos un patrón de humedad ascendente que va de los 1.20m a los 3.0 m. Esto nos indica el alta probabilidad de que en el subsuelo exista agua.



Figura 186 Convento de San Francisco Centro Histórico de Morelia (Eduardo Montes)

Esta Figura es particularmente interesante de observar ya que observamos el patrón de humedad ascendente se presenta aún por debajo del nivel normal de la calle. Este patrón de humedad ascendente nos esta indicando el grado de porosidad de la cantera rosa empleada en la construcción de la iglesia y además el nivel freático, que esta muy superficial.

Existen otros elementos arquitectónicos que nos hacen pensar que el nivel de precipitación pluvial en Morelia fue más abundante antes que en la actualidad por el número de troneras que en las azoteas de las casas existen y que son observables. Las Figuras que se presentan a continuación muestran otra vez el patrón de humedad

ascendente, pero además también se observa un deplacamiento de la cantera e inclusive una intervención anterior, ya que se observa un cambio en el orden de colocación de las piedras.



Figura 187 Centro Histórico de Morelia (Eduardo Montes)



Figura 188 Centro Histórico de Morelia (Eduardo Montes)

7.8 UNA MIRADA RÁPIDA AL VALLE DE TOLUCA

A continuación vamos a ir presentando inmuebles y monumentos que presentan diversas patologías, en todas ellas interviene el agua en alguna de sus formas como se presentó en la Figura 184 Tabla. , que sin formar parte de nuestro objeto de investigación, la patología biológica de origen liquénico, forman parte del inmobiliario y del paisaje urbano, que son inmuebles representativos en la Ciudad y que de alguna manera nos sirven para indicar que las posibilidades de encontrar líquenes, como los que ya se mencionaron en el capítulo correspondiente son bajas y que se confunden con el grado de ensuciamiento del inmueble.

La actual Iglesia de Guadalupe, sita en la Av. Vicente Villada, estuvo el primer hospital de la Ciudad, que después desapareció. Inicialmente la fachada no estaba diseñada para acabados sobre la piedra, pero en posteriores intervenciones se dio un acabado en mampostería y en otra intervención un encalado y el resultado de todo ello es el siguiente:



Figura 189 Iglesia Sta. Ma. de Guadalupe Centro Histórico Toluca

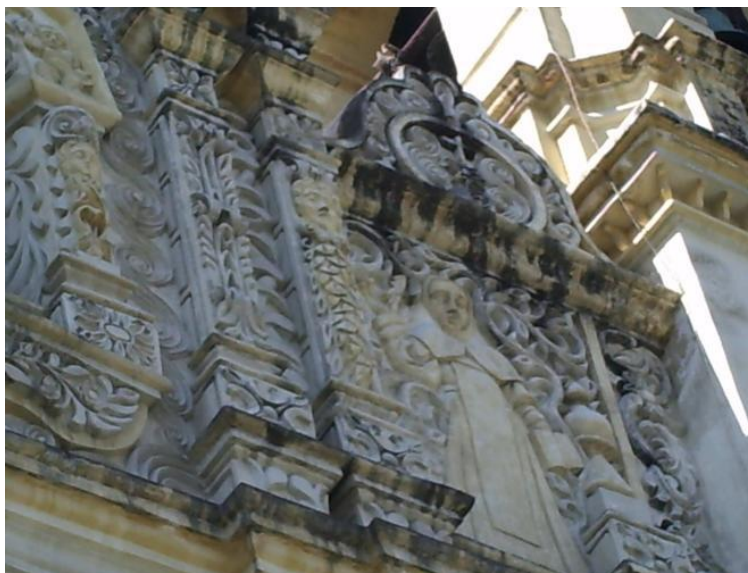


Figura 190 Iglesia de Sta. María de Guadalupe Centro Histórico de Toluca

Ahora nos vamos hacia el sur de la Ciudad por Av. Paseo Colón esquina Av. Las Torres a visitar el Monumento a los Niños Héroes, coloquialmente llamado y conocido como “ la Cama de Piedra”, cuya localización inmediata anterior estaba en la terminación de la Av Hidalgo Poniente y Av Vicente Guerrero.



Figura 191 Monumento a Los Niños Héroes Av. Paseo Colón esq. Av Las Torres



Figura 192 Monumento a Los Niños Héroes. Eflorescencias Blancas “salitre” y deplacación.

En nuestro recorrido por el Valle de Toluca, presentamos a una Capilla Franciscana que está en el Municipio de Lerma, en el Jardín Central, en al Av Hidalgo por presentar un tipo de liquen, que más de representar una potencial amenaza nos está indicando la fecha

aproximada desde la última intervención que ha tenido esta capilla, ya que como observaremos la iglesia está en perfecto estado de mantenimiento pero son visibles las intervenciones por el tipo y orden de los materiales.



Figura 193 Iglesia Franciscana Lerma. Cabecera Municipal Liqueen Lecanora, escurrimientos y fracturamiento con pérdida de masa

7.9 HUMEDAD

La humedad está en el origen de casi todos los mecanismos de alteración, por lo que resulta necesario la caracterización de los materiales pétreos respecto a los procesos de higroscopicidad, condensación y absorción de agua. Siendo la capilaridad, la característica propia del fenómeno de transporte que se presenta. Estos son aspectos del ámbito de la fisicoquímica.

Pero la capilaridad no es el único mecanismo de los fenómenos de transporte existente, ya que la capilaridad normalmente es ascendente y las observaciones que realizamos indican que también se puede encontrar difusión en capas horizontales y nos referimos específicamente al fenómeno de ósmosis en donde hay un transporte de masa dependiendo las concentraciones existentes y que es responsable de que las piedras empleadas en construcción comiencen a desconcharse o a delaminarse o deplacarse.

	Tipo de fuerzas	Mecanismo de pérdida	Ubicación y espesor de agua	Cantidad
Agua de Constitución	Cristalográficas	Calentamiento más de 400°C. Rotura de la red cristalina	Red cristalina espesor en Armstrong	Depende de cada mineral
Agua de Cristalización	Cristalográficas secundarias	Calentamiento 110° a 400°C. Reordenación red cristalina*	Red cristalina espesor en Armstrong	Depende de cada mineral
Agua Higroscópica S.Str.	Fuerzas moleculares y electricas	Evaporación (Atmosfera seca)	Centesimas a decimas de micra	Arena 0.3 % Limo 7 % Arcilla 16 %
Agua pelicular (transición a capilar)	Fuerzas moleculares (+capilares)	Evaporación	Espesores menores a 1 micra	Arena 1,6 % Limo 10 % Arcilla 40 %
Agua capilar	Fuerzas capilares	Evaporación y presión intersticial	Poros capilares De 1 a 900 micras	Depende de la porosidad
Agua gravífica	Fuerzas de la gravedad	Presión Hidrostática	Poros superiores a 1 mm	Depende de la porosidad

Tipos de agua en un material

La humedad de un material pétreo está ubicada en el interior de su sistema poroso. El tamaño y porcentaje de poros determinará la cantidad máxima de humedad que puede albergar y las posibilidades de migración del agua.

Santolaria Morros, Carlos; Lozano Martínez-Luengas, Alfonso; Lozano Apolo, Gerónimo. (1993). "Las humedades en los edificios". CURSO DE TIPOLOGÍA, PATOLOGÍA Y TERAPEÚTICA DE LAS HUMEDADES (Oviedo 1993).

Figura 194 Tabla Tipos de agua en un material

Resulta de especial interés conocer la distribución de humedades en los materiales y en la estructura de los edificios y monumentos, cuantificando con la mayor precisión a fin de deducir las vías de penetración y el movimiento de las disoluciones en el interior. Los métodos de determinación de humedad son importantes, pues nos permiten conocer y cuantificar los procesos. La humedad por sí sola es causa de una forma de alteración, pero en realidad como se mencionó con anterioridad puede ser detonante de otras sub clasificaciones como la mineralización y las alteraciones biológicas debidas a líquenes, hongos musgos.

Por otra parte, la mayoría y los más importantes procesos de degradación están relacionados con el transporte e interacción del agua con el material pétreo, lo cual suele incluir procesos físicos y químicos simultáneamente. Así por ejemplo, supongamos el caso de una circulación de una disolución acuosa a través de un material pétreo y en contacto con un reservorio subterráneo. A medida que el agua asciende por capilaridad, reacciona con la roca, disolviendo parte de sus componentes y cambiando de concentración (proceso químico); el gradiente de concentraciones puede tender a reducirse por ascenso osmótico del agua subterránea, creándose una sobrepresión osmótica que afecta a las paredes de los poros y conductos donde se aloja (proceso físico); la dilución de la solución puede forzar la redisolución de la roca, iniciándose el proceso. Este simple ejemplo que mezcla sólo dos procesos concretos ilustra la complejidad de la descripción de los procesos de alteración, ya que en realidad el proceso descrito es único, y es al mismo tiempo físico y químico.

Las condiciones ambientales relativas a la temperatura y la presencia de agua, inherentes al clima, suelen describirse como condiciones termohigrométricas, que deben ser especificadas en cualquier estudio de las causas de alteración. El conocimiento de las condiciones termohigrométricas del medio implica conocer la cantidad de precipitación total, intensidad de la lluvia, cantidad de agua perdida por escorrentía, relación precipitación-evaporación, humedad del aire, temperatura media del aire, rango de variación máxima y mínima, fluctuaciones sobre el punto de helicidad, del punto de rocío.

Las variaciones de temperatura del ambiente (y en consecuencia del material) controlan directamente ciertos procesos de deterioro, en su mayoría de tipo físico o mecánico, tales como deformaciones inducidas por expansiones y contracciones térmicas del material al sufrir bruscos incrementos de temperatura, o por gelifracción (transformación agua-hielo) del agua localizada en los sistemas porosos de los materiales. Pero las condiciones de temperatura y la presencia de agua en el ambiente controlan además, de forma indirecta, otros muchos procesos de alteración, tanto mecánicos como químicos o biológicos. Por poner dos ejemplos ilustrativos, la condensación del vapor de agua atmosférico puede facilitar su circulación por el material pétreo, condicionando su ataque químico, mientras que el aumento de temperatura (diurno y en la estación cálida) suele conllevar un aumento de la velocidad de las reacciones químicas un incremento de 10 °C puede incrementar la tasa de reacción en dos o tres veces, lo que condiciona la aceleración del deterioro del material. Dadas las particularidades microclimáticas de los edificios (interiores vs. exteriores, caras orientadas al sur vs. caras orientadas al norte, etc.) las condiciones termohigrométricas y sus cambios a escala diaria y estacional deben referirse a las diferentes partes de la obra a considerar. Particularmente en lo que se refiere a la presencia de agua, debe conocerse la contribución de sus distintos orígenes, que son tanto “naturales” como “artificiales”:

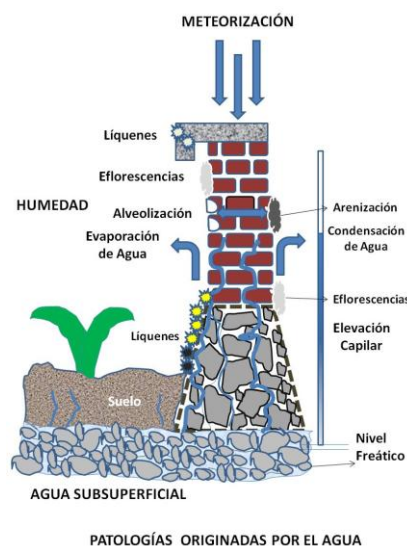


Figura 195 Patologías

7.10 CAPILARIDAD

La capilaridad, puede darse no solamente del agua del terreno, sino también por roturas de bajantes que empapan el terreno y van expandiéndose lateralmente y por encuentros entre superficies verticales-horizontales, constituyéndose en una falsa capilaridad pero de efectos parecidos. En la humedad ascendente, el nivel freático del agua en el suelo es un factor muy importante, ya que será la presión que se ejerza sobre el agua en los poros – tubos capilares- por donde ascenderá el agua

Los líquidos poseen las propiedades de cohesión y adhesión debido a la atracción molecular. Debido a la propiedad de cohesión, los líquidos pueden resistir pequeñas fuerzas de tensión en la interfase entre el líquido y aire, conocida como tensión superficial. La cohesión permite al líquido resistir esfuerzos de tracción, mientras que la adhesión permite que se adhiera a otros cuerpos.

Si las moléculas líquidas tienen mayor adhesión que cohesión, entonces el líquido se pega a las paredes del recipiente con el cual está en contacto, resultando en un aumento (elevación) de la capilaridad de la superficie del líquido; un predominio de la cohesión causa por el contrario una depresión de la capilaridad.

Al hablar de conductos o canales capilares se refleja la semejanza de capilaridad que representa el sistema de poros interconectados de la roca

En un tubo capilar se produce la tensión superficial o interfase, por el contacto líquido/líquido, gas/líquido o líquido/sólido, El desbalance de fuerzas moleculares entre el contacto de las sustancias se traduce en una fuerza neta que tiende a contraer el área de contacto o interfase entre las dos sustancias, medida que puede hacerse en el laboratorio. La altura a la que asciende (o desciende) un líquido en un capilar no es sólo función del ángulo de contacto, sino que depende también del radio del capilar. La ecuación que permite calcular la altura alcanzada es:

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta_c}{\rho g r} \quad \text{Ley de Jurin.}$$

Fórmula 1

Esta imagen del menisco nos muestra, las fuerzas que actúan sobre una molécula en un fluido contenido en un recipiente, vemos que las tres fuerzas que actúan son: la fuerza de líquido - sólido, la fuerza del aire - líquido, y la fuerza de líquido - líquido.

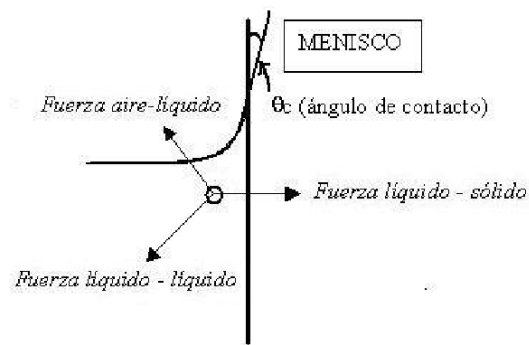


Figura.196 Perfil del menisco capilar

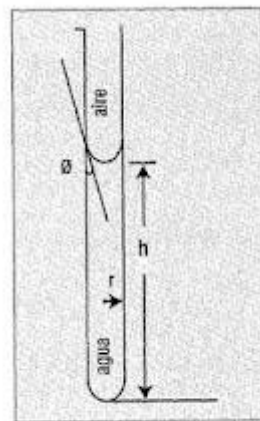


Fig. 1-4. Capilar exageradamente aumentado para destacar sus partes componentes.

$$\gamma = \frac{r h g \rho}{2 \cos \theta}$$

en la que:

- γ = tensión superficial del líquido
- r = radio del capilar
- h = altura del líquido
- g = gravedad
- ρ = densidad del líquido
- θ = ángulo de contacto

Figura.197 Capilar exageradamente aumentado para destacar sus partes componentes

Se define como energía superficial o tensión superficial del líquido la cantidad de trabajo mecánico requerido para crear el área de superficie nueva. La tensión superficial de una sustancia pura, o la tensión interfacial entre dos sustancias puras, es una cantidad definida y característica de la sustancia y/o de sustancias para cada temperatura dada. Manifestaciones de este fenómeno son la formación de meniscos en tubos muy delgados y/o la forma y el tamaño de gotas libres sobre una superficie.

El fenómeno de la capilaridad, cuyo resultado es el movimiento ascendente o descendente de un líquido en el interior de un tubo fino de un material sólido cuando éste es sumergido en el líquido, es debido a la existencias de fuerzas en la superficie de las sustancias sólida (vidrio), líquida (agua) y gaseosa (aire) en contacto. Estas fuerzas se denominan de tensión superficial. La conjunción de estas fuerzas hace que las gotas de un líquido depositadas sobre la superficie de un material sólido presenten ángulos de contacto sólido-líquido variados en función de la naturaleza de los sólidos y líquidos.

Así, los líquidos “mojan” a los sólidos cuando el ángulo de contacto está comprendido entre 0 y 90°, en cuyo caso el líquido asciende por el capilar. Si por el contrario la conjunción de fuerzas mencionada anteriormente condicionan que el ángulo de contacto sólido-líquido esté comprendido entre 90 y 180, el líquido no moja al material y desciende por el capilar. Estas relaciones se ilustran en las Figuras 3 y 4. En consecuencia, el efecto que debe producir un material hidrofugante (protectivo o consolidante) aplicado sobre un material debe ser el de incrementar el ángulo de contacto del material pétreo, y obstaculizar el ascenso del agua por su sistema poroso. El efecto contrario es el obtenido por los agentes detergentes o jabones (tensoactivos).

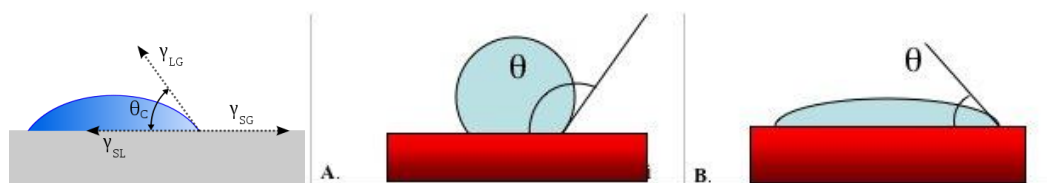


Figura 198 Ángulo de tensión superficial

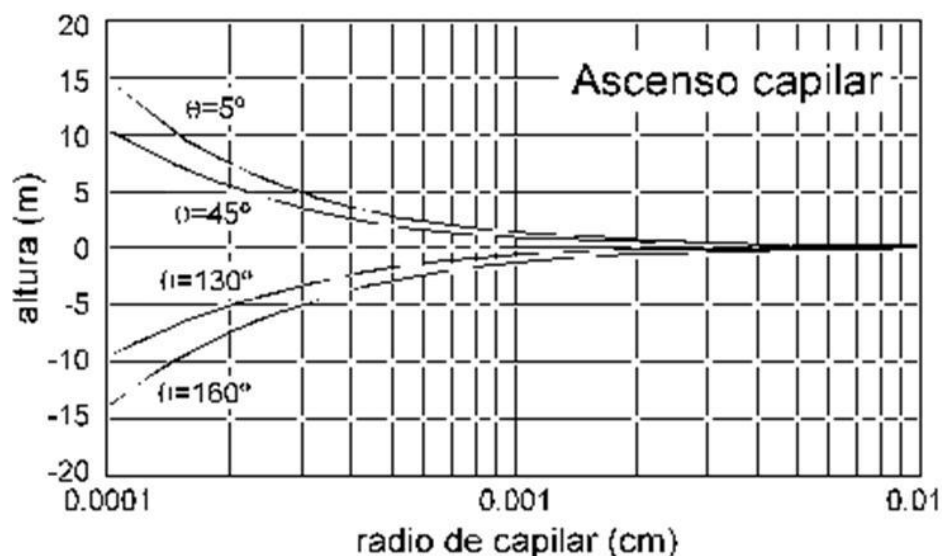
7.11 HUMEDAD POR CAPILARIDAD –ASCENDENTE-

La humedad en las casas es un tema común y de trastornos para la vida cotidiana, para poder solucionarlo la condición indispensable es distinguir cual es el origen de la misma.

Podemos distinguir como las más comunes Humedad de Cimientos (sube por el interior del muro), Humedad de piso (sube por capilaridad desde los cimientos), Humedad de condensación (provocada por diferencias de temperaturas), Humedad de muros (fisuras en revoques exteriores), Humedad en Techos (rotura de membranas o piezas constructivas como tejas o chapas), etc.

Las humedades por capilaridad, una de las patologías más habituales en Edificios de Patrimonio y Monumentos, conllevan la aparición de sales que penetran los muros y paredes formados por materiales porosos. Estas sales tienen unas propiedades muy destructivas, y son una de las principales preocupaciones de los profesionales de rehabilitación de edificios antiguos y de los profesionales especialistas en quitar humedades. Las humedades por capilaridad llevan siempre asociadas la presencia de sales disueltas. Al evaporar las humedades las sales cristalizan en paredes y en revocos.

Uno de los fenómenos más conocidos en construcción es la humedad ascendente. Se produce siempre que materiales porosos se encuentran en presencia de agua, haciendo que ésta desafíe las leyes físicas de la gravedad y alcance alturas muy superiores al nivel freático.



Curvas altura-radio de capilar calculadas para el sistema agua-aire

La Figura muestra las curvas altura-radio de capilar calculadas para el sistema agua-aire y distintos valores de q . Nótese que valores de altura negativos se obtienen para ángulos $q > 90^\circ$, lo que implica que el agua descenderá en el capilar, y que la altura ascendida (o descendida) es del orden de varios metros para radios de poro muy pequeños, como los que generalmente presentan rocas y morteros.
<http://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/TEMA05.htm>

Figura. 199 Elevación capilar de diámetros diferentes

7.12 HUMEDAD ASCENDENTE EN MUROS

La humedad ascendente está vinculada al fenómeno de capilaridad. La capilaridad es la propiedad que tienen los fluidos de alcanzar alturas variables cuando se sitúan en el interior de tubos de pequeño diámetro o capilares. Se manifiesta generalmente como una franja oscurecida y/o acompañada de un borde superior de polvo blanquecino (eflorescencias), a veces existe abultamiento y disgregación del material. En cuanto al aspecto coincide con humedades producidas por otras fuentes como rotura de caños o humedades en sótanos, pero el análisis minucioso de la trayectoria o desarrollo es lo que permite identificarla con exactitud.

Características diferenciales: Es difícil encontrarla en un solo sector o en manchones separados, en general conforma una franja. El borde suele ser irregular, de ancho constante en planos grandes pero que disminuye su altura al acercarse a aberturas. La altura de esta franja es variable llegando a los 2,50m o 3,00m en muros de gran espesor, aunque lo más común es a unos 30 cm del zócalo. En proximidad de escaleras o rampas acompaña siempre su pendiente. Estas características lo diferencian de toda otra causa de humedad.

7.13 HUMEDAD DESCENDENTE EN MUROS

Sobre todo en edificios antiguos tales daños son en su mayoría causados por fugas de agua o tuberías con pérdidas de agua. Este tipo de daño es fácilmente reconocible como humedad que aparece de arriba hacia abajo o penetra por las paredes en ciertas zonas y se concentra en un solo lugar. Estas pérdidas de agua pueden provenir de: daños en los techos, agua infiltrada por las chimeneas, canaletas de recogida de aguas en mal estado, ventanas mal selladas, etc, y se puede detectar fácilmente.

La magnitud del daño de la humedad de capilaridad es variable simplemente porque permitir esta subida de las moléculas de agua por el interior de los capilares o micro intersticios conlleva fenómenos asociados, como el arrastre de sales del terreno que pueden eflorescer en superficie, o lo que es peor expandirse a pocos milímetros de la capa exterior, convirtiéndose así las sales, en auténticas demoledoras de los materiales de construcción. Las sales solubles pueden provocar la desaparición completa del componente más débil, normalmente el mortero, pero si continúa el aporte y se varían las geometrías de la evaporación, se termina desintegrando totalmente el ladrillo y la pared.

En las estructuras modernas de hormigón armado, la carbonatación asociada a la interacción del agua y el CO_2 implica la pérdida de la protección química que el hormigón proporciona al acero interior, por descenso de la alcalinidad por debajo de un pH 9 y posteriormente de la destrucción de estos aceros por corrosión al contactar con el agua cuyo pH se transforma en ácido por la formación del ácido carbónico. Posiblemente se

encuentre este efecto incrementado cuando en la superficie del hormigón se encuentre colonizado por líquenes, de cuyo metabolismo se desprende ácido oxálico y de ahí el oxalato de calcio que es un producto de corrosión en los materiales pétreos.

Provoca también movimientos hídricos, por ciclos continuos de humedad-sequedad en los ladrillos, que al no estar previstos, se produce fracturas en las paredes por las expansiones y contracciones que promueve la diferencia de humedad existente en el ambiente. Este proceso de “fatiga” de los materiales es muy lento pero finalmente irreversible.

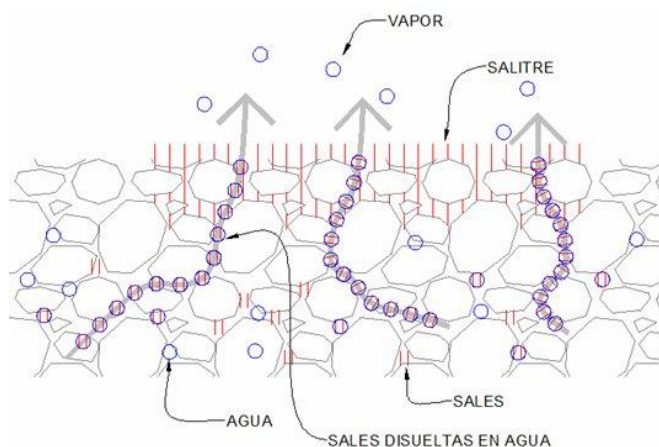


Figura. 200 Proceso de ósmosis capilar

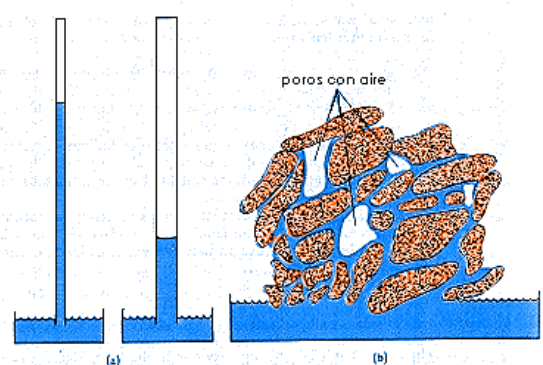
Las expansiones por humedad y los empujes que efectúan las sales del terreno son capaces de demoler cualquier construcción que no se ha realizado con la necesaria previsión de este fenómeno tan habitual como natural. Los agotamientos de los materiales por exceso de humedad significan que se reducen las resistencias mecánicas de algunos de los materiales más comunes, generando micro fisuras paralelas al sentido de su resistencia de compresión, (normalmente perpendicular al suelo). La suma de estas fisuras, provoca grietas que acaban llevando a la ruina muros enteros. Efectos de hidrólisis, que transforman los silicatos, más duros, en arcillas, más blandas y afectables por cambios de volumen y lixiviados. La capilaridad se fundamenta en la interacción de las

moléculas de un líquido con las tensiones superficiales de cada material y el diámetro de los capilares.

COEFICIENTES DE DILATACION (mm/m)			
Material	Por humedad	Retr. secado	Por temp. 10°C
Granito	0,06-0,20	0,15-0,20	0,15
Piedra caliza	0,10-0,15	0,12-0,40	0,10
Hormigón	0,15-0,20	0,18-0,22	0,20
Enfoscado	0,18-0,22	0,30-0,45	0,20
Basalto	0,30-0,35	0,35-0,38	0,18
Revoco de cal	0,30-0,50	0,80-1,10	0,15
Mortero bastardo	0,35-0,55	0,40-0,60	0,18

[Cigni, Codacci'83, 58] in FELIX LASHERAS (1995)

Figura 201 Tabla Incremento volumétrico de los materiales pétreos por agua absorbida



El efecto capilar se puede demostrar colocando un fino tubo capilar sobre una superficie de agua libre. El agua asciende por el tubo, tanto más cuanto más delgado sea (más importancia tienen las paredes) (parte a del dibujo). En el suelo se forman tubos capilares en el contacto entre las partículas, por los que asciende el agua y queda retenida (parte b del dibujo).

N.C. Brady 1984
The nature and Properties of soils
Macmillan Pub.

Figura. 202 Tubos capilares cavidades capilares

La porosidad es distinta en cada material y su tensión superficial lo es también, lo que sumado a los diferentes diámetros de poros y capilares, hacen a cada material distinto frente a la absorción de la humedad de capilaridad.

La tendencia natural de las moléculas de agua es la de estar unidas entre sí, formando esferas –las gotas que conocemos–, sin embargo existen materiales en donde la fuerza de

afinidad del agua por el material es mayor que la fuerza que mantiene unidas a las moléculas; en este momento se rompen las esferas y las moléculas del agua tienden a ocupar la mayor superficie posible, debido a dicha fuerza de afinidad. Estas fuerzas desde el punto de vista fisicoquímico se llaman fuerzas de adhesión y fuerzas de cohesión. De tal forma que una gota cuyo tamaño sea mayor a la de un poro en el material, no pueda pasar por dicho orificio. Sí es el caso contrario, como hemos mencionado, la gota de agua se romperá y tenderá a ascender o a ascender según sea el caso, con el objeto de ocupar la mayor área posible. Pero tanto las que están próximas a la superficie, como las que forman parte concretamente de esta superficie se encuentran desequilibradas del resto.

Este desequilibrio, genera una mínima energía potencial que como en todo sistema natural tiende a ser mínima. Ya que la mínima superficie posible para todo esa superficie de pared es la plana, se deduce entonces que la superficie libre del líquido es plana. La tensión es constante en cada punto y se forma una “membrana separadora” que es aprovechada por algunos insectos para posarse en el agua sin mojarse.

Pero en el interior de los poros o capilares las tensiones varían al incluirse la relación altura-diámetro, la viscosidad, haciendo que esta superficie adquiera un perfil cóncavo o convexo. Estos fenómenos hacen que el líquido disponga de una mayor o menor tensión superficial que asociada a fenómenos de gases migratorios al diámetro de los capilares y a su carga eléctrica, hacen que se produzca una ascensión que es mayor cuanto más finos son los conductos.

Las moléculas del agua son de naturaleza eléctrica, por lo tanto la existencia de fuerzas electrostáticas influye de manera determinante en su movimiento ascendente o descendente según sea la polaridad del campo electromagnético que se pueda tener.

Como comentaba antes, las superficies de los poros, cargadas de electricidad, ayudan a la penetración y a la ascensión del líquido por atracción eléctrica. Este fenómeno natural, es el que permite a los sistemas electro físicos invertir el campo eléctrico y desecar el muro completamente. Y esto no es teoría, es una realidad que se va imponiendo como sistema de secado de la humedad de capilaridad.

En el laboratorio, el nivel se equilibra en un punto y ya no sube más, pero en la vida real, el proceso es continuo debido a la evaporación del agua por la superficie del material debida a la aireación, la insolación y la temperatura.

El proceso de ascensión, puede incrementarse si los gases migratorios del terreno empujan por el interior de los materiales y llegar a alturas muy considerables si además los revestimientos de los muros no permiten la evaporación natural y su equilibrio con la entrada del agua.

Antiguamente, el agua del subsuelo podía evaporar con o sin gases migratorios por el conjunto del terreno abierto. Hoy en día, el asfaltado de las calles, ha convertido a los muros de los edificios en auténticas chimeneas para el agua del subsuelo y los gases migratorios.

La altura puede alcanzar la humedad de capilaridad, puede ser calculada a partir de una fórmula teórica, aplicada en los laboratorios de fisicoquímica en el estudio de los tubos capilares, pero que es muy aplicable a nuestras observaciones sobre este fenómeno, ya que los intersticios existentes en la piedra son del mismo orden de magnitud además no debemos olvidar el principio básico de los vasos comunicantes, que explicaría que el frente de avance de la humedad ascendente en promedio será el mismo.

La ley de Jurin nos traduce que la altura alcanzada por un líquido en un conducto capilar es directamente proporcional a la tensión superficial e inversamente proporcional a su diámetro, por lo que los materiales con una alta tensión capilar y el poro más pequeño, si reciben suficiente aporte de agua harán que el zócalo capilar alcance mayor altura.

Es básico para diferenciar una humedad de capilaridad, observar que la zona afectada es paralela al suelo y con continuidad en todo el muro. Las alturas alcanzadas, varían de pocos cm. cuando es una humedad de osmosis, pura atracción eléctrica y poco aporte de agua del terreno, a grandes alturas cuando se dan todas las combinaciones fatales, tensión superficial entre el agua y el material muy alta, capilares muy finos y gases migratorios del subsuelo, hacen que se puedan alcanzar varios metros.

Una medida de entre 50 y 120cm, es lo más habitual. Normalmente presenta en su parte más alta una franja más afectada ya que esta es la zona de evaporación, en donde ya sea por la estacionalidad o por variaciones del nivel freático se da la diferencia de niveles de las diversas alturas. Las sales al evaporar, rompen el revestimiento o el muro propiamente, presentan manchas o presencia de sales cristalizadas.

No hay que buscar tanto la altura, como la continuidad en el muro, ya que al contrario que las humedades de filtración, la humedad de capilaridad es continua en el muro, disminuyendo a acercarse a puertas o ventanas, al disponer en esa zona de una mayor superficie de evaporación. Rotura de revestimientos y disgregación de las pinturas son síntomas de este tipo de humedad.

7.14 PERMEABILIDAD

Las observaciones y estudios de campo y laboratorio por los interesados en las características y propiedades de las rocas facilitaron la explicación de la importancia de la permeabilidad en el estudio de las alteraciones en los edificios y materiales pétreos. La base para la apreciación del flujo en medios porosos la dio el médico francés Jean L.M. Poiseuille (1869) mediante sus experimentos de flujo a través de tubos capilares, concernientes a las ramificaciones finales milimétricas de arterias y venas en el sistema circulatorio sanguíneo humano. Esos experimentos permitieron postular la Ley de Poiseuille que dice:

"La velocidad del flujo de un líquido a través de un tubo capilar varía directamente respecto a la presión y al diámetro del tubo a la cuarta potencia e indirectamente a la longitud del tubo y al coeficiente de la viscosidad del fluido".

Al tratarse de muestras de roca se debe distinguir entre permeabilidad absoluta, permeabilidad efectiva y permeabilidad relativa. La permeabilidad absoluta es aquella que corresponde a la roca saturada 100% por un fluido único que no reacciona con la roca.

La permeabilidad efectiva de la roca respecto a un fluido cualquiera, corresponde a la situación cuando la saturación de dicho fluido en el medio poroso es menor de 100%.

La permeabilidad relativa ante la presencia de varios fluidos es la relación entre la permeabilidad efectiva y la absoluta en cada caso.

7.15 HUMECTABILIDAD

Se define como el ángulo de contacto que los fluidos forman en la superficie sólida o superficie de la matriz. En el caso de las rocas y por sus características de composición, existe la propensión a la humectabilidad al agua, lo cual, según la saturación y la presión capilar, afecta la tensión interfásica aire/agua y, por ende, el desplazamiento de humedad.



Figura 203 Humectabilidad de los materiales pétreos

7.15.1 EL AGUA EN ACCIÓN

El agua es el solvente universal, esto quiere decir que puede mantener en solución a diferentes sustancias químicas independientemente de su estado de agregación. El agua pura mantiene un pH neutro, por sí el agua solo puede causar daños mecánicos, pero al

disolver alguna molécula de otro material, la va a disociar y entonces se modifica su pH, convirtiéndose en un agua con una acidez variable, capaz de disolver a otras sustancias, por ejemplo, por medio de la lixiviación que consiste en disolver sustancias e ir arrastrándolas en dirección al movimiento del fluido, causando una reacción química que bien puede disolver al material pétreo.

Por definición el agua tiene una densidad de 1 gr/cm^3 , sin embargo el agua al solidificarse aumenta su volumen teniendo la capacidad de fracturar a los recipientes que contienen hielo. Por el contrario al calentarse súbitamente el agua por entrar en contacto con una piedra caliente, se va a producir una implosión que ira destruyendo al material por fatiga térmica.

El agua tiene una gran capacidad destructiva mecánicamente y químicamente pero además es el compuesto químico esencial para la vida como la conocemos considerando vegetales y animales.

Es común observar que el agua puede trasminar las paredes hechas a base de materiales pétreos, esto significa que el agua puede difundir por dentro de la piedra y materialmente atravesarla; esto se debe a las características fisicoquímicas del agua.

Al estar en contacto con una superficie sólida, el agua va a presentar un comportamiento regulado por el equilibrio de las fuerzas de adhesión y cohesión, de ahí que exista una tensión superficial y capilaridad. Además van a existir sustancias hidrófilas e hidrófobas que van a permitir la higroscopicidad, la difusión y la permeabilidad.

Entonces siendo el agua la etiología, las patologías derivadas de una u otra forma están ligadas.

- Las sustancias nocivas y su absorción

La estabilidad de los materiales de construcción está influenciada no solamente por la absorción de agua, sino que se ve afectada por la captación de sustancias agresivas. Estas últimas pueden dividirse generalmente en dos grupos, las salinas y las gaseosas. En tanto

que las sales son incorporadas al material junto al agua absorbida por capilaridad, las segundas pueden penetrar ya sea disueltas en agua de lluvia o en forma de aerosoles por difusión, en cada uno de los casos se formarán sales dentro del material de construcción. Las soluciones salinas acceden al material de construcción mediante absorción capilar. Estas se producen principalmente en aquellas zonas lixiviadas por el agua, o bien en los cimientos que se encuentran en contacto directo con el suelo.

- Daños producidos por helicidad

Estos daños son originados por el congelamiento del agua contenida en los poros. En este caso el volumen aumenta aproximadamente un 11%. La condición para que se produzca un daño por expansión es que el 90% del espacio de los poros esté ocupado por agua y además que la geometría de estos poros sea tal que impida una expansión no destructiva del agua congelada. En el desarrollo de estos daños tiene gran importancia la frecuencia de los ciclos hielo/deshielo, los cuales dependen a su vez de las condiciones climáticas.

7.16 ALTERACIÓN QUÍMICA

Bajo este nombre se conocen aquellos procesos destructivos provocados por la acción de agentes químicos agresivos. Los gases de la combustión de hidrocarburos destruyen los aglomerantes de los materiales de construcción de origen mineral. El caso típico lo constituyen los aglomerantes calcáreos no solubles (carbonato de calcio) que son transformados en yeso soluble (sulfato de calcio). El yeso soluble se va concentrando con el tiempo en la superficie del material, y de esta manera se va formando una costra. Las diferencias existentes entre la resistencia de la costra y del material conducen entonces a desconchamientos.

- Acción de sales disímiles

Estas lesiones se producen con mucho mayor frecuencia que aquellos causados por las heladas. Las sales solubles acceden al material a través de diferentes mecanismos de

captación. Entre las principales sales nocivas deben considerarse los sulfatos solubles, los cloruros, los nitratos, y en ciertos casos, los carbonatos.

Al evaporarse el agua las sales se van depositando en los poros. En consecuencia su concentración va aumentando paulatinamente. Los daños principales se producen a causa de cristalizaciones y formaciones de hidratos.

Estos procesos conducen, por aumento de volumen, a la creación de altas presiones expansivas, las que terminan destruyendo la estructura porosa del material. Estas altas presiones superan con largueza la resistencia interna de la mayoría de los materiales de construcción de origen mineral.

7.17 ALTERACIÓN BIOLÓGICA

Las Zonas húmedas de los materiales de construcción son atacados frecuentemente por microorganismos de origen vegetal y animal. Se trata principalmente de bacterias, hongos, musgos, algas y líquenes, todos los cuales poseen un metabolismo muy activo. Las superficies afectadas son mantenidas permanentemente húmedas por dichos microorganismos. Los deshechos del metabolismo contribuyen a aumentar el contenido de sales del material.

En los recintos de las construcciones el fenómeno de la condensación contribuye a la corrosión biológica. En los encuentros de muros y cielos comienza a observarse el efecto típico de la acción de hongos (formación de moho), la que en casos extremos puede conducir a la inhabitabilidad de los recintos afectados.

7.17.1 PATOLOGÍA BIOLÓGICA DE ORIGEN LIQUÉNICO

La relación liquen – piedra es mucho más antigua que cualquier elemento de nuestro patrimonio arquitectónico y su ostensible manifestación se encuentra cuando la nucleación y crecimiento de los líquenes se ve magnificado por estar presente en un lugar completamente visible en un inmueble.

Esta patología biológica de origen liquénico, tiene muchas formas de manifestarse así como su semiótica, consideramos que la alteración superficial de los materiales supuestamente proveniente de los líquenes es apresurada y lamentablemente se aplica de manera generalizada sin considerar muchas otras variables que se pueden presentar como lo son los factores climáticos de humedad, temperatura y aún la presión atmosférica.

No es lo mismo las condiciones persistentes en la Catedral de Santiago de Compostela en España, que se encuentra muy cerca del Océano Atlántico, a las condiciones de las ruinas de Machu Pichu en Perú, a las de Tlapacoyan en Veracruz.

Las condiciones más o menos similares han sido las de la Ciudad de Morelia además del tratamiento a su Centro Histórico que tiene mucho paralelismo con nuestro Centro Histórico de la Ciudad de Toluca, aunque también es necesario remarcar que en Morelia se empleó mucha cantera rosa y roca volcánica y en Toluca fue adobe, roca volcánica y otros materiales pétreos de construcción y ornamentación no propios del lugar.

En primera instancia debemos de diferenciar la acción alterante entre los líquenes epilíticos de los líquenes endolíticos; los primeros podrán alterar superficialmente al material pétreo, pero los segundos penetran de manera subsuperficial a los planos cristalinos que forma a la roca y además de producir fracturas también pueden propiciar el deslizamiento de los planos cristalinos. Aparentemente tiene la apariencia de fractura pero esta es irregular y de superficie atruchada mientras que el deslizamiento de los planos cristalinos producen superficies regulares y tersas.

Por otra parte recordemos que si existe sobre población de líquenes es debido a la existencia de otra patología más destructiva que es la humedad. Por decirlo de otra forma, los líquenes epilíticos son los señalizadores que indican la localización de otras patologías cuya etiología es la misma, el agua.

Entonces surge a reflexión el estudio más minucioso del comportamiento de los líquenes en nuestro entorno inmediato, tomando, sí, elementos referenciales desechando las comparaciones. Esto por las razones antes mencionadas.

Otro factor importante a considerar es el socio económico cultural; mientras que en los países anglófonos del norte europeo y los nórdicos los líquenes son apreciados, aún en Europa Oriental y Central, pero en España es todo lo contrario son dañinos, misma idea que se tiene en el Perú. En Argentina es una actitud más equilibrada, en el sentido que se asocia a otras patologías.

En Toluca los líquenes representan para la mayoría de la gente los líquenes son solamente una mancha que salió por la humedad, en otros ámbitos ya más entendidos en arquitectura, pueden formar parte del paisaje, lo que sí es un hecho es que la autoridad responsable de la conservación de nuestro patrimonio arquitectónico local, no tiene los elementos técnicos para mitigar las patologías en los materiales pétreos. Tal vez sea porque es una acción alterante superficial y no una patología estructural.

Esta patología biológica de origen liquénico presenta dos tipos de actividad, la física, como elemento aislante de los agentes atmosféricos externos y la química, que es interna, en donde fundamentalmente el ácido oxálico es el formador del medio para que se lleve a cabo el intercambio iónico de iones calcio y magnesio por iones sodio y potasio, que al incrementar de volumen en la red cristalina, provocan tensiones inestables que en cualquier momento se convierten en una grieta.

La Ciudad de Toluca esta rodeada por montes y bosques donde existe el material pétreo que esta biocolonizado por diversas especies típicas del lugar cuya área de existencia esta delimitada por las condiciones geográficas. Tan solo en el Cerro de Coatepec, en el Campus Universitario de la Universidad Autónoma del Estado de México se detectaron cuatro especies de líquenes importantes para nuestro estudio; sin tomar en cuenta a la Teresona que también presenta las mismas condiciones. Entonces la probabilidad de encontrar diferentes vectores para la biocolonización.

A continuación citamos dos de los mecanismos en donde ha habido transferencia de líquenes hacia los materiales pétreos. Debemos recordar que aunque en los árboles de la ciudad encontremos líquenes poblando su superficie, la transferencia hacia las rocas no es directa y el proceso no es tan simple.

Existe un comportamiento de los líquenes epilíticos que permite su reproducción y crecimiento que es inherente a si el proceso es sexuado o asexuado, es decir, podemos transferir material liquénico a partir de “pedazos útiles”. Esto significa que si el proceso de “eliminación” de los líquenes es a través de un cepillado o un raspado, lo que en realidad se está haciendo es espolvorear en el aire dichas partículas, formar un bioaerosol y lo demás es un proceso de aerobiología, en donde el material disperso en el aire podrá viajar largas distancias. Por otra parte haber cepillado o raspado el liquen, no lo elimina, ya que parte del liquen ha quedado en las cavidades de la roca que ha sido y es su hábitat natural, solamente hay que esperar la condiciones climáticas adecuadas para comenzar a crecer.

7.18 BIOCOLONIZACIÓN

En esta patología es importante resaltar el mecanismo probable de cómo llegaron los líquenes a la posición en donde se encuentran; si bien los líquenes siguen a la humedad en las paredes expuestas al ambiente, incluyendo insolación y los vientos, vamos a encontrar preferencialmente a los líquenes en diferentes niveles de altura desde la superficie de la banqueta o de la calle.

Sí los líquenes están en el aire en la forma de aerosoles lo más probable es que se alojen en las barreras naturales de los mismos, es decir en lugares altos; sí el mecanismo es por arrastre de agua meteórica lo más probable es que se encuentren a nivel del piso.

Puede existir algún mecanismo combinado en donde encontremos a los líquenes de las alturas a nivel de piso y viceversa, dependiendo de la disponibilidad de nutrientes y esto parece obedecer a las costumbres socio económicas culturales y a la existencia de aves.

Un posible mecanismo de Biocolonización

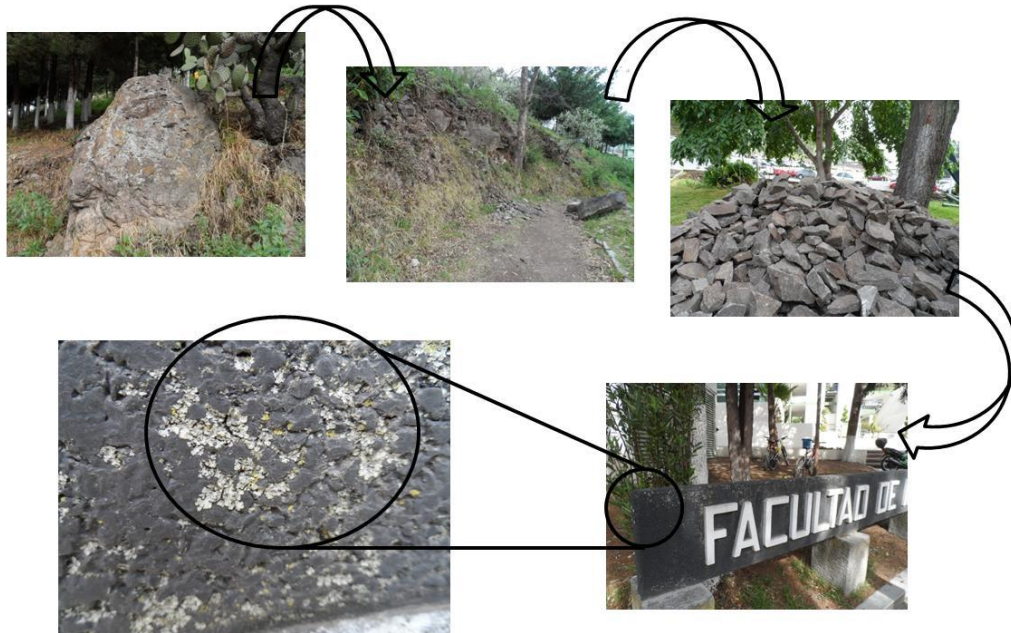


Figura 204 Material pétreo Cerro de Coatepec, material ornamental facultad de Arquitectura y letrero de la Facultad de Ingeniería biocolonizado.

En el conjunto de Figuras que se presenta en la Figura se observa que una piedra habitada por líquenes al igual que otras existentes y que se emplearon para obtener materiales pétreos para construcción y ornamentación en la Facultad de Arquitectura, en el Campus Coatepec de la UAEMEX, son elementos de multiplicación de núcleos de crecimiento de líquenes. Mismos líquenes que posiblemente llegaron a la barda que indica el nombre de la Facultad de Ingeniería de la misma universidad y vecina de la Facultad de Arquitectura y ambas se presentan como vecinas del Cerro de Coatepec.

El mecanismo que nos interesa detallar es el que se presenta en la secuencia de Figuras.. La muestra se tomó de una de tantas piedras que se colocaron en la Facultad de Arquitectura y que también corresponde a otras rocas ígneas del mismo tipo que se han empleado en la construcción y ornamentación en el Centro Histórico de la Ciudad de Toluca.

Obsérvese que del conjunto mayor de líquenes, comienza un escurrimiento paulatino descendente de pequeñas porciones hasta que llegan al final de la muestra pétrea en observación, este es un proceso lento de crecimiento de nuevas colonias ya que depende de la humedad disponible. En la columna del lado derecho bajo condiciones naturales pero más controladas de humedad, más aparte estar expuestas al agua meteórica propia de la época de lluvias en Toluca, nos permite ver que las colonias nuevas se han desarrollado más rápidamente, sobre todo en los lugares donde existe humedad capilar ascendente. Este proceso se puede explicar como las colonias de líquenes van siguiendo la disposición de humedad, ya sea ascendente o descendente. Esto se puede llevar a cabo en superficies que están en cierta forma alejadas del contacto humano, ya que requieren ambientes tranquilos, naturales y sobre todo donde existen nutrientes atmosféricos, nos referimos los contaminantes primarios que existen en el ambiente en lugares poblados y con gran actividad vehicular.

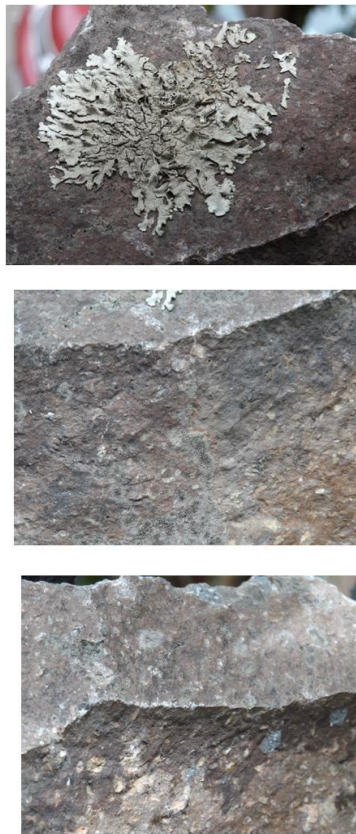


Figura 205 Capilaridad en piedra basáltica



Figura 206 Ascensión capilar roca basáltica

Esto se presenta en las iglesias y edificios de Toluca; no los detectamos ya que siempre que entramos a una iglesia lo vamos haciendo viendo hacia el frente en nuestro ángulo visual normal, pocas veces volteamos hacia arriba en los pórticos y en las fachadas. Pero al realizar una inspección visual con un propósito específico observaremos el mismo tipo de comportamiento, las colonias de líquenes van siguiendo a la disponibilidad de agua y de humedad. Este punto es necesario subrayarlo ya que si los líquenes secretan ácido oxálico, que es un quelante de metales existente en los minerales, es el agua quien lo va distribuyendo en el cuerpo del material sólido, vulnerando la estructura cristalina del mismo. Esto puede representar un aspecto negativo para la presencia de los líquenes.

La serie de Figuras que a continuación se presentan, además de ser claros ejemplos de humedad ascendente capilar, nos muestran que en el material pétreo expuesto al ambiente va a existir un estrés térmico, que es lo mismo que mencionar la existencia de

una fatiga térmica que es capaz después de un determinado número de ciclos de enfriamiento calentamiento, aún sea de temperaturas no extremas, las grietas y fisuras del material sólido comienzan a crecer hasta debilitar al material y estar en presencia de una posible pérdida de masa. La colonia de líquenes disminuye las variaciones de temperatura y hace que el material presente una temperatura promedio, que puede disminuir o aumentar dependiendo de las condiciones ambientales.



Figura 207 Elevación capilar y sus modificaciones

Es de todos conocido que si exponemos al sol una piedra, ésta se va a calentar lo suficiente como para alcanzar, en algunos casos, una temperatura mayor a la temperatura ambiente, esto es debido al efecto del cuerpo negro, y permanecer caliente un buen rato después de que terminó la insolación y posteriormente, durante la noche, enfriarse bastante y que esto es capaz de destruir por fatiga térmica a la piedra. Los líquenes tienen la capacidad de amortiguar estos cambios tan drásticos de temperatura.

La secuencia que presenta la Figura anterior nos muestra como el agua va ascendiendo, llega a un máximo y luego nuevamente regresa a su altura basal. Esto se explica, de la siguiente manera, combinándolos con las Figuras anteriores.

El agua perteneciente a la humedad capilar ascendente comienza a crecer cuando aumenta la humedad ambiental y disminuye la cantidad de insolación, humedeciendo a la mayoría de la pieza sólida, a la mañana siguiente con el aumento de insolación el nivel de agua de humedad capilar ascendente disminuye hasta que se equilibra con la humedad ambiental. Entonces vamos a tener pérdidas de calor adiabáticas e isotérmicas por la evaporación del agua.



Figura 208 Perfil de temperaturas por agua absorbida

Esto va a crear gradientes de calor en los granos cristalinos interiores y recordemos que las variaciones causan fatiga y debilitamiento; además de la fatiga térmica, también existirá la fatiga hídrica, en donde existirá un aumento de agua absorbida y luego una pérdida de la misma. El peor de los casos viene cuando el agua absorbida se pierde, la higroscopicidad del material se deteriore y entonces estando seco el material pétreo comience a perder compacidad y prácticamente a desmoronarse.

Esta fatiga hídrica es controlada por la existencia superficial de una capa de líquenes, que no permite la existencia de áreas expuestas de material pétreo al ambiente, regulando la pérdida de agua, pero esta capa también hace el efecto contrario, los líquenes aprovechan la humedad ambiental, es decir en forma de aerosol, pero debido a la modificación de la tensión superficial, los líquenes tienen una alta tensión interfacial y el agua meteórica no penetra hacia el material rocoso, convirtiéndose en una biopelícula protectora. Esto hablaría positivamente de la presencia de los líquenes en la superficie.

Hasta el momento hemos estado observando lo que sucede superficialmente en los materiales pétreos empleados en construcción y ornamentación que esto serían efectos físicos e históricos debido a la existencia de granos y planos cristalinos. Esto obliga a reflexionar lo que sucede, no en la superficie sino debajo de ella.

Para lograr comprender lo anterior vamos a emplear una micrografía electrónica del investigador Chen y colaboradores, quién estudió este tópico y que a continuación presentamos para tratar de explicar el efecto.

En primera instancia debemos recordar que una roca es un conjunto de minerales que se asociaron en un conjunto y que la compacidad de la estructura depende si la roca es ígnea, metamórfica (con sus variables de metamorfismo) o sedimentaria. Por otra parte estos minerales tienen entre sí diferente inercia química, lo que nos indica algo sumamente importante de considerar para nuestro modelo de acción alterante de los líquenes y es la reacción intercristalina, o en los límites de grano. Esta es la corrosión química en su presentación microscópica y a nivel macroscópico simplemente es por ejemplo, la separación de dos piedras unidas con algún material cementante

En la Figura 209 observamos como los talos de los líquenes van penetrando hacia las capas inferiores, debilitándolas y creando más posiciones para nucleación y crecimiento aprovechando la protección que estas micro cavidades le dan a los líquenes del intemperismo, hasta que se desprende el material. Este efecto es un deplacamiento o un desconchamiento de origen bioquímico ya que existe el deplacamiento químico

correspondiente. Desde luego que esta condición establece aspectos negativos de la presencia de líquenes en los planos sub superficiales de la roca.

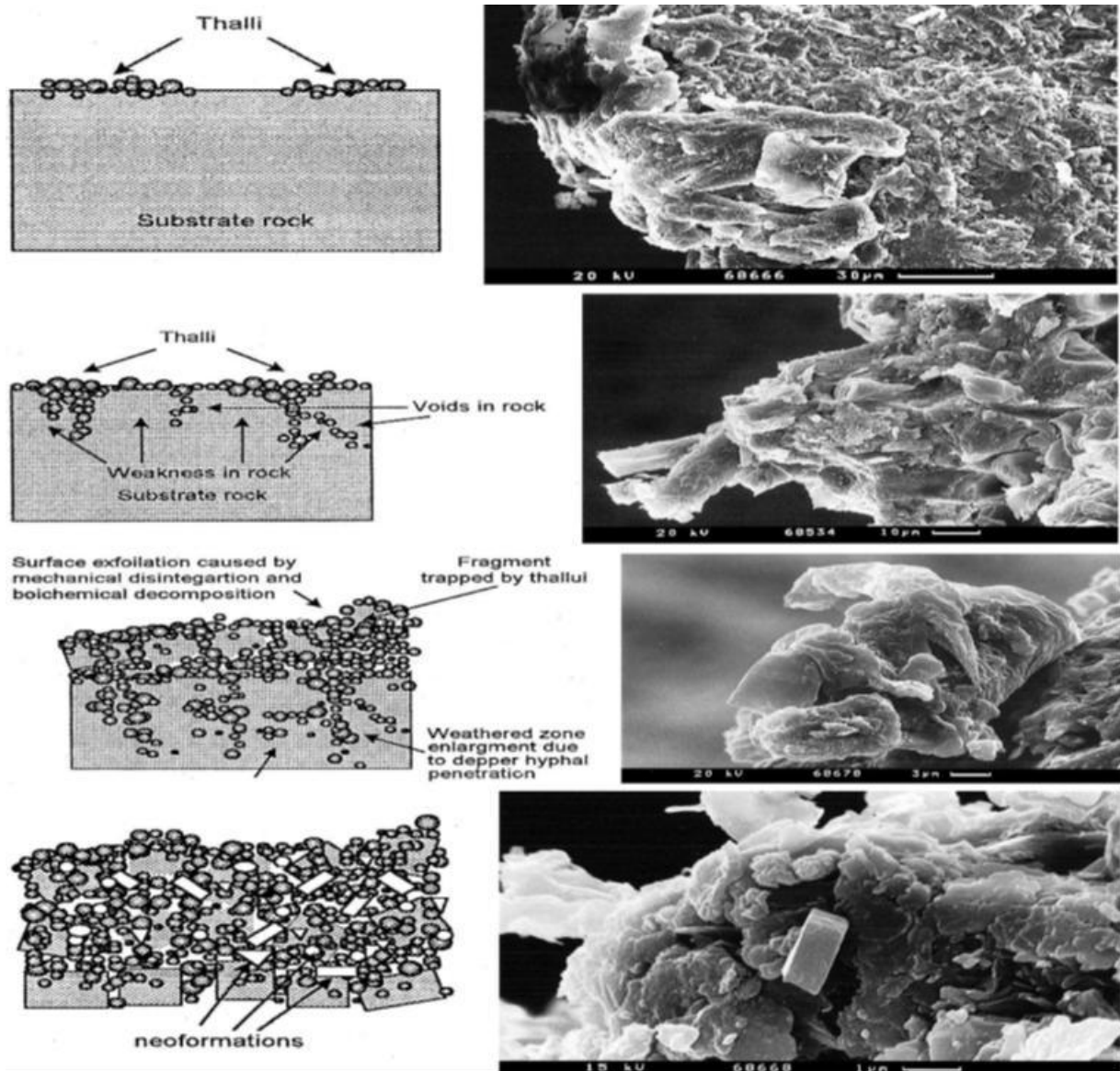


Figura.209 Proceso de bioconización de líquenes en materiales pétreos (J Chen. et Al)

Proceso de la Patología

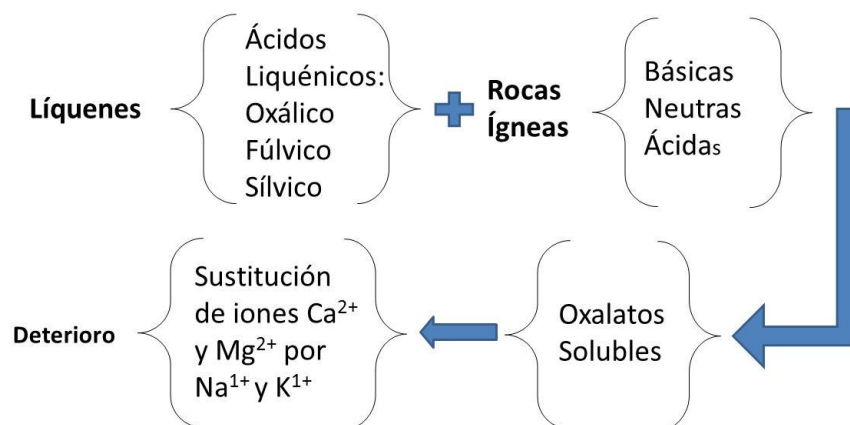


Figura. 210 Proceso de la Patología Biológica de origen liquénico

Entonces podríamos establecer una ruta que sigue la acción alterante de los líquenes, que en condiciones normales, es decir, existiendo un equilibrio homeostático, no es dañino al material pétreo, ya que simplemente la entropía está en su rango normal; los problemas surgen cuando se rompe este equilibrio.

Ahora vamos a observar aspectos macroscópicos sobre la presencia de los líquenes en la superficie de los materiales pétreos de construcción y ornamentación. Estos aspectos macroscópicos tienen una fundamentación microscópica, como ya se ha explicado, pero el efecto resultante es normalmente la pérdida de masa.

El espesor de la zona de bioalteración es de milésimas de milímetro, pero como este proceso es crónico, va aumentando lentamente pero de manera continua. Aquí debemos subrayar que si bien el proceso es continuo, éste se lleva a cabo de manera cíclica, es estacional y obedece a los aspectos climáticos que se dan en la época de estiaje, a la época de lluvias, la heladicidad propia de la Ciudad de Toluca y ahora con el cambio climático, el exceso de calor y además la contaminación ambiental causada por los contaminantes primarios. Claro está que cuando se construyeron las iglesias y los edificios antiguos en Toluca, considerando en ellos los que se construyeron hasta mediados del

siglo pasado, no era necesario realizar tantas consideraciones simplemente porque no existían estas condiciones ambientales que prevalecen al día de hoy.

Posiblemente esta sea la justificación del envejecimiento prematuro de muchas construcciones actuales donde observamos que las fachadas de las casas están muy deterioradas.

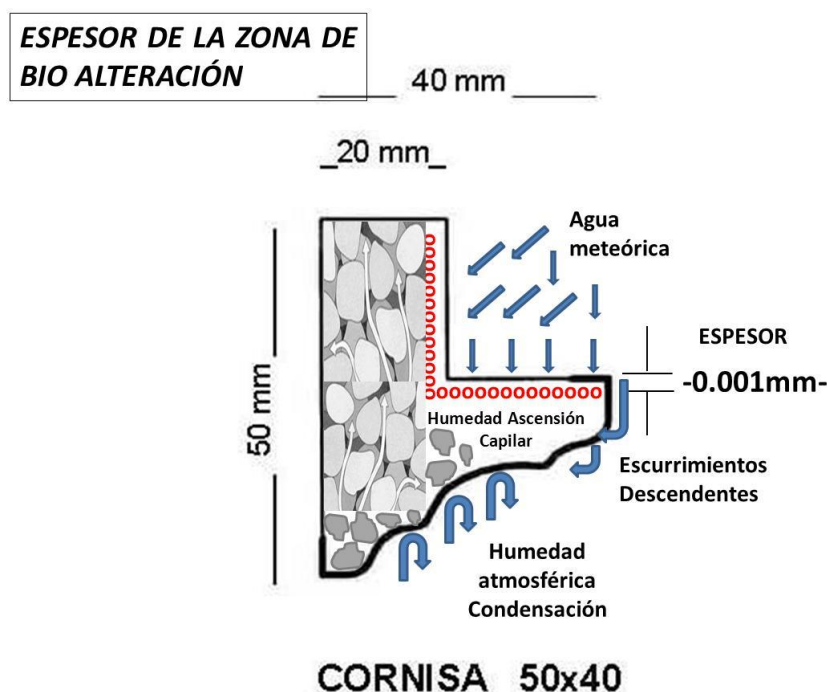


Figura. 211 Espesor de la zona de bio alteración

La acción alterante de los ácidos liquénicos se va a presentar en las zonas volumétricas de mayor vulnerabilidad, es decir, este es un efecto anisotrópico. En la Figura 212 a continuación hemos señalado una concentración en determinados vértices porque es ahí por donde se va perdiendo la mayor cantidad de agua por evaporación y en donde se concentran mayormente los agentes alterantes.

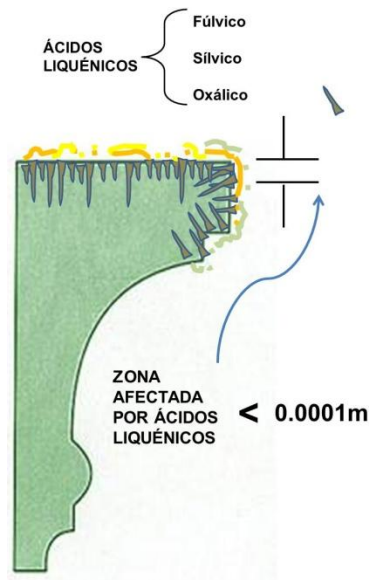


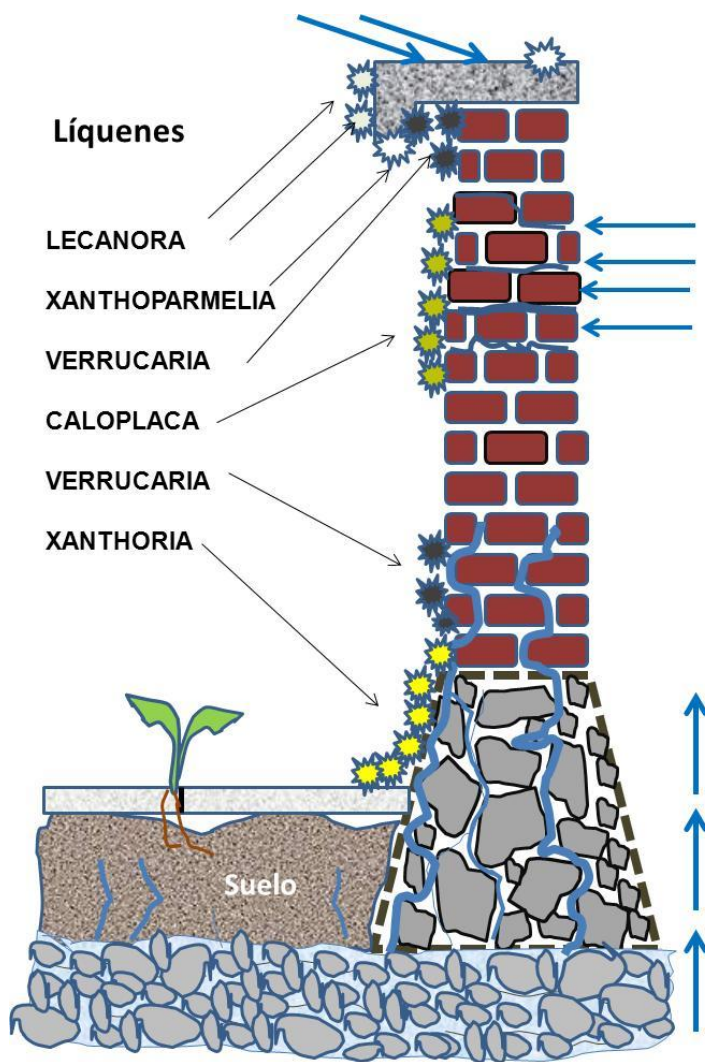
Figura. 212 Acumulación de ácidos liquénicos

el efecto macroscópico de lo anterior es la ruptura de los perfiles, siendo los más vulnerables los que la sección delgada sobresale mucho del cuerpo principal.

En la Ciudad de Toluca, en su Centro Histórico vamos a encontrar fundamentalmente los líquenes verde claro, redondos, amarillo naranja, verde amarillo y negros, estos tres últimos se encuentran como alfombras o tapices mientras que el primero es la Figura tradicional del liquen redondo. Recordemos que no tenemos un solo liquen, lo que tenemos es un conjunto de líquenes organizados en una colonia, cuyo crecimiento puede ser radial o puede ser lineal, es decir se puede observar puntos redondos de crecimiento disperso o tapetes continuos de colonias de líquenes.

Los líquenes negros tienen otro comportamiento, lo pueden hacer como tapetes o papel tapiz, o lo pueden hacer en términos del chorreamiento de agua descendente; además los líquenes negros pueden ser confundidos con las costras de material carbonáceo que está flotando en el ambiente, la diferencia en la observación radica en el grado de dispersión en la pared o muro en donde se depositan unos y otros. El material carbonáceo desprendido de los escapes de los vehículos que usan combustibles fósiles son partículas aisladas menores a 2.5 micrómetros, mientras que los líquenes negros se presentan como

agregados mayores a esa dimensión, el material carbonáceo se deposita en cualquier parte, los líquenes negros son biocompatibles con ciertos tipos de materiales sólidos de origen pétreo.



LOCALIZACIÓN DE LÍQUENES EN MUROS EN EL CENTRO HISTÓRICO DE TOLUCA

Figura 213 Distribución de líquenes en una pared horizontal

Estos líquenes que se presentan como alfombras o como papel tapiz puede ser empleados con fines decorativos, representan un recubrimiento natural, sustentable y que hay que

darle un poco de mantenimiento, como la pared que se presenta a continuación donde los líquenes amarillos están decorando la pared.



Figura 214 Colonias de líquenes como elementos decorativos Centro de Toluca Méx.

Finalmente podemos observar que aparte de la biocompatibilidad de los materiales para ser colonizados por líquenes, estos también se presentan en conjunto con otras patologías, como ya lo hemos mencionado antes. La combinación de colores hace más

evidente la entropía a la que esta sujeta el muro que estamos observando como una pared sucia. La Figura 215 a continuación, , muestra esta condición. La eflorescencia blanca conocida como salitre y el liquen verrucaria de color negro. Ambas patologías siguen como hemos visto con anterioridad a la humedad.

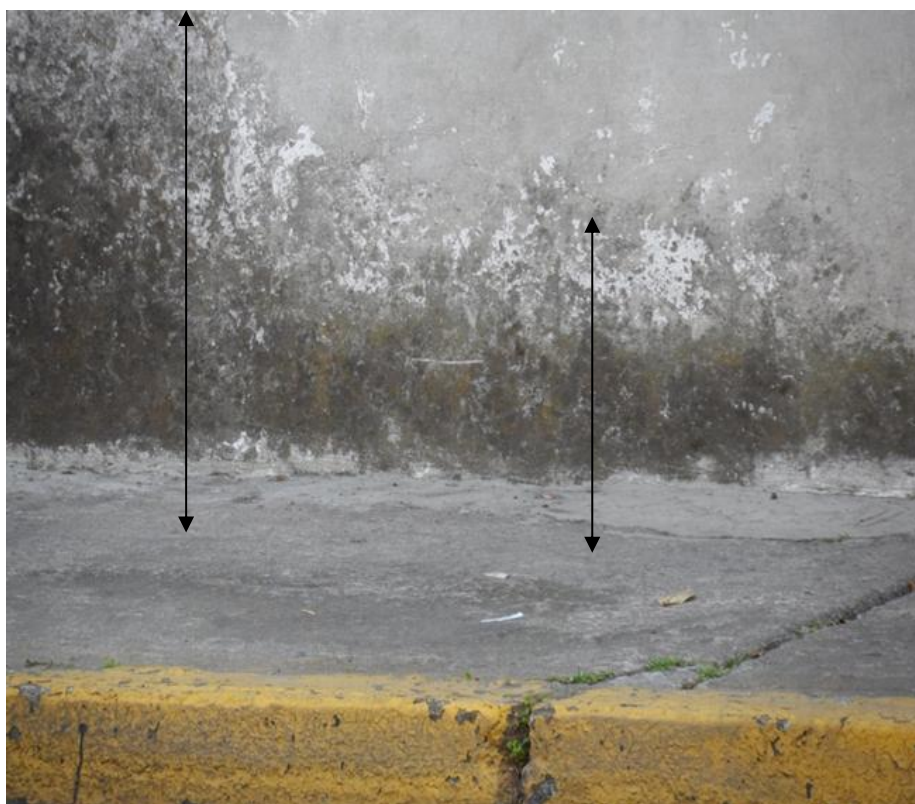
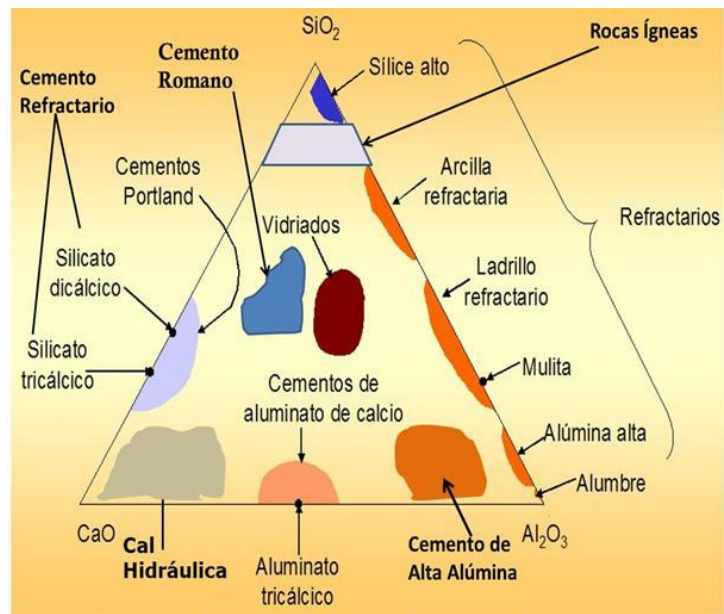


Figura 215 Eflorescencias blancas o salitre y líquenes negros Av. Quintana Roo esq
Venustiano Carranza

De las múltiples especies y variedades de líquenes, no todos hacen presencia en el Centro Histórico de Toluca, cuando mucho son de cuatro a seis las especies ostensiblemente detectables, esto también se presenta con los materiales de construcción y ornamentación que se emplearon mayoritariamente en nuestra zona de estudio y que no van más allá de cuatro a seis. Esto haría pensar en una matriz de 6x6, es decir 36 posibilidades de biocolonización; sin embargo esta condición no se da ya que los líquenes biocolonizan a materiales con capacidad biorreceptora y en el caso de los materiales

pétreos está en función del pH de la roca. A continuación se muestra una Figura 216 representativa de lo que hemos comentado.



Materiales de Construcción

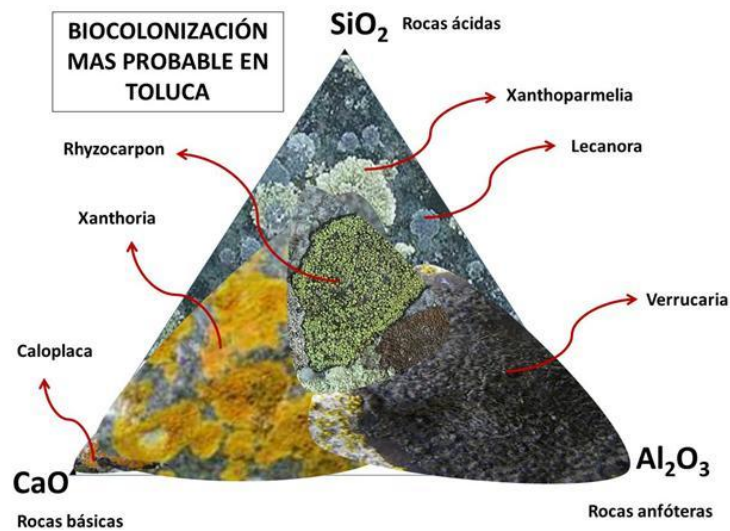


Figura 216 Biocolonización y biorreceptividad

BIO ALTERACIÓN LIQUÉNICA

$$\sum_{i=0}^n (AMBIENTE + PIEDRA)(LÍQUEN)$$

$$\sum \{[(H + HCn + HCa) + (T - \Delta t)] + [(J + \pi + \sigma) + (\varphi + \mu)]\} ke^{tc}$$

$$Y = mx + b$$

HA	= Humedad Absoluta
HCn	= Humedad de Condensación
Hca	= Humedad de Capilaridad
T - Δt	= Varianza de Temperatura

AMBIENTE

J	= Coeficiente de Difusión de Fick
π	= Presión Osmótica
σ	= Tensión Superficial
φ	= Porosidad
μ	= Potencial Químico

PIEDRA

ke ^{tc}	= coeficiente de biocolonización

LÍQUEN

Figura. 217 Expresión matemática de la alteración bio liquénica

Finalmente, como podemos observar, la patología biológica de origen liquénico, viene siendo un proceso fisicoquímico en donde los líquenes en sí, solamente participan en una manera equivalente a un catalizador participante, es decir, por definición u catalizador permite que se lleve a cabo una reacción sin que el catalizador tome parte en la reacción, un catalizador participante permitirá que se lleve a cabo la reacción, no tomará parte en ella como tal, lo que va a actuar son los productos de su fisiología y los demás aspectos fisicoquímicos dependerán a que velocidad crezca la colonia.

Se ha mencionado con anterioridad que los líquenes crecen muy lentamente, de tal forma que la magnitud de su diámetro es directamente proporcional a su edad:

$$\varnothing \propto T$$

Recordemos que para eliminar ese símbolo de proporcionalidad, algebraicamente es necesario introducir una constante de proporcionalidad **k**, de tal forma que la proporcionalidad anterior queda como:

$$\phi = kT$$

Esta constante de proporcionalidad es lo que hemos propuesto como el coeficiente de biocolonización, el cual va a depender de la combinación ambiente-piedra-liquen.

Es posible modelar el crecimiento de una colonia de líquenes sobre una superficie no rugosa, desocupada totalmente, en donde vamos a tener nucleación y crecimiento de la colonia, cada una de las cuales tiene un crecimiento radial hasta que se llena el área disponible. Jetttestuen E, Nermoen A, Hestmark G, Timdal E, Mathiesen J (2010)

Este modelo se fundamenta en la relación existente entre la:

velocidad de nucleación / velocidad de crecimiento

Establecen que una colonia o núcleo de líquenes crecerá en función de lo que se lo permitan sus vecinos; existiendo área disponible todos los núcleos van a crecer a su máxima velocidad posible; estableciendo una relación entre:

área disponible / área total

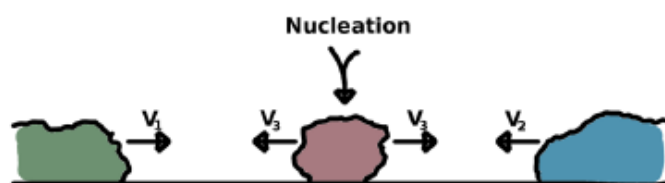


Figure 2. Model of lichen growth and establishment. New lichens are nucleated in the space between existing lichens at a rate β . The ongoing nucleation greatly accelerates the overall rate at which the unoccupied space is being covered.
doi:10.1371/journal.pone.0012820.g002

Figura. 218 Espacios para incremento de nucleación y crecimiento

El tiempo de nucleación lo establecen con la siguiente ecuación:

$$t_{2D} = \left(\frac{2}{\alpha^2 \beta} \log(U_0/U^*) \right)^{1/3}.$$

Fórmula 2 Tiempo de crecimiento liquénico

α diámetro de la hélice de la unidad de colonización o núcleo

β velocidad de nucleación

t tiempo

U área intersticial disponible

Entonces, éste modelo propone un área de cobertura de la capa de líquenes con la siguiente ecuación:

$$A(t) = A_{\infty} [1 - \exp(-\alpha^2 \beta t^3 / 2)].$$

Fórmula 3 Área de crecimiento liquénico

Además establecen una velocidad de nucleación dependiendo de la especie de liquen.

Table 1. List of species presented in Fig. 5A and corresponding growth velocities relative to the fastest growing species.

Species	Color	Relative velocity
<i>Bellemeria alpina</i> (Sommerf.) Clauzade & Roux	yellow	0.80
<i>Bellemeria cinereorufescens</i> (Ach.) Clauzade & Roux	cyan	1.00
<i>Rhizocarpon geographicum</i> (L.) DC.	purple	0.55
<i>Rhizocarpon polycarpum</i> (Hepp) Th. Fr.	grey	0.98
<i>Lecanora polytrapa</i> (Hoffm.) Rabenh.	red	0.63
<i>Lecanora intricata</i> (Ach.) Ach.	green	0.71
<i>Aspicilia</i> sp.	blue	0.86

In the Monte Carlo simulations the velocities are always computed relative to the fastest growing species and therefore in order to achieve the real velocities, we must calibrate the values in the table with a known velocity of at least one species.

doi:10.1371/journal.pone.0012820.t001

Figura 219 Tabla Velocidades de crecimiento de variedades de líquenes

Al llevar a cabo la simulación se obtiene la siguiente secuencia de Figuras:

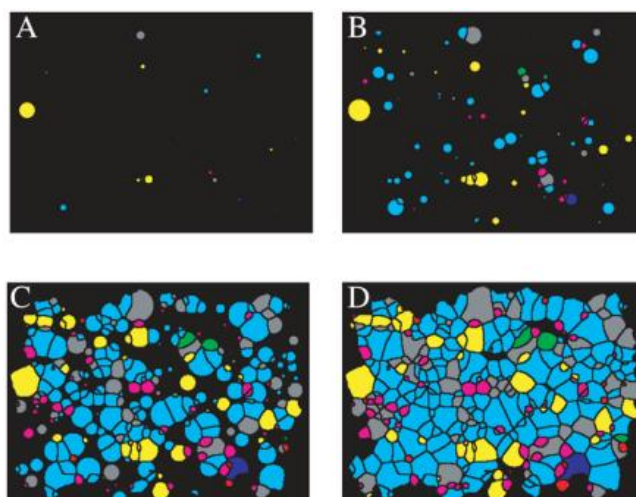


Figura 220 velocidad / área de Biocolonización



Figura 221 *Rhyzocarpon* sobre concreto armado Fuente de Los Jaguares Centro Histórico de Toluca

Este experimento se llevó a cabo en Noruega. Solamente tenemos similitud con los líquenes de la variedad *Rhyzocarpon geographicum* y el *Lecanora muralis*. El primero tiene la apariencia de tapiz, el segundo es de tipo circular. Obsérvese en la ilustración D, que al estar tan cerca una colonia de otra comienzan a deformarse y competir. Esta competencia provoca que unas variedades vayan prevaleciendo más que otras y entonces sucederá la

sucesión predicha por Lamarck en donde comenzarán a desarrollarse otras especies más especializadas, de tal forma que comenzarán a desarrollarse las briofitas y los helechos y posteriormente vegetales superiores.

Bajo otras condiciones de rugosidad y de composición química, algunos materiales pétreos de origen ígneo, como la roca basáltica con porosidad muy baja, que en lugar de formarse líquenes sobre su superficie, se desarrolla una biopelícula muy resistente que la protege del intemperismo.



Figura 222 Patología Biológica de origen liquénico. Calle Horacio Zúñiga Col Ciprés Toluca Méx.

Con la Figura 222 hemos decidido terminar nuestro capítulo de patologías, ya que en ella se resumen casi todas las patologías que hemos mencionado y citado para nuestro estudio y así tener elementos de juicio para estar en posición de determinar si los líquenes son en realidad tan dañinos como se cita en la mayoría de la bibliografía al respecto de los líquenes o son simplemente un señalizador de otra patología primaria.

CAPÍTULO VIII. OBSERVACIÓN DE CAMPO -IGLESIAS DE TOLUCA-

8.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo vamos a presentar exclusivamente tres casos de inmuebles que forman parte del Patrimonio Cultural Arquitectónico Inmueble de interés histórico y social del Centro Histórico de la Ciudad de Toluca, corresponden a tres inmuebles dedicados al culto católico, para observar con detenimiento las patologías que se puedan detectar, buscar la presencia de líquenes y tener suficientes elementos de juicio para analizar y luego juzgar la presencia de líquenes que se lleguen a encontrar.

Las Iglesias corresponden a diferentes épocas constructivas y sus comunidades son diferentes en cuanto a nivel socio económico y cultural. Se han seleccionado las siguientes:

1. Catedral de Toluca
2. Iglesia de San José El Ranchito
3. San Bernardino de Siena

Entre la primera y la última no existe el uso de los mismos materiales entonces el parecido es casi inexistente; la iglesia del caso número dos sí tiene materiales comunes a las otras dos. Las tres son del culto católico con diferentes historias pero son las menos intervenidas entre las Iglesias de Toluca que se encuentran en el Centro Histórico.

8.2 ANTECEDENTES

Fueron los Frailes Franciscanos los que trabajaron con toda abnegación en la conversión de los Matlazincas. La evangelización debió comenzar al principio de la conquista, por 1531. (Martínez Miquélez 1984).

El apostolado franciscano se completó con la fundación del Convento de la Asunción en Toluca, terminado por los años de 1575. Se construyeron la Capilla Abierta de los Otomíes (quedan tres arcos en el Portal Reforma #104 Interior); la Iglesia Convento Franciscano con las Capillas Anexas, de San José o Sagrario, la del Rosario, la Iglesia de la Tercera Orden (hoy Parroquia de San José o Sagrario), la Capilla de la Santa Escuela; finalmente el Templo de la Santa Veracruz. (Martínez Miquélez 1984).

Ayudaron en la evangelización los Hermanos Juaninos desde 1695. Ellos construyeron la Iglesia de San Juan de Dios (hoy Parroquia de Guadalupe), de hermosa fachada barroca. Los PP Carmelitas que legaron en 1698; y los Mercedarios desde 1731. Estas Ordenes Religiosas construyeron sus propios Templos y Conventos. (Martínez Miquélez 1984).

La Iglesia Catedral de San José de Toluca, es el templo católico levantado sobre lo que fue el convento franciscano de la Asunción. Está ubicada en el centro de la ciudad de Toluca al sur de la Plaza de Los Mártires. La Iglesia Catedral de Toluca de San José es la sede, y la cátedra del Obispo de la Diócesis de Toluca. Este recinto catedralicio fue erigido bajo el protección y patronazgo de San José de Nazaret que al mismo tiempo es santo patrón de la ciudad.





Figura. 223 Toluca Antigua



Figura. 224 Antiguo Convento de San Francisco (ya no existe)

Litografía del complejo Conventual de la Asunción de María este dibujo fue realizado aproximadamente 10 años después de que se demoliera el convento.

Después de la conquista, a mediados del siglo XVI, la orden de los franciscanos levantó el convento de la Asunción de María en la antigua Tollocan'. Este, fue utilizado por la orden para dedicarse a la evangelización en el lugar.

Ya para el año de 1867, debido al lamentable estado que presentaba el inmueble, y con el aumento de la población de Toluca, se decide demolerlo y, en base a los planos presentados por el arquitecto Ramón Rodríguez Arangoiti, se inicia la construcción del nuevo edificio, el cual sería realizado en estilo neoclásico.

El avance de las obras fue lento y no se retomaron hasta casi un siglo después, en el año de 1951, bajo la dirección del Arquitecto Vicente Mendiola Quezada, quien retoma las obras y se respeta el mismo estilo original, aunque con algunas modificaciones.

Dos Figuras son dignas de mención aquí: Fray Buenaventura Merlín, como iniciador de las obras de la Catedral de Toluca y el primer Obispo de la Diócesis de Toluca, Mons. Arturo Vélez Martínez, impulsor y animador de la obra hasta su consagración el 11 de abril del año de 1978.

En junio de 1884 llegaron los RR.PP. Pasionistas que atienden al Templo del Ranchito. Desde el 3 de agosto del mismo año, los Misioneros del Inmaculado Corazón de María, atienden la Santa Veracruz. (Martínez Miquélez 1984).

De las construcciones Franciscanas solo quedan cuatro para recordar su paso por Toluca:

1. Arcos de la Primitiva Capilla Abierta
2. Templo del Tercer Orden (hoy Templo del Sagrario)
3. Sacristía del Convento construída por José Cillero, milagrosamente conservada en medio de la Plaza Fray Andrés de Castro, conocida como Capilla Exenta.
4. Templo de la Santa Veracruz, totalmente y con todo restaurada en estas fechas de 1983.

(Martínez Miquélez 1984).

La iglesia de la Santa Veracruz, se comenzó a construir en 1753 y guarda en su interior un Cristo negro que es muy milagroso, el cual fue colocado en el altar el 28 de febrero de 1797.

Ca illa Iglesia de San Bernardino de Siena. Este templo es el que casi no esta intervenido; mantiene su arquitectura original, rígida, burda, hecha en piedra brasa propia del lugar. Por dentro es un templo muy agradable.

8.3 VARIABLES DE INCLUSIÓN

El universo de trabajo de la presente investigación, incluye iglesias que se encuentran en el Centro Histórico de la Ciudad de Toluca, independientemente de la orden religiosa católica a la que correspondan, del estilo arquitectónico, que esté bajo la tutela del INAH y que el material de construcción mayoritario sea lo que hemos considerado como piedras de construcción y ornamentación. Sea observarán y analizarán la fachada y las paredes laterales exteriores.

8.4 VARIABLES DE EXCLUSIÓN

Como variables de exclusión, se planteó que las Iglesias a estudiar no estuvieran demasiado intervenidas y que sus fachadas fueran de piedras de construcción y ornamentación expuestas, es decir, sin aplanados que oculten a la piedra y el tipo de muro.

De tal forma que las Iglesias del Carmen y de la Merced quedaron excluidas porque es tal el grado de intervención que ya deben ser consideradas bajo otros criterios de observación.

Es menester comentar que no fue fácil obtener en algunos casos, como es la Capilla de Los Dolores, en donde a pesar de haber solicitado permiso al Capellán la xenofobia de la comunidad fue manifiesta.

8.5 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Nuestra área de estudio no corresponde exactamente a lo que se ha señalado geopolíticamente el Centro Histórico de la Ciudad de Toluca, debido a que solamente la Catedral de Toluca y la Iglesia de San José El Ranchito estarían inscritas. La Iglesia Capilla de San Bernardino de Siena quedaría a menos de un kilómetro de distancia.

Como se puede observar en la siguiente Ilustración núm.1 que corresponde a finales del Siglo XIX principios del Siglo XX, la Ciudad de Toluca, en sí era muy pequeña, tal vez lo que hoy viene siendo el primer cuadro de la Ciudad, desde el punto de vista de vialidad, correspondiendo esto el área comprendida entre las Avenidas Pino Suárez hacia el Oriente, Quintana Roo hacia el Poniente, Lerdo hacia el Norte y Morelos hacia el Sur. Se ha hecho un pasillo que corresponde a la Avenida Villada que después se alarga hasta Paseo Colón, esquina con Avenida Venustiano Carranza. Aunque el monumento a Colón queda un poco más hacia el Sur, lo mismo que el Monumento a Los Niños Héroes estarían en el mismo, que para la época en la que se hizo este plano, todo lo que era hacia el sur

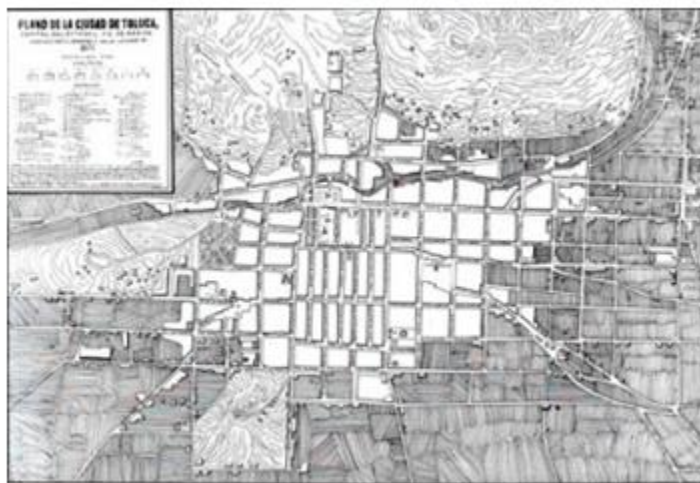


Figura 226 Ilustración 1.- Plano de la Ciudad de Toluca Siglo XIX

En la época referida San Bernardino era uno de los pueblos alrededor de Toluca y como tal, su Capilla Iglesia es muy pequeña pero con los suficientes elementos para officiar misa.



Figura 227 Ilustración 2.- Plano de la Ciudad de Toluca en 1984

En la Ilustración 2 se observa el crecimiento de la Ciudad de Toluca, Cabecera del Municipio del mismo nombre cuyos límites alcanzaron geográficamente a otros municipios. En realidad la extensión territorial del Municipio de Toluca es mucho mayor.



Figura 228 Ilustración 3.- Cabecera Municipal de Toluca

Después de 1985 la Ciudad creció aún más con la inmigración proveniente del Distrito Federal posterior al sismo del 19 de septiembre. Aunque la Ciudad ha crecido, se considera que esta delimitada por el trazo de la Avenida Paseo Tollocan, Avenida Alfredo del Mazo, Avenida José López Portillo hasta el entronque con la Carretera hacia Atlacomulco. Quedan fuera de esta zona metropolitana, lugares como Calixtlahuaca, Tlachaloya, El Cerrillo Piedras Blancas y Tlaxomulco considerando esta zona nor-poniente.

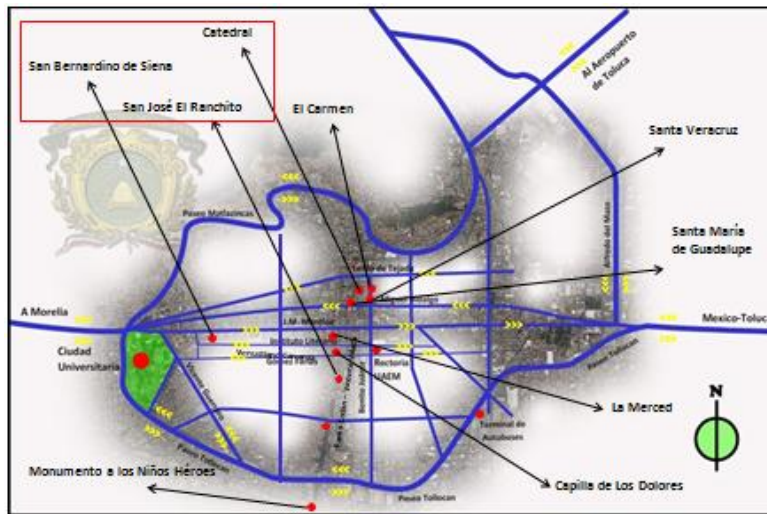


Figura 229 Ilustración 4.- Mapa Actual de Toluca y localización de inmuebles sujetos de estudio

En la Ilustración 4 se muestra la zona metropolitana de la Ciudad y al mismo tiempo se indica la localización de los templo católicos que son sujetos de nuestro estudio.

En la Ilustración 5 se propone el polígono que forman las calles y avenidas donde están nuestros inmuebles, sujetos de estudio.



Figura 230 Ilustración 5.- Delimitación Regular del Centro Histórico

Donde se ve un poco de manera más precisa la localización de nuestros inmuebles y su entorno inmediato.

Es importante señalar esta posición, ya que ese entorno inmediato se refiere el tipo de actividades socio-económicas-culturales que en un momento pueden ser factores a considerar por los microclimas existentes alrededor de cada inmueble.

8.6 MONITOREO DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA ZONA METROPOLITANA DE TOLUCA

A continuación se presentan diferentes monitoreo durante varios períodos de tiempo, de los contaminantes atmosféricos primarios, es decir, COx, NOx, SOx, HC, PM, aunque en realidad los reportes que emite la Secretaría de Ecología Estatal referente al monitoreo atmosférico de la zona metropolitana, estos corresponden a diferentes zonas de monitoreo y observando la localización de las mismas nuestra zona de estudio corresponde a lo que se reporta como Zona Centro.

En la actualidad solamente se reporta el ozono, aunque es un contaminante secundario y las macro partículas suspendidas en el aire como 2.5PM, 5.0PM y 10PM, que corresponden a sus diámetros aerodinámicos medidos en micrómetros.

a).- descripción del ambiente urbano actual en el entorno de nuestros edificios

1. Catedral de Toluca. Se encuentra en la denominada Plaza de Los Mártires sobre Avenida Independencia y Avenida Bravo. Transita un gran número de vehículos, la mayoría de ellos son motores de combustión interna a base de gasolina. La emisión de contaminantes primarios contiene relativamente menor cantidad de azufre que en la zona donde hay tráfico elevado de autobuses que emplean diésel como combustible.
2. Iglesia de San José El Ranchito. Se encuentra en Avenida Villada, una de las avenidas más concurridas en determinadas horas por vehículos de combustión

interna tanto de gasolina como de diésel. La probabilidad de estar en contacto con óxidos de azufre es mayor.

3. Capilla Iglesia de San Bernardino De Siena. Se encuentra sobre Avenida Morelos, muy cercana al Campus Cerro de Coatepec de la Universidad Autónoma del Estado de México, en el Poniente de la Ciudad. El tráfico continuo de vehículos con motores de combustión interna tanto gasolina como diésel. La probabilidad de estar en contacto con óxidos de azufre es similar a la de la Iglesia de San José El Ranchito.

Nuestros edificios se encuentran en el mismo perímetro de monitoreo atmosférico. En esto se ha hecho énfasis ya que sabiendo, como se mencionó en capítulos anteriores, el dióxido de azufre juega un papel importante en la química de los líquenes y los materiales pétreos.

También es necesario realizar una aclaración que creemos pertinente. No existe relación entre la escala IMECA, y lo que en capítulos anteriores se mencionó como Índice de Pureza Atmosférica Biológica. Si bien la primera escala mide la existencia de contaminantes atmosféricos en forma de aerosol referido a los límites de toxicidad que pueden afectar al ser humano; sin embargo como hemos citado, el IPAB se refiere a la calidad de vida de los seres vivos, vegetales y animales, pero además como afectan a los edificios, aún sean estos hechos de materiales pétreos de construcción y ornamentación.

b).- Interpretación cualitativa de los gráficos.

En el Gráfico 1 se tienen casi 10 años de monitoreo, esto viene en la columna de la izquierda. En el primer renglón viene una división de columnas en términos de: seco frío, seco húmedo, lluvioso y nuevamente seco frío. Esto es de noviembre a noviembre. Cada sección viene dividida en contaminantes.

Nuestro objetivo no es el estudio de los contaminantes atmosféricos, sin embargo se puede interpretar por las coloraciones que el clima en este período no sufrió grandes

cambios para que de alguna manera se interprete que el clima haya sido agente de cambio.

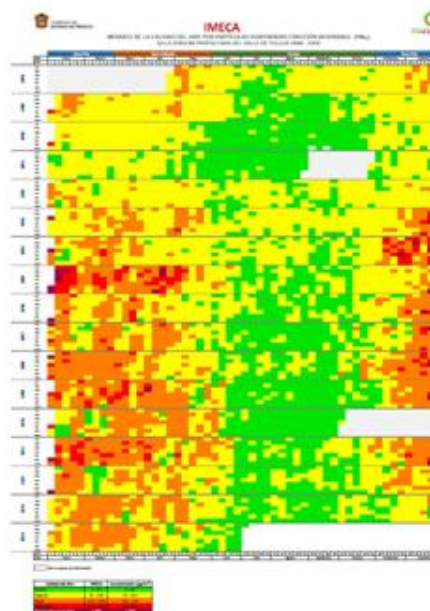


Figura 231 Gráfico 1 Variación en 10 años

Gráfico 2 Variación en 10 años PM

En el Gráfico 2 se presenta la misma variación pero solamente en cuanto a material particulado. Si bien este parámetro no tiene efectos químicos, si tiene relación con un factor de ensuciamiento, por el aerotransporte de material carbonáceo e inclusive ser un parámetro relativo al transporte de líquenes en el aire. Se observan dos variaciones anuales de concentración, todas ellas presentan la misma homogeneidad. A esta última puede asociarse la variación de temperatura aunque con una variación inversamente proporcional a la concentración. No se cuenta con información sobre la humedad relativa.

En el Gráfico 3.- se presenta de manera combinada las variaciones anuales combinadas de meses junio diciembre equivalentes de dos años diferentes 2011 y 2012. Nuevamente no se observan variaciones radicales en cuanto a los diferentes puntos de monitoreo.

Esto nos lleva a pensar que sí existiese alguna relación entre la contaminación ambiental monitoreada desde el punto de vista químico ambiental, se vería reflejado en los edificios.

La realidad es un poco más compleja, porque sin existir cambios drásticos, aparentemente, los edificios si lo han tenido cambios drásticos en los periodos de tiempo. Es ahí donde toma fuerza lo que hemos llamado el síndrome de las ventanas rotas, ya discutido antes.

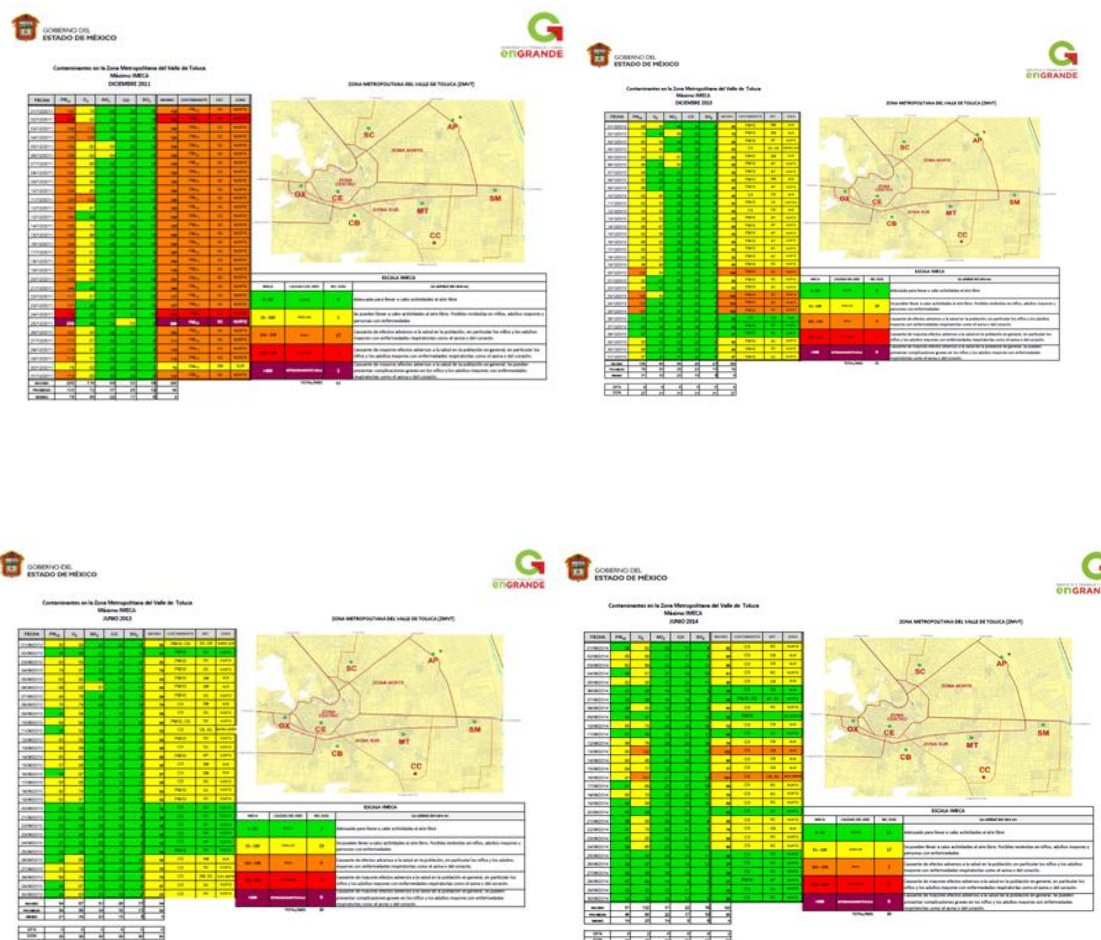


Figura 232 Gráfico 3.- Variación mensual en dos equivalentes anuales junio-diciembre

Existen momentos en que los edificios son más vulnerables y esto es en el cambio de temporada de seco frío a seco caliente, por el estrés hídrico y la heladicidad. Si bien los líquenes tienen la capacidad de adaptación e inclusive se les considera extremófilos, los

materiales pétreos de construcción y ornamentación no tienen esta capacidad y sobre vienen fracturas y grietas, causantes del desconchamiento de las piedras, por ejemplo.

8.7 SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS

Este modelo de un sistema de identificación es un producto de la observación de campo y de la integración de las variables observadas, es un modelo teórico, empírico fundamentado en la ponderación de la interacción de las patologías.

Para identificar a las patologías se va a emplear la siguiente propuesta de nomenclatura y sistematización:

Tipo de Patología	Física, gravedad	Química, gravedad	Biológica, gravedad	Antropogénica, gravedad	Mantenimiento, Grado	IPAB Grado
Física	Mecánico o Térmico	Corrosión Lixiviación Aerosoles Humedad	Liquénica Vegetales Heces	Grafiti Destrucción	Grado 1 2 3 4	1 2 3 4
Tp F,Q,B,A	F X M, T	QX C,L,A,H	BX L, V, G	AX G, D	X	X

Ejemplo de interpretación sobre el material fotográfico

notación

(Tp) (F2M) (Q3L) (B3L) (A1D) (13)

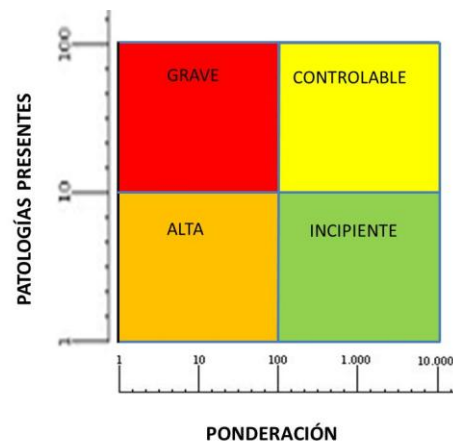
ponderación

2x3x3x1x1x3 = 54

cantidad de patologías presentes 4

Tipo de patología: Física grado 2, Química grado 3 Lixiviación, Biológica grado 2 Liquénica, Antropogénica grado 1 Grafiti, mantenimiento 1, IPAB 3

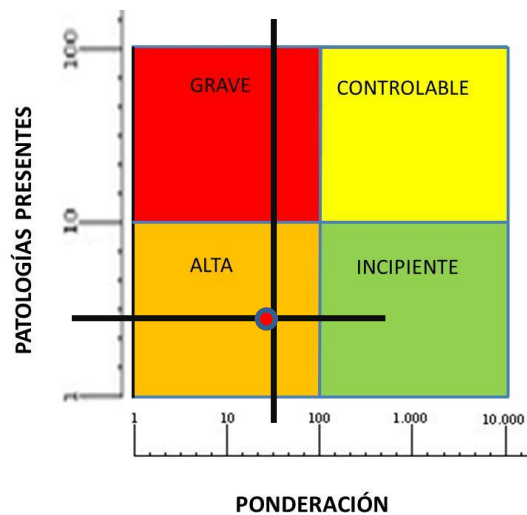
VULNERABILIDAD



Este Sistema de Identificación de Patologías, se fundamenta en el hecho de que la alteración superficial de los materiales pétreos de construcción se lleva a cabo dentro de un conjunto de patologías que interaccionan entre sí

Ejemplo de aplicación

VULNERABILIDAD



En este ejemplo de aplicación, el edificio correspondiente se encuentra en la zona de vulnerabilidad alta, se presentan daños todavía reversibles, la cantidad de patologías es reducida y la gravedad también es media.

Un diagnóstico de vulnerabilidad alta es una señal de alerta para que se proceda a una intervención de restauración.

Un diagnóstico de vulnerabilidad grave es una señal para que se proceda una intervención de reconstrucción

Un diagnóstico de vulnerabilidad controlable es una señal para que se proceda a una intervención de preservación.

Un diagnóstico de vulnerabilidad incipiente es una señal de que el mantenimiento genérico del inmueble debe de ser más continuo.

FICHA TÉCNICA

Nombre del Inmueble y localización: Catedral de Toluca de San José. Se encuentra enfrente de la Plaza de Los Mártires, sobre Avenida Independencia Pte. casi esquina con Avenida Nicolás Bravo Nte. en Centro Histórico de la Ciudad.

Breve descripción del Inmueble: La Catedral al exterior es impresionante por las dimensiones de la obra arquitectónica, en la que se conjugan los ordenes del arte de la antigüedad grecorromana; salta a la vista la monumentalidad de la fachada principal porque el arco de medio punto en las puertas y en los nichos luce entre pares de columnas que tienen el capitel del orden corintio y que sostienen el frontón el cual fue elemento característico de los templos griegos en el que se encuentra el alto relieve de la Ascensión del Señor realizado por el Maestro Don Juan Ramírez, al igual que las estructuras que representan a los Apóstoles y que se localizan en los nichos, de izquierda a derecha: Santiago El Mayor, San Pablo, San Pedro, San Felipe y sobre la cornisa en las base de las torres, los Evangelistas: San Mateo, San Juan, San Marcos, y San Lucas y a los lados en el muro sobre el que se encuentra el reloj, los Doctores de la Iglesia: San Juan Crisóstomo, San Basilio, San Atanasio y San Gregorio Nacianceno y sobre el reloj las alegorías de las Virtudes Teologales en este orden: la Caridad a la derecha, luego la Fé en el medio y la Esperanza a la izquierda; la elegancia de los muros laterales se adorna con las puertas,, las ventanas, los ojos de buey y la balaustrada que corona la cubierta en la que realiza la bóveda de cañón a niveles sobresaliendo, el nivel de la bóveda central y por detrás de la cúpula la bóveda del ábside; las torres son el campanario y en éstas y en la gran cúpula adornan las pilastras y columnas toscanas y sobre la linternilla de la cúpula, la escultura de San José que presenta al Niño Jesús.

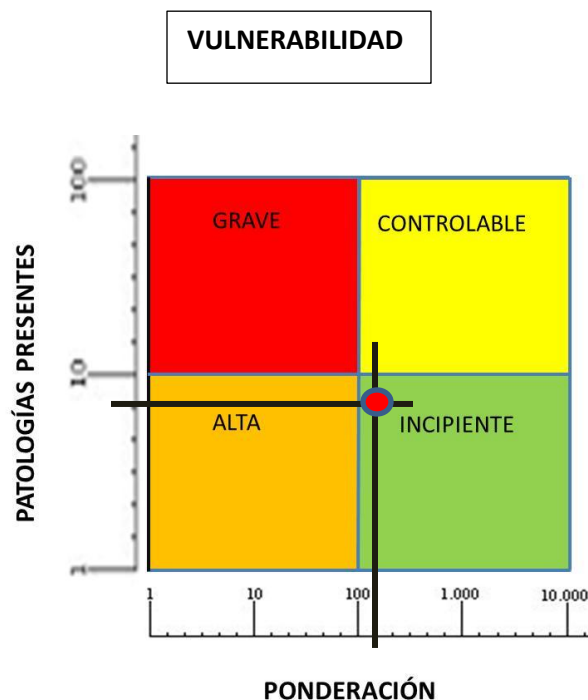
La Catedral tiene las siguientes dimensiones: noventa metros de largo, cuarenta y cinco metros de ancho y de alto, considerando a nivel de la calle hasta el eje de la cúpula, sesenta metros; esta orientada hacia el Norte.

La fachada tiene bastantes puntos vulnerables por su diseño arquitectónico que promueve la acumulación de agua, en sus diferentes presentaciones.

Identificación de las Patologías: TpF2MTQ3CLAHB2LHA2D23. Ponderación 144 Número de Patologías 11

Descripción de la Patología Biológica de Origen Liquéutico: Las colonias de líquenes que más se encuentran son los amarillentos verdosos tipo tapete que se encuentran en el segundo piso. Los crustosos son los verde esmeralda. En las paredes laterales no se detectó la presencia de líquenes; solamente en la fachada y en las columnas del pórtico.

Diagnóstico de Vulnerabilidad: controlable



Comentarios: La Catedral de Toluca de San José ha entrado en un proceso franco de deterioro general por falta de un mantenimiento adecuado y oportuno. Esto no es causado por la existencia de líquenes, sino por la forma de eliminar a los líquenes existentes que lo único que se realiza es proliferar su dispersión y crecimiento en el mediano plazo.

La existencia de colonias de líquenes en una franja muy marcada del frontón se debe a humedad capilar horizontal, es decir, hay acumulación de humedad por dentro de la iglesia y que por un mecanismo de ósmosis hace que salga hacia la superficie expuesta de la pared.

La acumulación de heces fecales de palomas, depositados en los pretilos de la fachada han propiciado una lixiviación ácida que han debilitado la resistencia de los perfiles de las cornisas y tableros. También ya son notorios los escurrimientos blancos que son indicio de la aparición de eflorescencias pulverulentas blancas, que salen de la parte de atrás de las piedras que forman la fachada, esto significa que se está entrando en un proceso de decaimiento de la roca inicial.

Con respecto a las Figuras, solamente se puede comentar que el proceso “rápido” de mantenimiento consistente en pintarlo con pintura vinílica, sin dar la limpieza correspondiente, solamente oculta los daños superficiales existentes, que en un futuro cercano se revelarán dado una apariencia de escultura envejecida.

El 19 de febrero de 2014, en ocasión de la visita de los dignatarios del TLCAN se llevó a cabo unos días antes un mantenimiento rápido en el cual, por ejemplo cepillaron los líquenes crustosos de las columnas del pórtico. Hoy 23 de septiembre del mismo año ya comienzan a ser visibles nuevamente los núcleos de colonización, será hasta la siguiente temporada de lluvias.

Se ha dado una categoría de controlable a la vulnerabilidad ya que si bien le hace falta bastante mantenimiento a la iglesia, no se ha entrado a un proceso de deterioro irreversible.



Figura 233 Catedral de Toluca

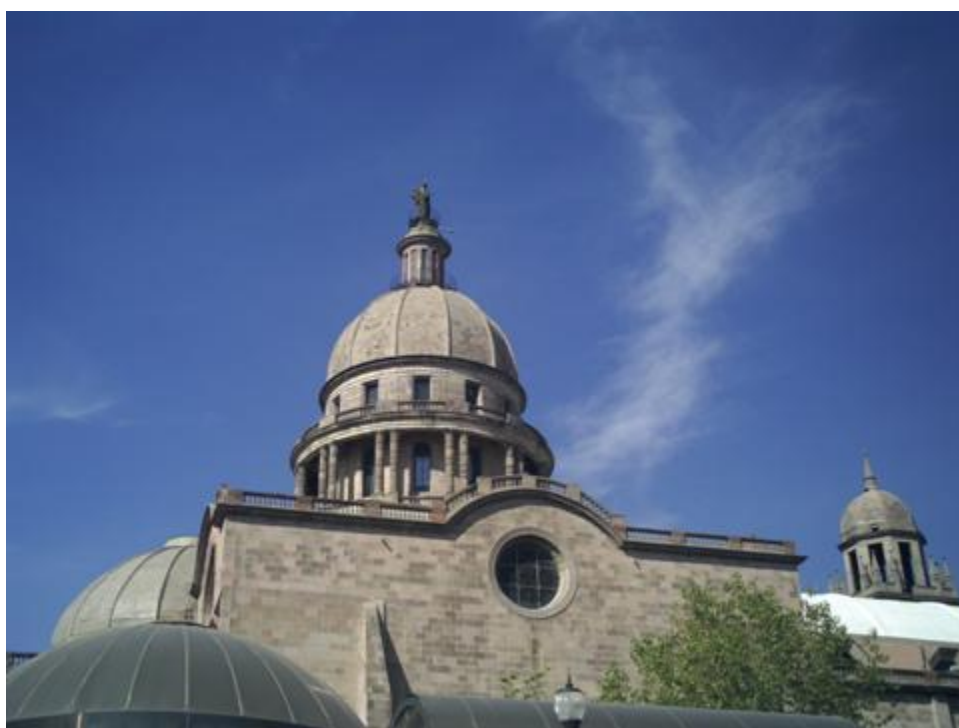


Figura 234 Cara lateral y cúpula

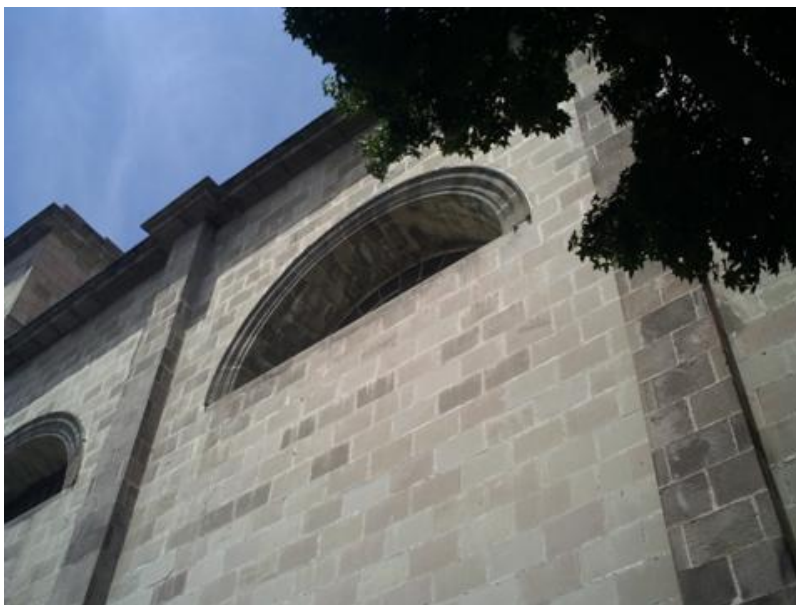


Figura 235 Pared lateral Oriente

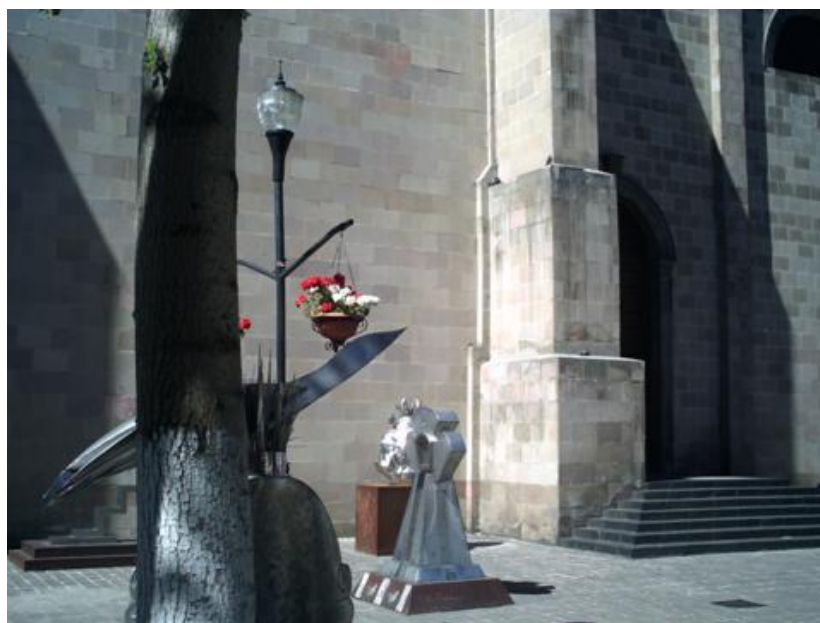


Figura 236 Entrada lateral oriente Catedral de Toluca



Figura 237 Campanario Oriente



Figura 238 Fachada de la Catedral



Figura 239 Detalles de la Fachada de la Catedral



Figura 240 Detalles de la Fachada de la Catedral



Figura 241 Detalles de la Fachada



Figura 242 Heces fecales de las palomas



Figura 243 Columnas de la Fachada

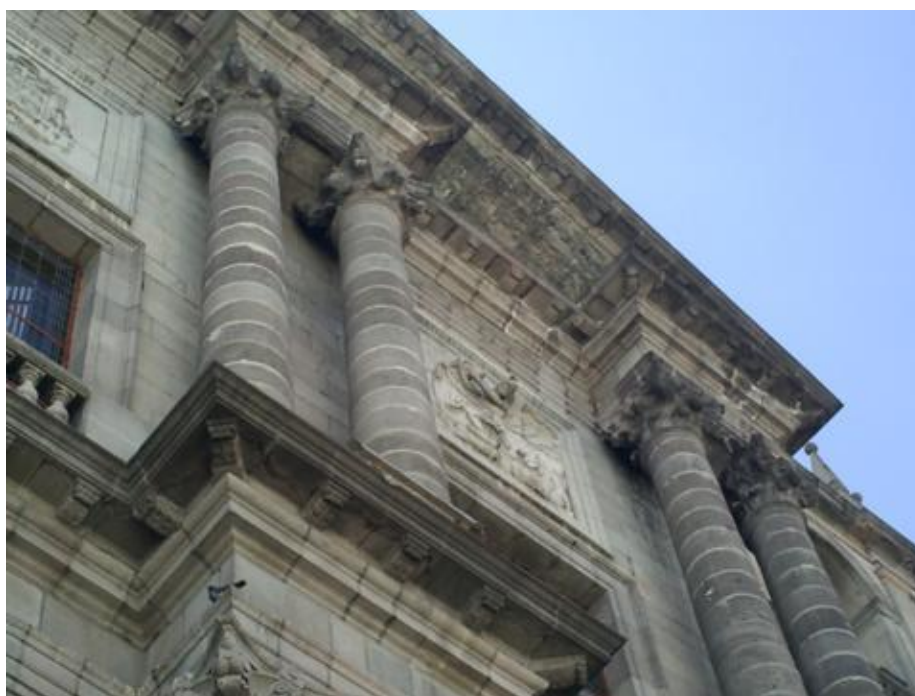


Figura 244 Acumulación de material carbonáceo y líquenes oscuros



Figura 245 Puerta de la entrada principal. Acumulación de suciedad



Figura 246 Deterioro de esculturas



Figura 247 Deterioro del material pétreo

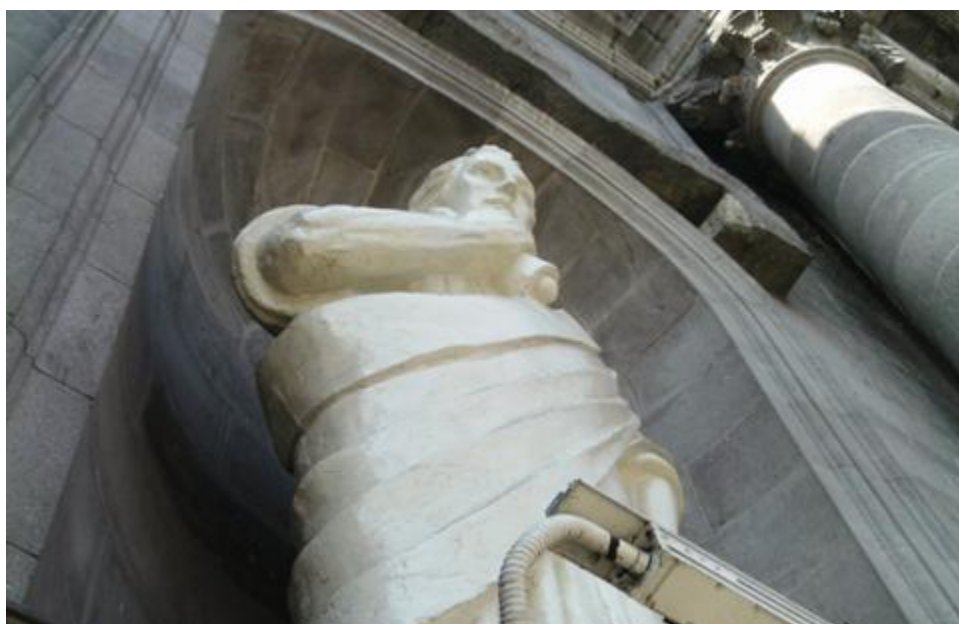


Figura 248 Intervenciones inadecuadas



Figura 249 Fractura del material pétreo Pórtico Principal



Figura 250 Deterioro irreversible del material pétreo

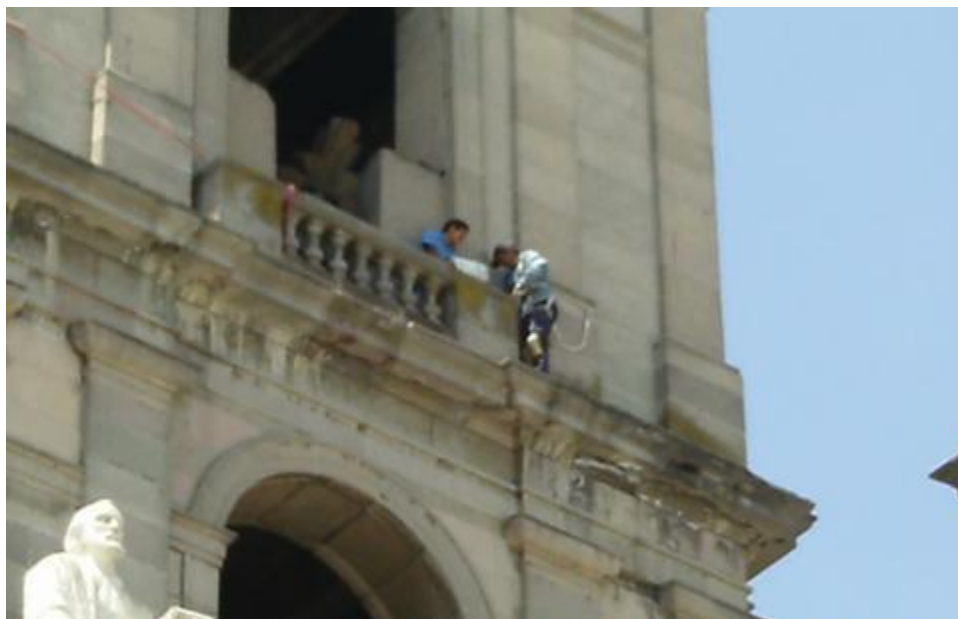


Figura 251 Realizando operaciones de limpieza poco profesionales e inseguras



Figura 252 Intervenciones con alto grado de inseguridad



Figura 253 Solo recolección de heces fecales y basura



Figura 254 Intervenciones poco profesionales

FICHA TÉCNICA

Nombre del Inmueble y localización: Iglesia de San José El Ranchito. Se encuentra en Av. Villada, entre Horacio Zúñiga y Francisco Murguía. Es una de las Avenidas más transitadas de la Ciudad. Esta orientada hacia el poniente.

Breve descripción del Inmueble: Esta es una Iglesia de estilo franciscano, cuyas paredes laterales son fundamentalmente de piedra volcánica, combinando el basalto espumoso con el basalto compacto rojo. Se comenzó a construir en 1884 y se consagró en 1892 como consta en la Figura de su fachada. Actualmente ahí ofician los R.R.P.P Pasionistas.

“Con un proyecto de los egresados de la Academia de San Carlos, el Arq. Juan Cardona e Ing. Antonio Torres Torija se construyó un edificio que mide 26.89m x 43.84m., con una altura de 20.55m en la nave central y 11.67m en las naves laterales. La dirección de la obra estuvo a cargo del Lic. Carlos Suarez. Después de 7 años, el templo sin la torre estaba terminado con piedra extraída del vecino Cerro del Calvario. Único templo en la Ciudad con tres naves, una menos que Catedral. En el exterior le sirven y le adornan con mucho sus contrafuertes y botareles. Su fachada forrada con cantera blanca labrada le da sobria elegancia. Aunque toda su arquitectura es del Siglo XIX es ecléctica, toma lo que le conviene de los estilos griegos y romanos, así que en el Templo podemos observar capiteles de orden corintio.” (Arq. Antonio Cervantes Tapia 2008).

De la descripción anterior se desprende que el proyecto inicial difiere de la construcción actual por la torre del campanario. Esta Iglesia cumple con los requisitos de una Catedral, es decir tres puertas, las naves; sin embargo esta orientada hacia el Poniente.

Las paredes laterales no presentan daños significativos, salvo lo referente a las patologías constructivas.

La fachada esta tremendamente dañada. Normalmente cuando uno entra a una iglesia pocas veces voltea hacia arriba. Es el caso de El Ranchito, por ser una iglesia muy demandada socialmente lo que interesan son los parroquianos, pero si uno voltea hacia arriba para ver lo que pasa con la fachada se dará cuenta que el ataque a los frisos y cornisas por parte de los líquenes amarillo verdosos y los negros es muy elevada. Tanto que ya se observan grietas y deplacamientos. Además en los perfiles ya se observan cavidades que inclusive ya son nidos de aves.

El exceso de heces fecales de aves es evidente, su acumulación es excesiva en la parte correspondiente a la torre del campanario; además ya se tienen vegetales superiores, es decir plantas que han crecido en lo alto del frontón principal, el empleo de elementos de iluminación que no cumple con lo señalado por los reglamentos correspondiente también es evidente.

El deplacamiento que presentan las piedras en la base de la fachada, causado por la humedad capilar ascendente ya ha hecho sus estragos.

El mantenimiento correspondiente a un edificio parte del Patrimonio Arquitectónico deja mucho que desear en contraste con el mantenimiento estético del lugar.

Identificación de las Patologías: F1MTQ1CLAHB1LVGA2D13

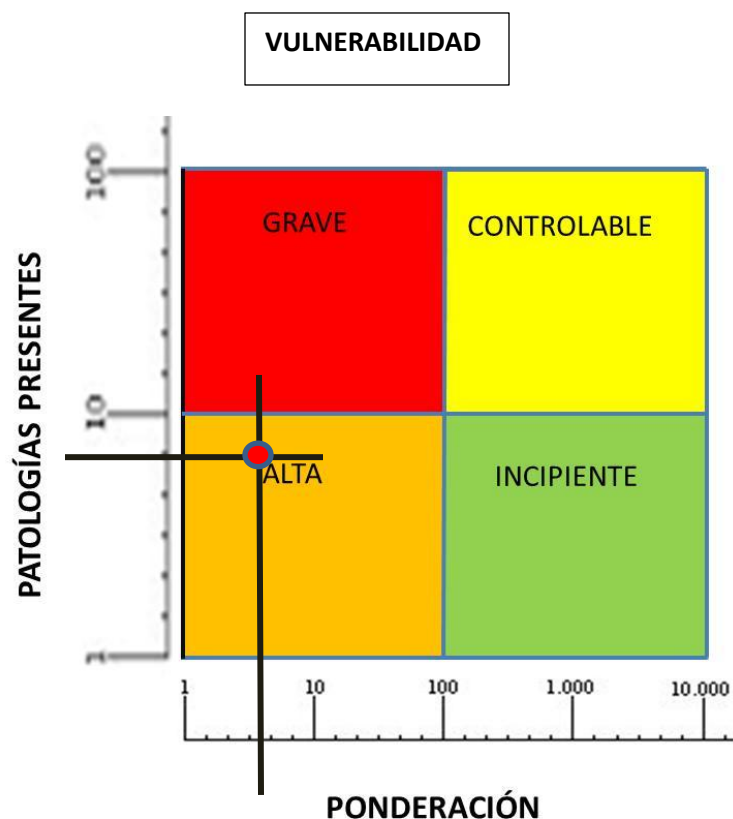
Ponderación de las Patologías: Ponderación de Patologías 6, cantidad de patologías 10

Descripción de la Patología Biológica de Origen Liquélico: Se encuentran de tres a cinco variedades de líquenes, esto fuese normal si no hubiese una sobre población excesiva y una proliferación de colonias de líquenes verde amarillentos, recordemos que lo malo no es que haya líquenes, lo malo es su proliferación adicionada a las condiciones ambientales atmosféricas que están dañando gravemente a la fachada de la iglesia. La etapa de cambio de clima de lluvioso a seco frío ya que la piedra es sometida a un estrés hídrico lo cual propicia una perdida en la compactación del material sólido que esta perdiendo el agua de

humectación y en la época de invierno en Toluca, puede presentarse la heladicidad, que fácilmente puede agrietar al material vulnerable.

Diagnóstico: Se ha catalogado como un estado grave a esta Iglesia, por su bajo grado de mantenimiento especializado, mantenimiento preventivo, exceso de líquenes, heces fecales y también lo correspondiente a la corrosión química causada por una atmósfera ácida causada por la emisión de contaminantes propiciado por los vehículos automotores.

Aunque no corresponde al alcance de este trabajo las patologías constructivas es evidente la gran cantidad de fisuras y grietas incipientes en las áreas de resistencia arquitectónica, debida tal vez al asentamiento propio del edificio y nuevamente la falta de mantenimiento de las autoridades correspondientes. Por dentro de la iglesia se puede observar esto en la bóvedas de arco de medio punto.



Comentarios: Es lamentable que una Iglesia como San José El Ranchito, tan empleada socialmente, con tanta tradición en Toluca, porque pudo haber sido la Catedral de la Ciudad este en tal grado de deterioro, por falta de un mantenimiento especializado en patologías alterantes de la superficie y patologías constructivas. Si bien al visitar la Iglesia por dentro con la aprobación y guía de los Padres Pasionistas se observaron áreas en grave estado de conservación.

El Arte Sacro y Pictórico que ahí se encuentra debe ser revisado por expertos para determinar las acciones a llevar a cabo en los exteriores para proteger a los interiores.

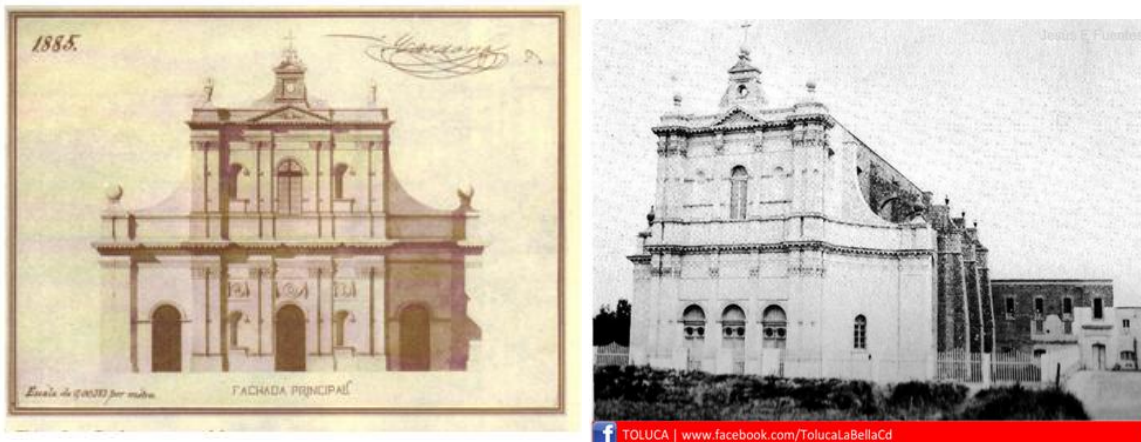


Figura. 256 Ilustraciones de la Iglesia de San José El Ranchito (Toluca La Bella,facebook)

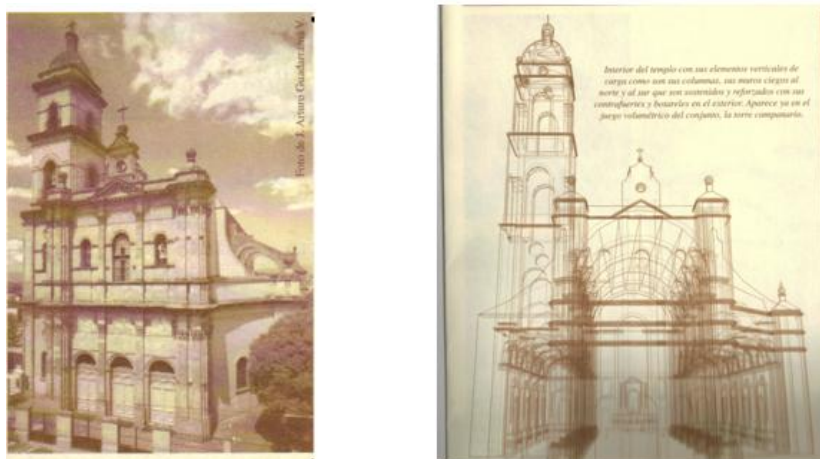


Figura.257 Ilustración de la Iglesia de San Jose El Ranchito (Arquitectur)



Figura 258 Pared lateral norte



Figura 259 Detalles de la Pared Norte



Figura 260 Vegetales superiores y destrucción de los materiales pétreos



Figura 261 Detalles de la Pared Norte



Figura 262 Esgurrimientos de agua pluvial



Figura 263 Detalles de la Fachada



Figura 264 Frontón de la fachada principal



Figura 265 Detalles de la Fachada

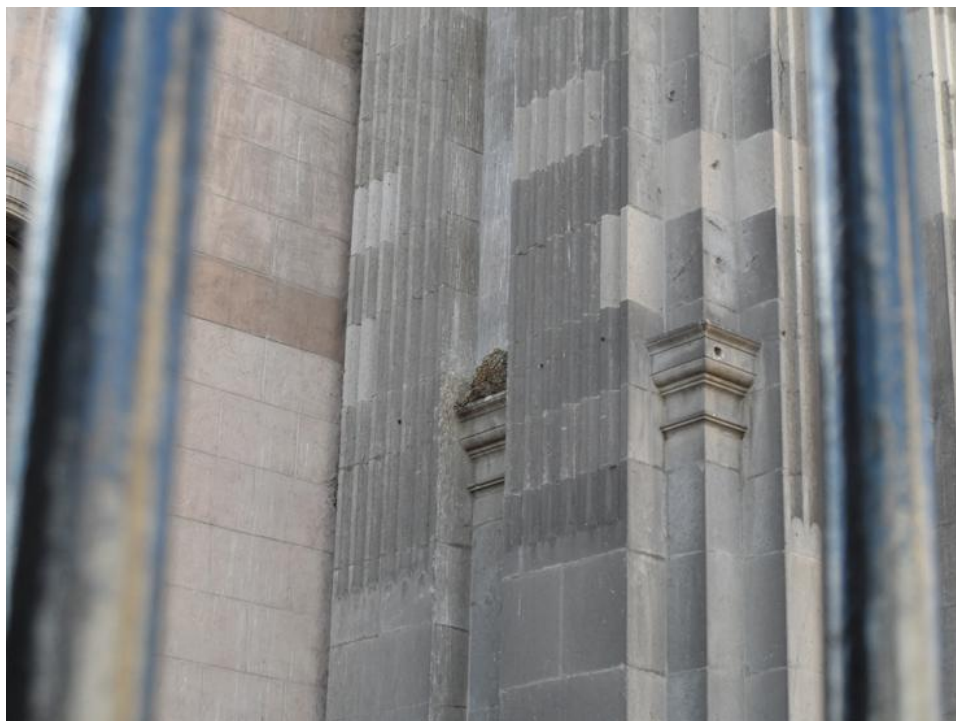


Figura 266 Acumulamiento de heces fecales de palomas



Figura 267 Detalles de la falta de mantenimiento de la Fachada



Figura 268 Destrucción de cornisas y frisos en la fachada principal

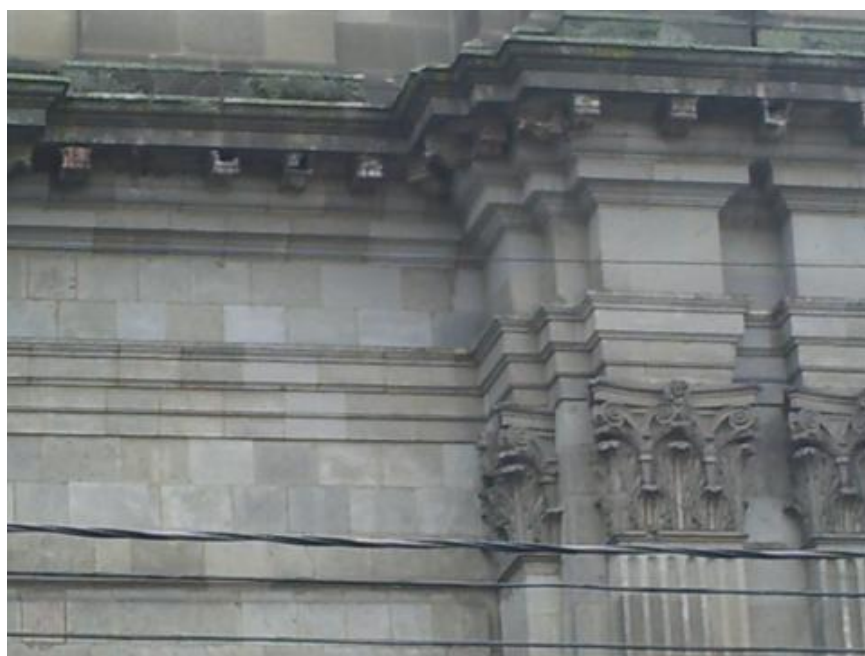


Figura 269 Proliferación de líquenes en cornisas de la fachada



Figura 270 Destrucción del material pétreo



Figura 271 Alteración debida a la acumulación de líquenes



Figura 272 Fachada Principal



Figura 273 Detalle de la fachada y biocolonización en manchas oscuras



Figura 274 deterioro de la base de las columnas



Figura 275 Agrietamiento del material pétreo



Figura 276 Deterioro del material pétreo por humedad capilar ascendente



Figura 277 Desgaste del material pétreo debido a la existencia de humedad



Figura 278 Deplacamiento por humedad



Figura 279 Desgaste del material pétreo debido a la existencia de humedad

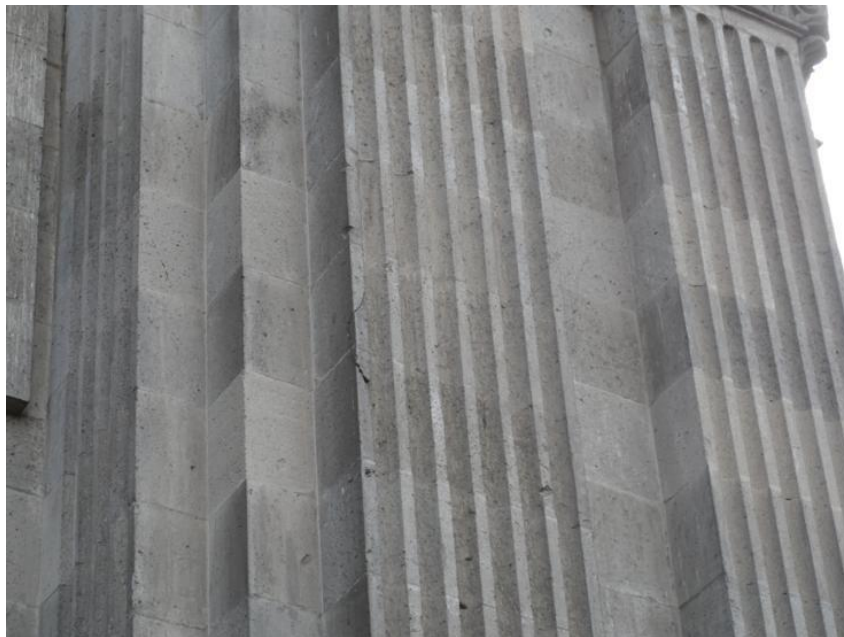


Figura 280 Agrietamiento por helaicidad

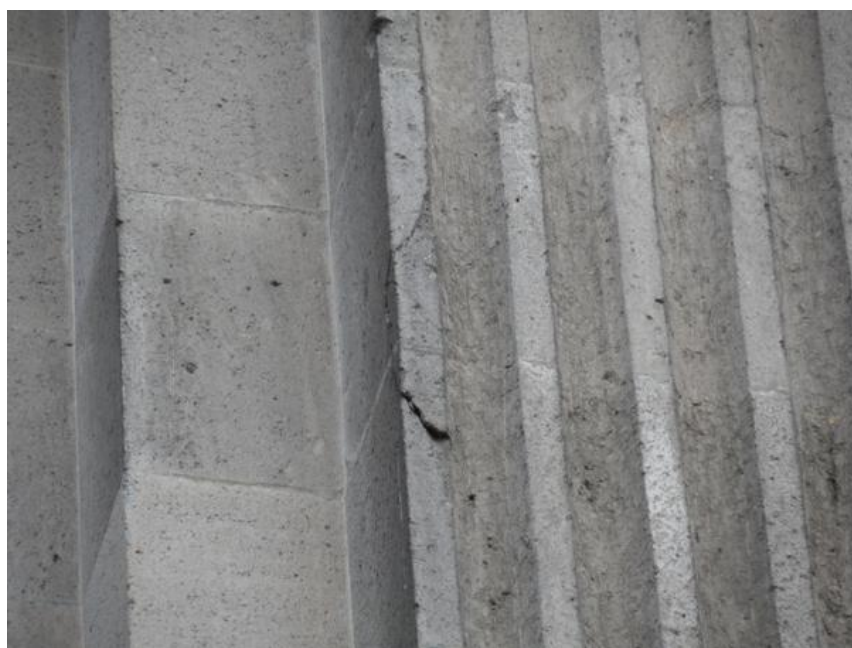


Figura 281 Agrietamiento del material pétreo debido a la existencia de humedad



Figura 282 Agrietamiento de origen constructivo



Figura 283 Agrietamiento del material pétreo patologías constructivas



Figura 284 Entorno que rodea al inmueble



Figura 285 Ambiente que rodea a la Iglesia

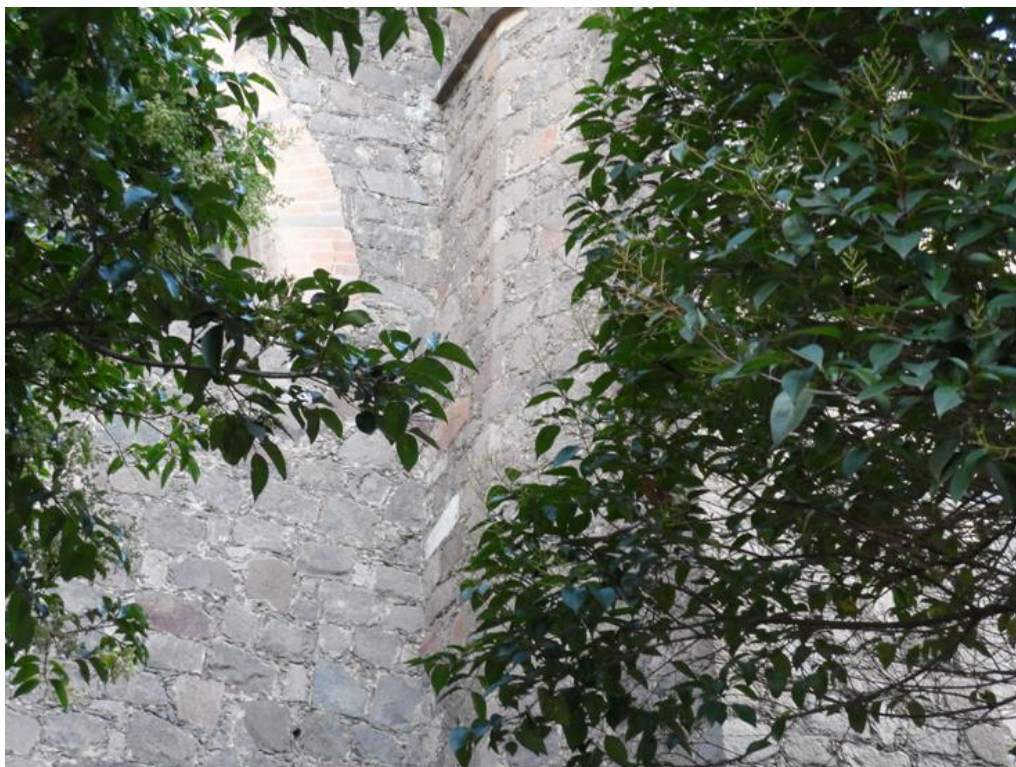


Figura 286 Pared sur



Figura 287 Ambiente que rodea a la Iglesia pared sur

FICHA TÉCNICA

Nombre del Inmueble y localización: Capilla- Iglesia de San Bernardino de Siena. Esta situada en una ermita que se encuentra en la Colonia San Bernardino, muy cerca del Centro de Toluca, antes fue un pueblo independiente, hoy es un barrio tradicional donde la mayoría de sus residentes son jubilados. Esta sobre Av. Morelos Poniente y es a esa orientación hacia donde da su frente.

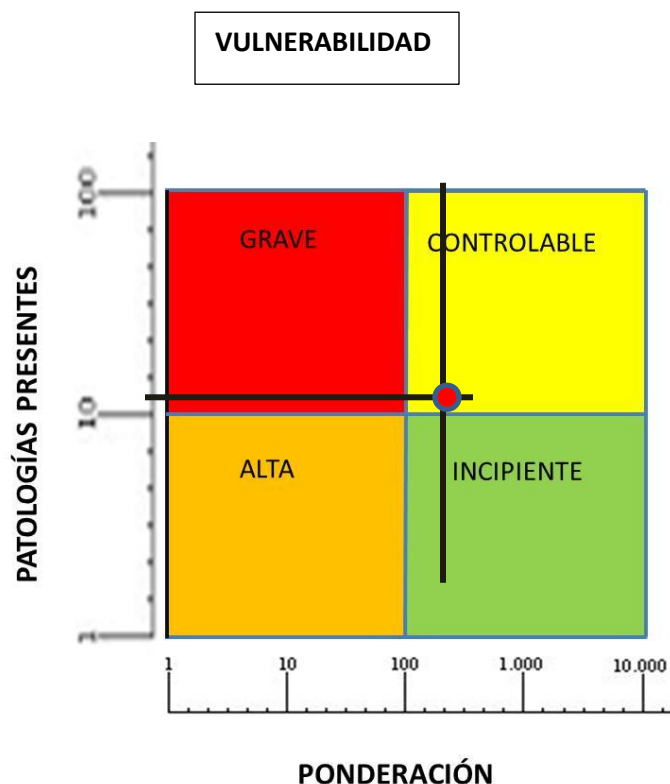
Breve descripción del Inmueble: Es un templo tradicional franciscano, muy austero en los materiales empleados en su construcción Esta rodeado de un espacio grande en donde se hacen las celebraciones del patrono de la Iglesia, hay un tráfico intenso de automóviles y camiones y lo demás son casas habitación. A pesar de estar cerca del Cerro de Coatepec. Campus de la Universidad no hay transferencia evidente de líquenes. Este edificio es de arquitectura franciscana, es el menos intervenido de los templos sujetos a estudio; ha tenido intervenciones en sus muros laterales y fachada, es un muro de tipo ordenado en cuanto a las rocas empleadas, los ripios son solamente para reparación, esto hace suponer que se intento en algún momento de su historia que se le iba a aplicar un aplanado para la fachada por lo menos. Aparentemente se le agregaron algunas hiladas de material para aumentar su altura y mejorar los perfiles de los torreones del único campanario. Sus dimensiones originales estaban en función del número 15. Es decir, quince metros de frente, cuarenta y cinco de fondo y quince de altura. No se observa humedad capilar ascendente, solamente descendente, algunas eflorescencias blancas, que puede ser propiciado por el agua que escurre entre la piedra, además se detecto un escurrimiento de color rojo óxido que hace pensar que atrás de ese lugar existe algún material ferroso emparedado. Los nichos en la fachada debieron contener a dos personajes importantes en la evangelización. El que esta más alto, parece ser San Miguel Arcángel. El material de construcción es basalto rojo y tabique rojizo, argamasa tipo calcáreo ya muy transformada

Identificación de las Patologías : TpF3MQ3CLB3LVHA4DM12.

Ponderación de las Patologías: Cantidad de Patologías 7 Ponderación : >256

Descripción de la Patología Biológica de Origen Liquénico: En esta Capilla Iglesia solamente se encontraron dos especies de líquenes, el grupo amarillo dorado que apenas y se encuentra visible y los líquenes negros que está en lo alto de la torre y que bien pueden ser causados por la acumulación de heces fecales de aves. No existe mayor evidencia de líquenes aunque sí la presencia de biopelículas que son características del basalto rojo.

Diagnóstico: La vulnerabilidad la hemos catalogado como incipiente desde el punto de vista de alteraciones superficiales, es de señalar que las patologías químicas encontradas como es la corrosión, ésta es debida al empleo de argamasa cementante o mal preparada o tal vez no compatible con las piedras de construcción y ornamentación.



Comentarios: A pesar de que esta Capilla Iglesia corresponde a finales del Siglo XVIII, dentro de lo que cabe se ha conservado de una manera aceptable ya que el paso del tiempo y su apariencia dejan ver a una iglesia antigua que ha sabido envejecer. Las patologías más preocupantes que se observaron son las constructivas debido a la gran cantidad de grietas observadas.



Figura 288 Iglesia de San Bernardino de Siena



Figura 289 Pared sur de la Iglesia

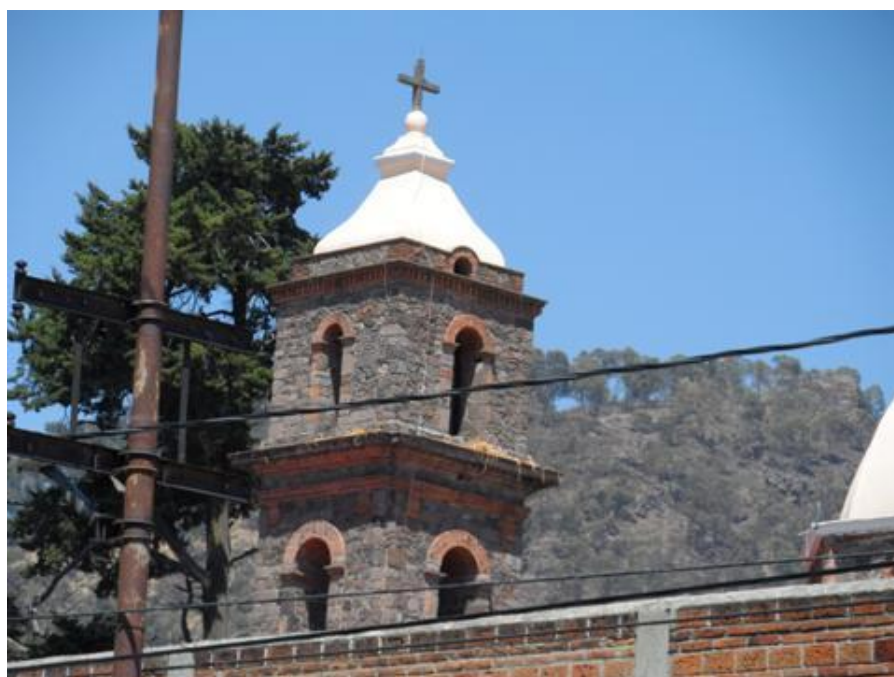


Figura 290 Detalle del campanario



Figura 291 Aspectos del campanario y de la estatua



Figura 292 Detalle del acomodo de piedra basáltica



Figura 293 Aspectos del Campanario, las manchas negras son colonias de líquenes



Figura 294 Delimitación de intervenciones en los muros



Figura 295 Aspectos de las paredes laterales, las manchas negras son líquenes, el escurrimiento rojizo es óxido de hierro



Figura 296 únicas colonias de líquenes amarillos encontrados



Figura 297 Intervenciones inadecuadas



Figura 298 Deterioro de la fachada

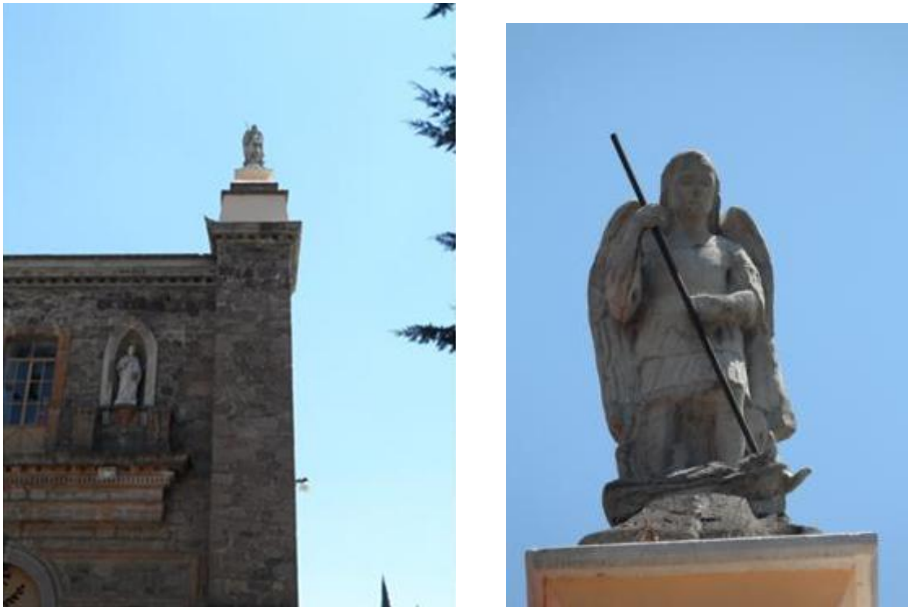


Figura 299 Aspectos de la fachada con múltiples intervenciones

8.8 OBSERVACIÓN FINAL

Hasta aquí nuestros resultados encontrados en el campo, en un proceso de intervención cualitativa en donde se demuestra el estado que guardan tres iglesias que fueron seleccionadas como sujetos de estudio.

Se estableció un sistema de ponderación de nuestras variables con respecto a la vulnerabilidad de los materiales sólidos, piedras, empleadas como materiales de construcción y ornamentación, ya que la durabilidad de los mismos edificios ya esta comprometida.

Es de señalar que a excepción dela Iglesia del Carmen, que esta en una zona anexa a Palacio de Gobierno y que es la única que se le dio un mantenimiento estético, más no profesional. Las demás iglesias del Centro Histórico dela Ciudad de Toluca están en un grado tal de olvido en cuanto a mantenimiento, que los edificios y monumentos entrarán en un proceso franco de deterioro y no hay forma de enfrentar el cambio climático en tal sentido.

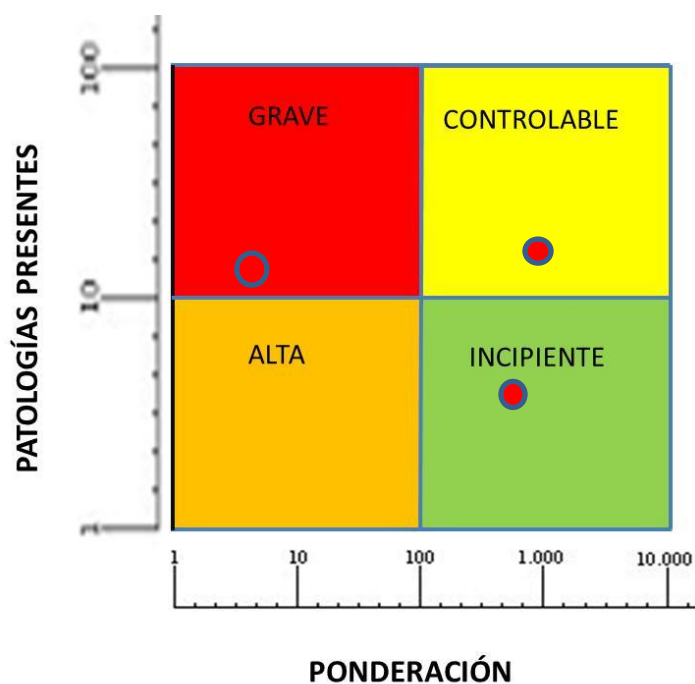
CAPÍTULO IX. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

9.1 RESULTADOS

Hemos decidido agrupar los resultados para observar el comportamiento de nuestros elementos sujetos a estudio. Cualitativamente no se encuentra ninguna correlación, como podría esperarse. Para cada edificio se elaboró y presento con anterioridad la Ficha Técnica

Como se puede observar en el Gráfico de Vulnerabilidad, solamente la Iglesia de San José El Ranchito es la única que está en el área de Grave, la Catedral está en el área de Controlable y la de San Bernardino está en el área de Incipiente.

Solamente la Iglesia de San José El Ranchito tiene una alta proliferación de líquenes en su fachada.



Este nomograma gráfico, es resultado de la ponderación de la interacción de diferentes agentes, contrastada con el número de patologías presentes que están actuando

sinérgicamente. Este modelo de ponderación es propuesta nuestra, fundamentado en las observaciones realizadas durante el desarrollo de la investigación.

Vulnerabilidad

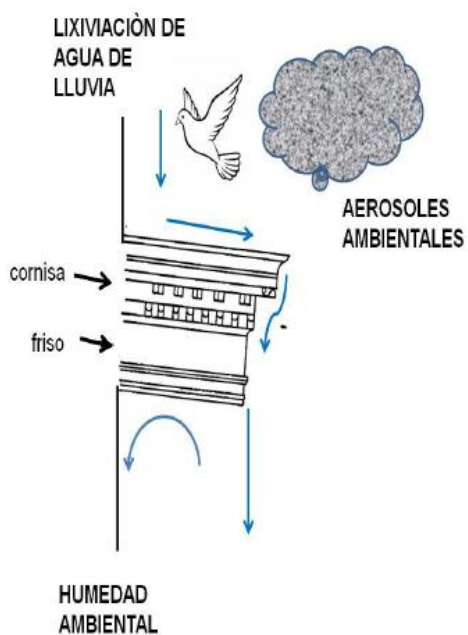


Figura 300 Detalle de la alteración

Esta ilustración nos está representando las zonas de mayor vulnerabilidad, encontrados en la fachada de la Iglesia de San José El Ranchito, en donde se puede observar que la acción alterante de los líquenes está potencializada por la sinergia de los otros agentes alterantes.

En las Figuras que se presentan a continuación se podrá observar de hecho la potenciación de la acción alterante



Figura 301 Proliferación de líquenes

El material pétreo ha guardado mucha humedad como para que proliferen los líquenes, y como resultado de este exceso, los líquenes producirán ácidos quelantes de los elementos que le imparten cohesión al material



Figura 302 Destrucción de perfiles

Aquí otra sección de la fachada en donde se observa la misma condición, la proliferación de líquenes y el deterioro del perfil de la cornisa y los frisos



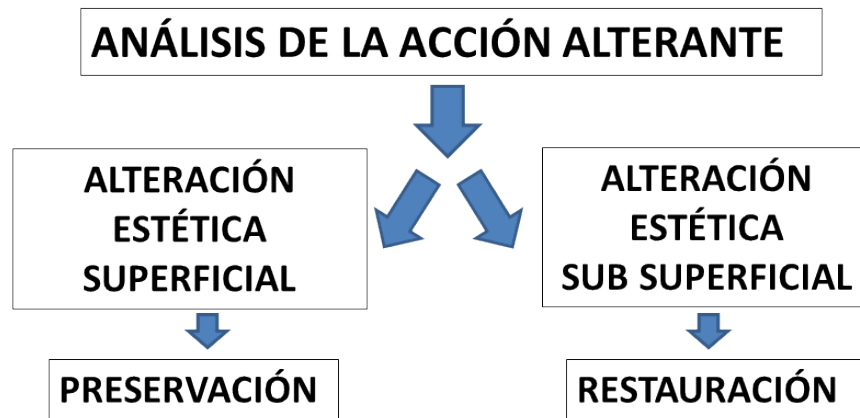
Figura 303 deterioro por falta de mantenimiento

En esta última Figura se pueden observar otro tipo de patologías que promueven el deterioro del material pétreo, que aún siendo procesos naturales, están denotando una falta de mantenimiento, como lo es la acumulación de las heces fecales de las palomas y la acumulación de aerosoles sólidos.

Después de haber realizado un trabajo a lo largo de tres años, en los cuales fuimos observando lo más cercano posible el sistema complejo que representan los líquenes y las piedras, en sus diferentes presentaciones como materiales pétreos empleados como materiales de construcción y ornamentación, que están interaccionando con los líquenes, especie que desde antes del principio de la civilización como la conocemos, tiene a las rocas como su hábitat natural.

En el momento de realizar la búsqueda bibliográfica, la mayoría de la información al respecto provenía de España y Argentina, en menor escala de Europa del Este y mínima de los países nórdicos.

DIAGNÓSTICO: En la Ciudad de Toluca la Acción Alterante originada por los líquenes en el Patrimonio Arquitectónico es solamente estética siendo solamente indicativa de la pre existencia de otras patologías



9.2 PRIMERA CONSIDERACIÓN

El hecho de que un investigador con experiencia publique artículos en donde se afirma que la acción de los líquenes es alterante de superficies de piedras empleadas en construcción y ornamentación, no es la regla general. Es el caso de los investigadores españoles quienes tienen experiencia en la Catedral de Santiago de Compostela, en la zona del Cantábrico y en las demás edificaciones representantes del estilo románico medieval y del estilo mudéjar.

Sin la intención de entrar en argumentaciones las condiciones geográficas, geológicas y ambientales de España, particularmente las ciudades cercanas a la costa atlántica, son muy diferentes a las mismas condiciones en el Valle de Toluca. Así como también los materiales pétreos empleados en la construcción de las obras monumentales hispánicas son diferentes a las empleadas en la zona Matlazinca, a pesar de que ambos tipos de construcciones hayan sido diseñadas por españoles en diferentes épocas.

La bibliografía existente en nuestro entorno inmediato es nula, los estudios más cercanos se encontraron en la Universidad Autónoma de San Nicolás de Hidalgo en Morelia Michoacán y ello se refiere a aspectos muy generales de las patologías sobre los inmuebles por una parte y por otra los tipos de materiales pétreos de la región.

Un parámetro importante a señalar, la biocolonización no es la misma, a pesar de que las variedades de líquenes sean similares. La magnitud de crecimiento de la colonia de líquenes que se ha establecido de 1mm por año, es relativa a solo una especie, el lecanora que es folioso y que tiene una apariencia de roseta, a diferencia de los crustosos cuya cobertura es tipo alfombra y que el crecimiento de las colonias de líquenes es dependiente de factores climáticos y abundancia de agua en sus diferentes presentaciones.

Las publicaciones extranjeras han cumplido con su cometido de servir de guía en el sentido de aportar información valiosa para saber qué es lo que deberíamos buscar de los líquenes, materiales pétreos y la patología biológica correspondiente.

9.3 SEGUNDA CONSIDERACIÓN

Lo que comúnmente se denomina como liquen, es en realidad un conjunto de líquenes que se han organizado en colonias como si fuera un solo organismo que tiene ramificaciones cada cual tiene una función específica, fundamentalmente de fijación sobre el sustrato. El crecimiento de los líquenes se lleva a cabo a través de diferentes puntos de nucleación que se van desarrollando y creciendo hasta que se encuentran con otros de sus similares y puede ocurrir que entonces la sobre población en un espacio reducido propicie la destrucción de la colonia, habiendo desprendimiento de talos, hifas y otras partes de un liquen y que sirvan de núcleos de nuevas poblaciones.

La convivencia natural de liquen – piedra es un proceso natural que se lleva a cabo en el lugar de origen del material pétreo o en su posición final como piedra de construcción y ornamentación en un edificio o en un monumento; desde luego esto es con respecto a

líquenes ascomicetos, saxícolas, epilíticos en donde el metabolismo de los líquenes depende del ambiente que los rodea y de los productos de lixiviación del agua sobre la roca a diferencia de los epifíticos cuya fisiología está adaptada de manera diferente.

Los líquenes van penetrando a la piedra a través de poros, fisuras e irregularidades cristalinas de la piedra y para facilitar ese proceso los líquenes segregan algunos ácidos, sobre todo el ácido oxálico, que tiene una acción quelante sobre diferentes cationes presentes en las rocas, la intención no es perforar químicamente a la piedra para penetrarla ad infinitum, es simplemente una función de agarre. La lixiviación y la posterior disolución de los minerales formadores de las rocas se llevan a cabo gracias a la presencia del agua.

Esta acción que modifica la superficie de los materiales pétreos no penetra más allá de algunas cuantas micras, siendo esto variable para cada especie. Una vez bien anclada la colonia de líquenes comienza a modificar a su entorno, siendo estabilizar la temperatura y mantener la humedad. Mecánicamente, una colonia de líquenes no tiene la capacidad para romper una piedra, la conjunción excesiva de colonias de líquenes y la existencia de agua en exceso vulnera a la piedra y la hace susceptible a la formación de fracturas.

9.4 TERCERA CONSIDERACIÓN

La comprensión de las características anisotrópicas de los materiales sólidos pétreos es fundamental para explicar la falla de los mismos. Si un material extraño logra penetrar a los planos de clivaje, sea como colonias de líquenes, agua, raíces de vegetales superiores u otro material introducido de manera artificial, se tiene la capacidad de cortar al material pétreo, si la penetración de cuerpos extraños es en otros planos y/o defectos cristalinos, entonces se crea una fisura y posteriormente una grieta.

Los líquenes son considerados como organismos extremófilos y pueden tener una larga vida de latencia o la posibilidad de minimizar su metabolismo. Al existir disponibilidad de agua, éstos reiniciarán su crecimiento.

Existe la posibilidad que los líquenes epilíticos tengan la posibilidad de transformarse en endolíticos, ésta hipótesis está sujeta a otro tipo de investigación que queda fuera del alcance de ésta tesis.

De ser factible entonces podríamos explicar el hecho de que los líquenes ingresen a los diferentes planos de clivaje y fisuras y prácticamente agrieten al material sólido logrando el desprendimiento de secciones gruesas de material haciéndolos vulnerables a mecanismos físicos en donde se puedan perder secciones representativas de material. Esta corroboración sería factible observando la superficie que deja la grieta en los lugares donde hubo el desprendimiento, lamentablemente esto no es del todo posible por la localización de las piezas desprendidas.

9.5 CUARTA CONSIDERACIÓN

En nuestro trabajo realizado al estudiar los tres templos religiosos católicos no encontramos evidencia que la biocolonización liquénica por sí sola, sea capaz de causar alteración superficial significativa como para que sea destructiva. La conjunción de varias patologías puede potencializar el mecanismo de alteración superficial y vulneración volumétrica del material pétreo.

La biocolonización es selectiva, la mayor cantidad de líquenes se encontró en los materiales que no son originarios del Valle de Toluca, aunque geológicamente pertenezcan a los mismos grupos, es decir, pueden ser rocas ígneas, pero ser y comportarse de manera diferente refiriéndose a las intrusivas y extrusivas, ácidas y básicas, así mismo las sedimentarias y metamórficas.

En los materiales que consideramos como materiales pétreos sintéticos, como el concreto empleado en objetos vaciados y moldeados, el empleado como aplanado en paredes y fachadas así como las mamposterías cuya base es la cal, se encontró que son materiales más biorreceptivos a los líquenes epilíticos crustosos que forman alfombras

No se encontró biocolonización en el adobe que es un material constructivo mayoritario en construcciones pequeñas; El basalto compacto, el basalto espumoso y el tezontle tienen la tendencia a que sobre su superficie se desarrollen biopelículas protectoras de índole diferente a los líquenes como materiales de construcción y ornamentación; en las andesitas y granitos en cuya composición exista mayor cantidad de elementos alcalinotérreos disponibles para la biocolonización es más factible encontrar líquenes.

Sí existen diferentes variedades de líquenes, las cantidades detectadas por unidad de área superficial, son insignificantes con respecto a las mismas áreas alteradas por otras patologías.

9.6 QUINTA CONSIDERACIÓN

En Toluca no existe una cultura de los líquenes epilíticos. De los epifíticos solo en algunos círculos cercanos a los biólogos de la Facultad de Ciencias de la UAEMEX.

Conocer a los líquenes es fundamental para aquéllas personas que se dedican a la restauración del patrimonio cultural arquitectónico, sí es que desean realizar un intervención exitosa, ya que de otra forma lo único que se logra es proliferar a los puntos de nucleación y crear nuevas colonias.

9.7 CONCLUSIONES

1. La patología liquénica es todo un sistema complejo, sujeto a la ley de la entropía.
2. Los líquenes no distinguen sí el material pétreo fue empleado en una casa, edificio, iglesia o monumento.
3. La alteración de los materiales pétreos causado por los líquenes epilíticos corresponde a un proceso de biodesgaste mecánico (daño estético).
4. La alteración de los materiales pétreos causado por líquenes endolíticos corresponde a un proceso de biolixiviación.(daño estructural).
5. La protección superficial de los materiales pétreos, del intemperismo y meteorización es debida a la formación de biopelículas de origen liquénico.

BIBLIOGRAFÍA

Abramson L.W. (1996) "Engineering geology Principles". Slope stability and stabilization methods. Wiley-interscience.pp. 60-106.

Aceves-Quesada, Fernando, López-Blanco, Jorge, & Martin del Pozzo, Ana Lillian. (2006). Determinación de peligros volcánicos aplicando técnicas de evaluación multicriterio y SIG en el área del Nevado de Toluca, centro de México. Revista mexicana de ciencias geológicas, 23(2), 113-124. Recuperado en 06 de agosto de 2014,

Aceves-Quesada, J.F., 1997, Geología y geomorfología del Volcán Nevado de Toluca: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, tesis de maestría, 116 p.

ADRIAS, G. 1935. Líquenes del Valle de México. Tesis. Maestría en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México.

ALEXOPOULOS, C., y MIMS, C. 1985. Introducción a la Micología. 2da Edición. Ediciones Omega.

Alvarez V Alberto. Diseño Arquitectónico Latinoamericano o El Juego de la Resistencia. Facultad de Arquitectura y Diseño. Universidad Autónoma del Estado de México.2004

Armstrong R, Bradwell T (2010) Growth of crustose lichens: a review. Geogr Ann Ser A-Phys Geogr 92: 3–17.

Ascaso, A., Sancho, L.G., Rodríguez-Pascual, C., 1990. The weathering action of saxicolous lichens in maritime Antarctica. Polar Biol. 11, 33–39

Ascaso, C (1985). Structural aspects of lichens invading their substrata. In: C Vicente, D. H. Brown & M. E.'Legaz (Eds.), Surface physiology of Lichens: 87-113. Universidad Complutense de Madrid

Ascaso, C., Galvan, J., (1976). Studies on the pedogenic action of lichen acids. *Pedobiología* 16, 321–331.

Ascaso, C., Galvan, J., 1976. Studies on the pedogenetic action of lichen acids. *Pedobiologia* 16, 321–331.

Ascaso, C., Galvan, J., Ortega, C., (1976). The pedogenetic action of *Parmelia conspersa*, *Rhizocarpon geographicum* and *Umbilicaria pustulata*. *Lichenologist* 8, 151–171.

Ascaso, C., Galvan, J., Rodriguez-Pascual, C., (1982). The weathering of calcareous rocks by lichens. *Pedobiologia* 24, 219–229.

Ascaso, C., Galvan, J., Rodriguez-Pascual, C., 1976. Studies on the pedogenetic action of lichen acids. *Pedobiologia* 16, 321–332

Ascaso, C., Galvan, J., Rodriguez-Pascual, C., 1982. The weathering of calcareous rocks by lichens. *Pedobiologia* 24, 219–229.

Ascaso, C., Sancho, L.G., Rodriguez-Pascal, C., (1990). The weathering action of saxicolous lichens in maritime Antarctica. *Polar Biology* 11, 33–39.

ASCASO, C., VIZCAYNO, C. & GARCÍA GONZÁLEZ, M. T. (1993). Biodeterioration produced by *Lecanora albescens* (Hoffm.) Branth & Rostr. on the Silos Monastery. En: VICENTE et al. *Alteración de granitos y rocas afines*. C.S.I.C.: 181-185. Madrid.

Ascaso, C., Wierzchos, J., (1994). Structural aspects of the lichen–rock interface using back-scattered electron imaging. *Botanica Acta* 107, 251–256.

Ascaso, C., Wierzchos, J., (1995). Study of the biodeterioration zone between the lichen thallus and the substrate. *Cryptogamic Botany* 5, 270–281.

ASCASO, C.; BERMÚDEZ DE CASTRO, F.; ELORRIETA, ESTÉVEZ, P. MERINO, E.; ORÚS, REVUELTA, A., TORTAJADA, R., 1980: «Morphological and physiological alterations in

lichens by gaseous particulates pollutants». II FESPP Congress. Santiago de Compostela. Abstracts. 194.

BARRENO, E. (1989). Sobre la biología del talo en líquenes litobiontes. *Anales Jará. Bot.Madrid* 46(1): 259-262.

Bell, F.G. (1993). Durability of carbonate rock as building stone with comments on its preservation. *Environmental Geology*, 21: 187-200.

Benedict JB (2008) Experiments on Lichen Growth, III. The Shape of the Age-Size Curve. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 40: 15–26.

Ben-Naim A. Entropy demystified. The Second Law Reduced to Plain Common Sense. Tusquets Editores España. 2011.

Bloomfield, K., Valastro, S., 1974, Late Pleistocene Eruptive History of Nevado de Toluca Volcano, Central México: *Geological Society of American Bulletin*, 85, 901-906.

Blyth, F.G.H., Freitas, M.H. (1984) "A Geology for Engineers", Edward Arnold, London. 325p

Bonet, F., 1971, Espeleología de la región de Cacahuamilpa, estado de Guerrero, México: *Boletín del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 90, 88 p

Bowler PA, Rundel PW (1975) Reproductive Strategies in Lichens. *Botanical Journal of the Linnean Society* 70: 325–340.

BRIZUELA, F., y GUZMÁN, G. 1971. Estudios sobre los Líquenes de México, II. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología*. 5, 79-103.

Campa, M. F., Campos, M., Flores, R., Oviedo, R., 1974, La Secuencia mesozoica volcano-sedimentaria metamorfizada de Ixtapan de la Sal, México-Teloloapan, Guerrero: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 35, 7-28.

Carrión, Fernando. (2005). El centro histórico como proyecto y objeto de deseo. EURE (Santiago), 31(93), 89-100..

Cornelis, K., Manual de mineralogía, cuarta edición, basado en la obra de J.D. Dana, 2001. Wyckoff, Jerome, Geología, 1966.

CRUZ A., HERRERA J. MAURICIO M., LUCAS M., NOLASCO C, URIBE ALINA. 2000 ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE LÍQUENES SAXÍCOLAS DE LA PEÑA DE PERRITOS (LA MARQUESA, EDO. DE MÉXICO) (2000). Carrera de Biología, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, Estado de México 54090, México.

Dana S., Edward, Ford E. William, Tratado de Mineralogía: con un tratado extenso sobre cristalografía y mineralogía física, 1979.

De la Reza. Germán. Sistemas Complejos Anthropol Editorial; México: Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco, México, 2010.

De Llimona, X., Etayo, J. & Navarro, P., 1988. Los líquenes. En: Pedrocchi, C. (coord.): Ecología de Los Monegros. La paciencia como estrategia de supervivencia. Ed. I.E.A./Centro de Desarrollo de Los Monegros. Huesca)

Demant, A., 1979, Vulcanología y petrografía del sector occidental del Eje Neovolcánico: Revista del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, 3, 39-57.

FRIEDMANN, E. I. (1982). Endolithic microorganisms in the Antarctic Cold Desert. Science 215: 1045-1053.

Friedmann, E.I., Roth, W.C., Turner, J.B., 1972. Calcium oxalate crystals in the aragonite-producing green alga *Penicillus* and related genera. Science 177, 891–893.

FROELHICH, A (2006). A look at Willamette Valley air quality using lichen communities as bioindicators. Research Based Learning

Galvan, J., Rodriguez, C., Ascaso, C., 1981. The pedogenic action of lichens in metamorphic rocks. *Pedobiologia* 21, 60–73

García-Palomo, A., 1998, Evolución estructural en las inmediaciones de Volcán Nevado de Toluca, Estado de México: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Colegio de Ciencias y Humanidades, Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y de Posgrado; Instituto de Geofísica, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Tesis de maestría, 146 p.

García-Palomo, A., Macías, J.L., Arce, J.L., Capra, L., Garduño, V.H., Espíndola, J.M., 2002, Geology of Nevado de Toluca volcano and surroundings areas, Central México: Boulder, Colorado, Geological Society of America, Map and Chart Series, MCH080, 1 mapa, 26

García-Palomo, A., Macías, J.L., Garduño, V.H., 2000, Miocene to recent structural evolution of the Nevado de Toluca Volcano region, Central México: *Tectonophysics*, 318, 281-302.

Garré F. Patrimonio arquitectónico urbano, preservación y rescate: bases conceptuales e instrumentos de salvaguarda. *Co n s e r v a* N0 5, Argentina 2001

Gilbert, Oliver 2000 *Lichens*. Harper Collins, London

GODINEZ, J. 1989. *Liquenologia de México. Historia y Bibliografía*. Instituto de Biología. Departamento de Botánica. Universidad Nacional Autónoma de México.

GONZÁLEZ, R., y GUZMÁN, G. 1976. Estudios sobre los Líquenes de México, III. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología*. 10, 27-64.

H. Municipio de Toluca. *Gaceta Especial* período 2009 – 2012. Estado de México

HALE, M. 1969. *How to know the Lichens*. 1ra Edición. Wm. C. Brown Company Publishers.

HALE, M. 1973. *The Lichens*. 1ra Edición. Academic Press, Inc.

HALE, M. 1974. The Biology of Lichens. 2da Edición. Edward Arnold Ltd.

HAWKSWORTH, D. L. (1973). Ecological factors and species delimitation in the lichens. In: V. Heywood (Ed.), Taxonomy and Ecology: 31-69. Academic Press. New York. London.

HILL, D. & H. W. WOOLHOUSE (1966). Aspects of the autoecology of *Xanthoria parietina* agg. Lichenologist 3:207-214.

HURLBUT, C.S. & KLEIN, C. (1982). Manual de Mineralogía de Dana. Reverté, Barcelona.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. 1983. Carta Topográfica del Valle de México. Escala:1:250,000.

Jacob Francois. La Lógica de lo Viviente. Salvat Editores. España 1986

Jettestuen E, Nermoen A, Hestmark G, Timdal E, Mathiesen J (2010) Competition on the Rocks: Community Growth and Tessellation. PLoS ONE 5(9): e12820. doi:10.1371/journal.pone.0012820.

Jie Chen (2000) Hans-Peter Blume Lothar Beyer Weathering of rocks induced by lichen colonization— a review Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, East Beijing Road 71, P.O. Box 821, Nanjing 210008, People's Republic of China Institute of Plant Nutrition and Soil Science, University of Kiel, D-24098 Kiel, Germany

Jie Chen Hans-Peter Blume , Lothar Beyer (October 1999). Weathering of rocks induced by lichen colonization— a review. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, East Beijing Road 71, P.O. Box 821, Nanjing 210008, People's Republic of China b Institute of Plant Nutrition and Soil Science, University of Kiel, D-24098 Kiel, Germany Received 25 August 1998; received in revised form 1 September 1999.

Jomelli V, Grancher D, Naveau P, Cooley D, Brunstein D (2007) Assessment study of lichenometric methods for dating surfaces. Geomorphology 86: 131–143.

- Kirsch, Helmut. 1968. Applied mineralogy for engineers, technologist and students.
- KLEIN, C. (1993). Minerals and Rocks. John Wiley and Sons, New York.
- KORNERUP, A., y WANSCHER, J. H. 1978. Methuen Handbook of Colour. 3ra Edición. Eyre Methuen. Londres.
- Kraus, Edward, Hunt, Walter y Ramsdell Lewis, Mineralogía: una introducción al estudio de minerales y cristales, quinta edición, 1965.
- LANE, D., FIELD, C., OLSEN, G., y PACE, N. 1988. Reverse Transcriptase Sequencing of Ribosomal RNA for Phylogenetic Analysis. Methods in Enzymology. 167, 138-144.
- Lee, P., 2002 "Mars on Earth: The NASA Houghton-Mars Project," Ad Astra: The Magazine of the National Space Society, Volume 14, Number 3, May/June.
- Lisci, Monte, Pacini- Lichens and higher plants on stone: a review. International Biodeterioration & Biodegradation 51 (2003) 1 – 17
- LOT, A., y CHIANG, F. 1986. Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. 1ra Edición. Consejo Nacional de la Flora de México, A. C.
- Lundberg C 1996 Lichens as Biomonitors Terrestrial Ecology Extension Activity, Program Coordinator, Mathematics & Science Center Adapted from "Biomonitoring," DuPont Air Quality Simulation at the Mathematics & Science Center
- Macías J.L. 2005. Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. Departamento de Vulcanología, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Del. Coyoacán, 04510, México D. F.
- Manning, W.J. and W.A. Feder. *Biomonitoring of Air Pollutants with Plants*. London: Applied Science Publishers, 1980.
- Nash, T.H. III (ed.) (1986) Lichen Biology. Cambridge University Press. 486 pp.

PACE, N., OLSEN, G., y WOESE, C. 1986. Ribosomal RNA Phylogeny and the Primary Lines of Evolutionary Descent . Cell. 45, 325-326.

Palacios Sonia. Tras las Huellas del Arquitecto Carlos S. Hall. La Casa Díaz Gómez Tagle de la Ciudad de Toluca. Biblioteca Mexiquense del Bicentenario. 2008 Toluca Estado de México.

PETTIJOHN, F.J. (1975, 3a Ed.). "Sedimentary Rocks". Harper & Row, New York, 628 (2-8) pag.

Prada, Valenciano, Navarro.. Procesos de alteración de materiales pétreos en edificios de interés histórico- Acta Geológica Hispánica, v. 30 (1995), n" 1-3, p. 97-1 10 (Pub. 1996)

Purvis, W. 2000. Lichens. The Natural History Museum. 112 pp.

Richardson, D.H.S. Pollution Monitoring with Lichens. Slough, England: Richmond Publishing. 1992.

RIVES, V. & VICENTE, M. A. (1993). Formas de alteración de la arenisca de Villamayor en distintos microambientes de edificios salmantinos. En: Alteración de granitos y rocas afines. C.S.I.C.: 75-83. Madrid.

RYAN, B. D., NASH III, T. H., y HERRERA, M. A. 1996. Catalog of the Lichens of México.

SAYLER, G., y LAYTON, A. 1990. Environmental Application of Nucleic Acid Hybridization. Annual Review of Microbiology. 44, 625-648.

SEAWARD, M. R. D. (1976). Performance of Lecanora muralis in an urban environment. In: Brown, Hawksworth & Bailey (Eds.), Lichenology Progress and Problems: 323-357. Academic Press. New York. London.

SELLEY, R.C. (1982, 20a Ed.). "An Introduction to Sedimentology". Academic Press, New York, 417

Sena S Margarita. Patrimonio Construido de la Ciudad de Toluca. Facultad de Arquitectura y Diseño. Universidad Autónoma del Estado de México.1999.

SENA,(1986) Servicio Nacional de Aprendizaje, Dirección General Construcción: Construcción de Estructuras en Hormigón, Construcción y Colocación de Elementos Prefabricados en Hormigón. Sección de Publicaciones SENA. Bogotá, Colombia 1986.

St. Clair, Larry L.1999 A Color Guidebook to Common Rocky Mountain Lichens. M. L. Bean Life Science Museum, Provo, Utah.

STRAHLER, A. (1992): Geología Física.- 629 páginas; Omega Ediciones, Barcelona.

Waitz, P., 1909, Excursión Geológica al Nevado de Toluca: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 6, 113-117.

WEBER, W. A. (1977). Environmental Modification and Lichen Taxonomy. In: M. R. D. Seaward (Ed.), Lichen Ecology, Academic Press. New York. London.

Whitford, D.J., Bloomfield, K., 1977, Geochemistry of late Cenozoic volcanic rocks from the Nevado de Toluca area, México: Carnegie Institution of Washington, Yearbook, 75, 207-213.

Wierzechos, J., Ascaso, C., 1996. Morphological and chemical features of bioweathered granitic biotite induced by lichen activity. Clays Clay Miner. 44, 652–657.

Wilson, M.J., Jones, D., Mchardy, W.J., 1981. The weathering of serpentinite by Lecanora atra. Lichenologist 13, 167–176.

Yamamoto Yoko Sugiura Caminando el valle de Toluca: arqueología regional, el legado de William T. Sanders. Cuicuilco número 47, septiembre-diciembre, Universidad Nacional Autónoma de México. México 2009.

WEBLIOGRAFIA

<http://i.creativecommons.org/l/by-nc-sa/2.5/es/88x31.png>

<http://idd004kb.eresmas.net/monegros/flora/liquenes.htm>

<http://lichen.la.asu.edu/sonoran.desert/chekmex.html>

<http://www.aqualan.es/humedadesmurosytanos.html>

<http://www.arqhys.com/arquitectura/revestimientos-piedra-natural.html>. Visto el día 11 de agosto de 2014.

<http://www.arqhys.com/construccion/analisis-historico-construccion.html>

<http://www.construmatica.com/>

http://www.construmatica.com/construpedia/F%C3%A1brica_Vista_de_Piedra_Natural._Acabados_de_Fachadas

<http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/geogenap.html> última consulta 6 agosto 2014

<http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap02.htm>. última consulta 6 agosto 2014

<http://www.precolombino.cl/recursos-educativos/tecnologias-precolombinas/arquitectura/#/piedra/>

<http://www.tiposde.org/ciencias-naturales/529-tipos-de-piedras/#ixzz39dl2REVN>
última consulta 6 agosto 2014

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1026-87742006000200001&lng=es&tlng=es.

CREDITOS

Gran parte de la información sobre las patologías superficiales ha sido tratada muy profesionalmente por la Compañía CONSTRUMATICA, en España, así como los asesores del Bufete de ARQHYS, también de España, así como ITE (Instituto Técnico de Estudio de Edificios) y Constructor Civil.

El conocimiento tradicional trivial, ha sido convertido en conocimientos técnicos para ayudar a resolver los problemas de restauración de edificios en España.

Asturias Restauro también es una organización que pugna por la Preservación del Patrimonio Arquitectónico y quien además se encarga de divulgar estos conocimientos muy valiosos.

Las Universidades de España:

Universidad Politécnica de Madrid

Universidad de Castilla La Mancha

ANEXO 1

GLOSARIO DE TERMINOLOGÍA DE LIQUENES

Aerosoles Conjunto de partículas sólidas o líquidas presentes en el aire, de tamaño generalmente comprendido entre 0.01 y 10 μm , que permanecen en la atmósfera durante varias horas o más. Los aerosoles pueden ser de origen natural o antropógeno.

Algas Organismos fotosintéticos, frecuentemente microscópicos y planctónicos, presentes en ecosistemas marinos y de agua dulce.

Apotecio: Cuerpo fructífero en forma de copa o de disco.

Asco(a): Célula con forma de saco o bolsa que generalmente produce las esporas en su interior; característico de los hongos del grupo Ascomycota.

Ascomycota: Grupo de hongos caracterizados por la presencia de estructuras reproductoras llamadas ascos, las cuales recubren la superficie fértil de los cuerpos fructíferos.

Asociación simbiótica: Relación entre dos organismos en la cual ambos se benefician.

Basidiomycota: Grupo de hongos cuya característica distintiva es la presencia de estructuras reproductoras llamados basidios, los cuales recubren la superficie fértil de los cuerpos fructíferos.

Biodeterioro a todo aquel cambio indeseable en las propiedades de un material por acción de la actividad vital de organismos vivos.

Biorreceptividad, que se define como la capacidad que tiene la roca de ser colonizada por uno o varios grupos de organismos vivos o también como la totalidad de propiedades del material que contribuyen al establecimiento, desarrollo y anclaje de fauna o flora.

Biorreceptividad primaria o intrínseca la cual se refiere al potencial inicial que tienen las rocas de sufrir colonización biológica,

Biorreceptividad secundaria la cual se refiere a la susceptibilidad de las rocas meteorizadas de ser colonizadas-

Biorreceptividad terciaria la cual es la medida de una potencial colonización a rocas sometidas a procesos de restauración

Briofitos son una división del reino vegetal que comprende, aproximadamente, veinticinco mil especies de plantas terrestres, cuyo color verde se debe a la presencia de clorofila. Esta división comprende dos clases: musgos (Musci) y hepáticas (Hepaticae), que difieren básicamente en la estructura de los gametangios y esporangios.

Cambio climático Toda variación del clima a lo largo del tiempo, por efecto de la variabilidad natural o de las actividades humanas

Crustáceo: Líquenes con el talo adherido al sustrato, carente de superficie inferior y de rizinas; con aspecto de costra pulverulenta, verrugosa, areolada o granulosa.

Cianobacterias son organismos procarióticos, fotosintéticos, gram negativos inmóviles y altamente colonizantes que ocurren en formas tanto cocoides como filamentosas.

Epilíticos: Un término para los organismos que viven adheridos a las rocas. Traducción latina: epi = sobre, lith = roca. Este término es general a los hábitats terrestres y marinos, es decir. Algunos líquenes son epilíticos

Esporas: Células especializadas producidas por el hongo, que son dispersadas principalmente por el viento y el agua y forman parte de la fase reproductiva del mismo.

Fase reproductiva: Etapa del ciclo de vida de un hongo, caracterizada por la presencia de cuerpos fructíferos, con estructuras para la reproducción y dispersión de esporas.

Fase vegetativa: Etapa del ciclo de vida de un hongo, formada por filamentos microscópicos muy pequeños, llamados hifas, que se agrupan y forman una masa filamentosa llamada micelio que se expande sobre el sustrato.

Foliáceo: Líquenes con el talo aplanado, dividido en lóbulos parecidos a hojas. Tiene superficie superior e inferior siendo distintas en color, textura y componentes.

Fotobionte: Parte del liquen que realiza la fotosíntesis y está compuesta por el alga.

Fotosíntesis Síntesis de azúcar que se produce en las plantas, en las algas y en ciertas bacterias mediante luz solar, dióxido de carbono y agua, y que genera oxígeno como producto de desecho.

Fotosíntesis: Proceso metabólico de algunos organismos vegetales por el que éstos sintetizan y elaboran sus propias sustancias orgánicas a partir de otras inorgánicas, utilizando la energía luminosa.

Fruticulosos: Líquenes con el talo en forma de arbusto, tiras o tubos que se fijan al sustrato mediante una base muy estrecha.

Gelatinosos: tienen consistencia de gelatina y deben su forma a las algas que lo componen.

Hifa: Filamento que constituye la unidad estructural y fundamental de la mayoría de los hongos.

Líquenes (liquen): Es el resultado de la asociación entre un hongo (llamado micobionte) y un alga microscópica (llamada fotobionte).

Líquenes son un grupo de organismos compuestos por una relación simbiótica entre organismos como cianobacterias o algas (fotoautótrofos) y hongos (quimioheterótrofos). Juntos constituyen una estructura macroscópica simple llamada talo. Los talos liquénicos suelen crecer donde las algas y los hongos por sí solos no podrían sobrevivir, esta es la razón por la cual los líquenes son capaces de colonizar una gran variedad de sustratos tales como madera, suelos, materiales vítreos y en el caso que nos concierne a rocas. El pH de las rocas que son colonizadas por los líquenes determinan su naturaleza, así, en rocas de naturaleza calcárea se desarrollan especies afines al calcio dado que su pH es alcalino.

Líquenes epilíticos son los que viven sobre las rocas, los endolíticos los que habitan dentro de ellas y los vagantes los no fijados a ningún sustrato.

Líquenes saxícolas que se sitúan por encima de la piedra son epilíticos y se sitúan parcialmente en el interior es endolítico. Los líquenes tienen importancia en la destrucción de algunas rocas, como p.e. las calcáreas.

Liquenología es una rama científica de la Botánica que se dedica al estudio de los líquenes. Debido a la peculiar naturaleza de los organismos objeto de estudio por esta disciplina los avances y trabajos derivados de ella incluyen tanto a micólogos como ficólogos, microbiólogos o botánicos propiamente dichos; con propiedad los estudiosos de la liquenología son llamados liquenólogos.

Metabolitos de los líquenes suelen ser una mezcla de los producidos por el alga para su propio funcionamiento y los producidos por el hongo. Son pocos los casos en los que se producen sustancias propias para el liquen que ninguno de los biontes podría producir por sí mismo; entre estas sustancias se encuentran las sustancias liquénicas, un conjunto muy heterogéneo de productos específicos de los líquenes producidos por el hongo, muchas de ellas denominadas ácidos liquénicos.

Micelio : Fase vegetativa de los hongos, formada por una masa de hifas que se desarrolla sobre el sustrato.

Micobionte: La parte del liquen compuesta por el hongo.

Musgos: En los musgos se forma siempre un protonema filamentosos y ramificado cuando germina la espora, el cual produce yemas de las que nacen las plantitas verdes. El gametofito de los musgos es siempre folioso. Consta de un tallo erecto o postrado, ramificado o no, alrededor del cual las hojitas se disponen en espiral, en tres o más filas.

Rizinas: Filamentos formados por hifas agrupadas, simples o ramificadas, que crecen en la superficie inferior del talo de un liquen folioso y le sirven para fijarse al sustrato.

Simbiosis: en biología, el término se aplica a la vida en común de dos o más organismos, con beneficio mutuo para los participantes o simbios.

Soredios: Cuerpos microscópicos más o menos granulosos que crecen en la superficie del talo; formado por grupos de algas rodeadas por hifas. Permiten la reproducción vegetativa.

Sustrato: Superficie sobre la cual se desarrollan los hongos.

Vulnerabilidad Grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático, y en particular la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación.

Referencias:

- Mata, M. 2003. Macrohongos de Costa Rica. Vol.1. II Edición. Edit. INBio. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 256 p.
- Mata, M., R.E. Halling y G.M. Mueller. 2003. Macrohongos de Costa Rica. Vol.2. I Edición. Edit. INBio. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 256 p.
- Umaña, L. y H. Sipman. 2002. Líquenes de Costa Rica. I Edición. Edit. INBio. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 156 p.
- Ulloa, M. 1991. Diccionario ilustrado de micología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 310 p.
- Ulloa, M. and R. Hanlin. 2002. Illustrated Dictionary of Mycology. Third printing, APS Press. Minnesota , USA . 448 p.

ANEXO II



ICOMOS

INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE FOR ANALYSIS AND

RESTORATION OF STRUCTURES OF ARCHITECTURAL HERITAGE

RECOMENDACIONES PARA EL ANÁLISIS, CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN ESTRUCTURAL DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

Adaptación del Apéndice 2. – Glosario

acción

Cualquier agente (fuerzas, deformaciones, etc.) que produce directa o indirectamente esfuerzos o tensiones en la estructura del edificio, así como cualquier fenómeno (químico, biológico, etc.) que afecte a los materiales de los que se compone la estructura del edificio.

adobe

Ladrillos de barro secados al sol. Se pueden utilizar materiales orgánicos como paja o excrementos animales para mejorar su durabilidad o reducir su retracción.

bien cultural inmueble

La consideración de bienes inmuebles corresponde a los elementos que puedan considerarse consustanciales con los edificios y formen parte de los mismos o del entorno o lo hayan formado, aunque en el caso de poder ser separados constituyan un todo perfecto de fácil aplicación a (y) otras construcciones, o a usos distintos del suyo original, cualquiera que sea la materia de que estén formados y aunque su separación no perjudique visiblemente al mérito histórico o artístico del inmueble al que están adheridos

bienes inmuebles

Se refiere a una manifestación material imposible de ser movida o trasladada: una obra de la arquitectura civil, religiosa, militar, doméstica, industrial, como así también sitios históricos, zonas u objetos arqueológicos, una calle, un puente, un viaducto, entre otros. También se incluye en esta categoría a los vitrales, los murales, las esculturas, el amoblamiento que, como parte integral

del patrimonio cultural inmueble, deben ser preservados con relación a las estructuras y medio ambiente para los que fueron diseñados, de lo contrario, se alteraría su carácter e integridad.

cemento

Sustancia en polvo compuesta de silicato de aluminio y calcio, que mezclada con agua forma una argamasa que seca muy rápidamente

conjuntos históricos

Son las agrupaciones homogéneas de construcciones urbanas o rurales que sobresalgan por su interés histórico, arqueológico, artístico, científico, social o técnico, con coherencia suficiente para construir unidades susceptibles de clara delimitación.

concepto integral del patrimonio

Conjunto de bienes materiales e inmateriales que han sido heredados de nuestros antepasados y que han de ser transmitidos a nuestros descendientes, acrecentados.

conservación

Operaciones que mantienen el edificio tal como es actualmente, aunque se acepten intervenciones limitadas para mejorar los niveles de seguridad.

daño

Cambio y empeoramiento del comportamiento estructural producidos por acciones mecánicas o por una reducción de la resistencia. Reducción de la capacidad portante mecánica vinculada con un fallo del sistema estructural.

deterioro

Cambio y empeoramiento de las características de los materiales producidos por acciones biológicas o químicas. Está vinculado con un fallo de los materiales de los que se compone un sistema estructural. Pérdida de calidad, tejido deteriorado.

diagnóstico

El hecho o proceso de identificar o determinar la naturaleza y las causas del daño y el deterioro mediante la observación, la investigación (incluyendo modelos matemáticos) y el análisis histórico, así como las opiniones que se derivan de esas actividades.

edificio

Algo que está construido. En el contexto de este documento, el término incluye iglesias, templos, puentes, diques y todas las obras de construcción. También llamado *patrimonio arquitectónico*.

eflorescencia

Formación de cristales blancos a consecuencia de la penetración de la humedad en superficies pintadas; formación de costras polvorientas sobre la superficie de la piedra, cerámica o yeso, a causa de una diferencia de humedad con el medio exterior.

examen

La parte visual de una investigación que excluye los ensayos de materiales, el análisis de la estructura, las ensayos estructurales, y otras técnicas de investigación más sofisticadas.

fábricas

Las partes materiales y de la estructura que constituyen el edificio (pórticos, paredes, forjados, cubiertas, etc.).

fisura

Separación de las capas en una estructura estratificada, a causa de una pérdida de adherencia. Las separaciones presentan diversas formas: hinchamientos, deslizamientos localizados en forma cóncava, fisuras ciegas ; (ocultas entre dos capas, detectables solamente mediante horadación del material).

higroscópico

Capacidad que posee un material de absorber fácilmente la humedad del ambiente y de conservarla.

humedad

Es la cantidad de vapor de agua en suspensión en el aire, medida en gramos por metro cúbico o en relaciones equivalentes.

humedad relativa

Es la relación entre la cantidad de vapor de agua contenida en un volumen dado de aire (p.e. en la presión atmosférica al nivel del mar) y la cantidad máxima de vapor (dosis de saturación) que puede existir a una cierta temperatura (expresada en grados Celsius o grados Fahrenheit)

holístico

Que enfatiza la importancia del conjunto y la interdependencia de sus partes.

ICOM

El Consejo Internacional de Museos, fundado en 1946, está consagrado a la promoción y al desarrollo de los museos y la profesión museológica en el ámbito (a nivel SACAR) internacional. Su relación con el Centro del Patrimonio Mundial será más significativa con la expansión de la Red de Información del Patrimonio Mundial. El ICOM también servirá como posible promotor del Patrimonio Mundial.

ICCROM

Centro Internacional de Estudios de Conservación y Restauración de los Bienes Culturales es un organismo intergubernamental que suministra asesoría técnica acerca de la conservación de los sitios inscriptos y formación en técnicas de restauración. El ICCROM fue creado en 1956, su sede está en Roma y es un activo asociado de la Red de Información del Patrimonio Mundial.

ICOMOS

El Consejo Internacional de Monumentos y Sitios fue fundado en 1965, siguiendo la adopción de la Carta de Venecia, para promover la doctrina y las técnicas de la conservación, provee al Comité del Patrimonio Mundial las evaluaciones de los sitios culturales propuestos para su inscripción en la Lista del Patrimonio Mundial, realiza estudios de prospección, cooperación técnica o informes sobre el estado de conservación de los sitios inscriptos. El ICOMOS es uno de los principales participantes de la Red de Información del Patrimonio Mundial.

informe explicativo o memoria

Un informe que define específicamente los aspectos subjetivos que afectan a la evaluación del nivel de seguridad, tales como las incertidumbres respecto a los datos o las dificultades para realizar una evaluación precisa de los fenómenos que puedan conducir a conclusiones de dudosa fiabilidad.

intervención

La intrusión física en un edificio durante un diagnóstico o una terapia.

investigación

Una evaluación sistemática y detallada de un edificio que puede incluir examen, ensayos de materiales, análisis de la estructura, y ensayos estructurales.

ladrillo

Unidad de obra de fábrica hecha normalmente de barro, cocida o simplemente secada al sol.

ladrillo cocido

Material cerámico obtenido mediante la preparación, moldeado (o extrusión) de material sin tratar (barro) y luego secado y cocido a una temperatura adecuada.

método observacional

Aproximación gradual en la intervención o el refuerzo de una estructura, que consiste en comenzar por un nivel mínimo de intervención y la posible adopción sucesiva de medidas correctoras

mortero

Mezcla de uno o más aglomerantes, agregados y agua. A veces se incluyen aditivos en ciertas proporciones para darle a la mezcla la consistencia y trabajabilidad adecuadas en estado fresco y las propiedades mecánicas y físicas apropiadas cuando endurece.

obra de fábrica de ladrillos

Estructura compuesta o material hecho de capas alternas de ladrillos recibidos con mortero.

patrimonio arquitectónico

Edificios y complejos de edificios (ciudades, etc.) de valor histórico. El patrimonio arquitectónico está constituido tanto por aquellos edificios monumentales y singulares, como por aquellos modestos y sencillos que caracterizan y dan identidad a los barrios y a la ciudad. Son parte indisoluble del origen y de la memoria física de un pueblo.

patrimonio cultural

Conjunto de bienes, muebles e inmuebles, materiales e inmateriales, de propiedad de particulares, de instituciones y organismos públicos o semipúblicos, de la Iglesia y de la Nación, que tengan un valor excepcional desde el punto de vista de la historia, del arte y de la ciencia, de la cultura en suma, y que por lo tanto sean dignos de ser conservados por las naciones y pueblos conocidos por la población, a través de las generaciones como rasgos permanentes de su identidad.

piedra

Es un material cuyo uso ha estado presente desde la arquitectura primitiva de la humanidad, existiendo estructuras que desde esa época se asocian a la escultura. Existen tres tipos de piedra los cuales aportan distintas calidades al trabajo escultórico y que son las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas

piedras naturales

Las piedras naturales se han formado por procesos geológicos. Se trata de mezclas de minerales. Según su origen, pueden clasificarse en magmáticas, metamórficas y sedimentarias (arenisca, piedra caliza, etc.). Se diferencian por su origen si su composición no ha sido alterada por el hombre.

restauración

Proceso de recuperación de la forma de un edificio tal como era en un período de tiempo determinado, por medio de la eliminación de obra adicional o con la reposición de obra perdida.

UNESCO

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura creada en 1945. Cuenta con 188 estados miembros, y su principal objetivo es contribuir al mantenimiento de la paz y la seguridad en el mundo promoviendo, a través de la educación, la ciencia, la cultura y la comunicación, la colaboración entre las naciones a fin de garantizar el respeto universal de la justicia y los Derechos Humanos. Entre sus propósitos fundamentales está la promoción de la identificación, protección y preservación del Patrimonio Mundial, esto es el patrimonio cultural y natural de todo el

mundo considerado especialmente valioso para la humanidad. (web UNESCO www.unesco.org)

valor estético - arquitectónico

El valor estético se relaciona con la percepción que tenemos del lugar a través de la forma, la escala, el color, la textura, el material, incluyendo los olores y sonidos que están vinculados al sitio y su utilización. El valor arquitectónico se relaciona con el estilo y la calidad de diseño, las formas, los usos y los tipos de materiales y cuando presente cualidades destacables referentes a:

- a- Calidad espacial: en volumetría, proporciones, recorridos.
- b- b- Calidad formal: en estilo, composición, coherencia, Figura, color, textura.
- c- Calidad funcional: coherencia espacial, uso correcto de los locales, confort. d- Calidad técnico constructiva: integración de servicios, iluminación, drenajes, soluciones técnicas espaciales, uso de materiales, economía de recursos.

valor histórico

Significa un lugar que ha sido influenciado por un evento, personaje, etapa o actividad histórica. Los edificios históricos son testimonios vivientes que se precisa destacar, conservar, recuperar o procurar darles nuevos usos para integrarlos al presente. Estos valores son importantes en el ámbito local (el barrio), regional (la ciudad) o nacional (el país) y sirven para la afirmación de la identidad de un lugar.

valor simbólico

Cuando posea cualidades representativas o evocativas con las que: se identifica la comunidad, generando sentimientos de pertenencia, arraigo u orgullo. sea identificada la comunidad, por su proyección o imagen en un ámbito mayor.

ANEXO III

GLOSARIO DE TÉRMINOS RELACIONADOS CON EL DETERIORO

DE LAS PIEDRAS DE CONSTRUCCIÓN.

-adaptación-

Autores originales: **J. ORDAZ y R. M. ESBERT** Departamento de Geología, Universidad de Oviedo 33080-OVIEDO/España.

Abrasión Desgaste de la superficie de los materiales rocosos, por fricción o impacto, originado por la acción de los agentes erosivos (viento, lluvia, etc.).

Alterabilidad Tendencia de un material rocoso a alterarse, generalmente a corto plazo (escala histórica o humana). Es concepto inverso al de durabilidad.

Alteración Modificación o cambio en la composición química o mineralógica de un material pétreo, producido por los agentes meteorices.

Alveolización Degradación de origen físico-químico, en forma de alveolos, característica de ciertos materiales rocosos granudos y porosos (tobas, areniscas, etc.). Erosión alveolar, o en panal de miel ("honeycomb weathering").

Alveolo Cavidades u oquedades de forma más o menos globular, interconectadas o no, y que en conjunto adquieren un aspecto de panal de miel. El interior de los alveolos suele albergar material disgregado, eflorescencias, microorganismos, etc.

Antrópico (deterioro) Degradación o destrucción de materiales pétreos causada por la acción de los hombres (mutilaciones, incisiones, etc.).

Arenización Tipo de meteorización caracterizado por la caída "grano a grano", espontánea o inducida, de material tamaño arena. Desagregación granular.

Biodegradación Deterioro producido por la acción biológica.

Biodeterioración Véase Biodegradación.

Carbonatación Alteración química que comporta la transformación de minerales conteniendo calcio, sodio, hierro, magnesio, potasio..., en carbonatos y bicarbonatos de estos elementos metálicos, por acción del dióxido de carbono disuelto en el agua.

Corrosión Deterioro gradual de un material por agentes químicos.

Corrosión atmosférica la provocada por los componentes del aire o sustancias contaminantes del mismo.

Corrosión biológica la provocada por la actividad metabólica de organismos vivos.

Costra Lámina compacta de material en la parte externa de una piedra, producto de una transformación superficial, y cuya naturaleza químico mineralógica y características físicas son parcial o totalmente distintas de las del substrato pétreo sobre el que se asientan. Visualmente se distinguen, en general, por sus rasgos morfológicos (a veces en forma de caparazón), dureza (se hallan endurecidas con respecto al material rocoso alterado); y, a menudo, por su color (costras negras), al contener productos carbonosos de contaminación (hollín, polvo, etc.).

Crioclastia Fisuración o fragmentación de las piedras como consecuencia de los efectos del hielo-deshielo.

Criptofluorescencia Agregados cristalinos situados más internamente en la piedra que las subfluorescencias.

Cromatización Cambios o modificación en el color original de la piedra, debido a procesos de alteración química.

Decoloración Debilitamiento o pérdida de color de un material expuesto a la intemperie.

Degradabilidad Tendencia a la degradación por parte de un material pétreo.

Depósito superficial Acumulación de material de origen diverso (polvo, humos, hollín, guano, microorganismos, etc..) en la superficie de una piedra. Normalmente de escasa cohesión, espesor variable y baja adherencia al sustrato sobre el que se asienta. Depósito superficial Acumulación de material de origen diverso (polvo, humos, hollín, guano, microorganismos, etc..) en la superficie de una piedra. Normalmente de escasa cohesión, espesor variable y baja adherencia al sustrato sobre el que se asienta.

Descomposición Alteración química. Cambio en la composición química o mineralógica de una piedra.

Desplacación Levantamiento y separación de placas.

Deterioro Modificación o cambio del material pétreo que implica un empeoramiento o declinación de sus características físico-mecánicas, desde el punto de vista de su conservación. El deterioro diferencial es el deterioro desigual, condicionado por la heterogeneidad en la composición, textura o estructura del material rocoso, y que da lugar a niveles de degradación distintos dentro de una misma piedra. La existencia de distintos niveles de degradación de los materiales pétreos, dentro de un conjunto de éstos (p. ej. en un mismo paramento o muro) constituye un deterioro selectivo.

Disolución Acción y efecto de disolverse un material, generalmente por las aguas meteóricas. Afecta principalmente a las rocas calcáreas y a las detríticas con cementos carbonatados o arcillosos.

Durabilidad Resistencia de un material a alterarse, generalmente a corto plazo. Concepto inverso al de Alterabilidad.

Eflorescencia Capa o formación de cristales de sales solubles, de color blanquecino, no muy consistente, que se forma en la superficie de una piedra porosa, debida a fenómenos de migración y evaporación de agua conteniendo sales solubles.

Eflorescencia salina capa o formación de cristales de sales solubles, de color blanquecino, no muy consistente, que se forma en la superficie de una piedra porosa, debida a fenómenos de migración y evaporación de agua conteniendo sales solubles.

Enmugrecimiento Depósito superficial, generalmente de color oscuro o negro, formado por la acumulación de polvo, hollín, humos, vegetaciones, etc. Suciedad superficial: tizne.

Erosión

Término genérico que se aplica a los procesos físicos, químicos y biológicos que conducen al rebaja-miento del relieve y pérdida de material (p. ej. alveolización, corrosión, abrasión, etc.).

Expansión hídrica Dilatación o aumento de volumen de una piedra producido por la absorción de agua líquida. El hinchamiento viene favorecido normalmente por la presencia en la piedra de determinados minerales arcillosos expansivos (p. ej. esmecti esmectitas).

Los ciclos de expansión/retracción suelen conducir a diversos tipos de deterioro (fisuración,desagregación granular, descamación, etc.).

Fisura Discontinuidad planar, macroscópica o microscópica (microfisura), de diverso origen y dimensiones variables. En general, fractura o hendedura en la masa de una piedra. Se pueden distinguir varios tipos: las fisuras preexistentes, originales de la roca ("pelos" en cantería); las producidas durante la extracción, labra, esculpido, aserrado o manipulación en general de una piedra ("artefactos"); las generadas a consecuencia de esfuerzos mecánicos derivados de la estructura del edificio (p. ej. asentamiento defectuoso de un sillar, anclajes internos, etc.); y las inducidas por los ciclos térmicos, de hielo- deshielo, de humedad-sequedad, etc.

Fractura Superficie de discontinuidad resultado, por lo general, de esfuerzos de tracción o de cizalla.

Friabilidad Calidad de friable o desmenuzable. Característica de materiales incompetentes, poco resistentes o fuertemente alterados.

Gelifracción Fragmentación de un material pétreo por la acción disruptiva del hielo.

Grieta Fisura o fractura abierta, normalmente de gran tamaño.

Haloclastia Fisuración o fragmentación de un material por acción de la cristalización de sales solubles.

Heladicidad Susceptibilidad de un material a la acción del hielo.

Hidratación Incorporación de agua en la composición química de un mineral. La fragmentación por hidratación ("hydration shattering") consiste en la separación y

quebrantamiento de un material rocoso por la presión de cuña ejercida por películas de agua de espesor variable sobre las superficies de minerales silicatados. Esta acción puede verse intensificada por ciclos de hielo-deshielo.

Higroscopicidad Capacidad de absorción de humedad ambiental (vapor de agua) por parte de un material pétreo.

Humedad ascendente o capilar En la mayoría de los casos no se puede evitar que el suelo sea húmedo. Pero el suelo puede estar saturado o no de humedad, es decir, que los poros pueden o no estar llenos de agua líquida. Una gran parte del suelo siempre está saturada de agua, formándose la capa de agua subálvea o freática cuyo nivel superior corresponde al nivel de agua de los pozos.

Humedad accidental Que engloba todas aquellas producidas por roturas y escapes en las conducciones o descuido de las personas, que provocan focos puntuales de humedad que aparecen más o menos cerca de su origen

Humedad atmosférica o de filtración Es la que proviene del exterior y penetra al interior del edificio a través de su cerramiento de fachada o cubierta, ya sea a través de sus poros, o aprovechando grietas o fisuras, juntas constructivas o de dilatación y vanos de puertas y ventanas

Humedad de condensación La producida en los cerramientos como consecuencia de condensarse el vapor de agua que está en contacto o en el interior de los mismos, en su recorrido desde los ambientes con mayor presión de vapor (normalmente los interiores) hacia los de presión de vapor más baja (los exteriores).

Humedad en la construcción o de obra En la construcción tradicional, el agua es un componente indispensable: todos los morteros se amasan con agua; las piedras contiene

agua de cantera; gravas y arenas necesitan lavados previos (algunas); toda la obra muerta tiene que colocarse mojada; los hormigones necesitan riegos durante su fraguado; de manera que resulta inevitable que la obra quede bastante húmeda.

Lixiviación Separación, remoción selectiva o disolución de componentes solubles de una piedra, por la acción de las aguas percolantes. Lavado de la superficie externa de las piedras.

Meteorización Conjunto de procesos químicos, físicos y biológicos naturales conducentes conducentes a la desagregación mecánica y descomposición química, generalmente a largo plazo, de los materiales rocosos expuestos a los efectos de la intemperie. En ocasiones se utiliza como sinónimo de alteración (atmosférica o meteórica).

Orín Herrumbre. Pátina de tinción rojizo-amarillenta producida por óxidos de hierro (hematites, limonita) de algunos materiales pétreos, o bien por la oxidación de elementos metálicos de la edificación en contacto con las piedras.

Oxidación Reacción química del oxígeno con una sustancia mineral, con formación generalmente de óxidos. Los minerales ferruginosos de las piedras se oxidan con facilidad, dando lugar a alteraciones cromáticas y pátinas de tinción. El incremento de volumen de los óxidos resultantes puede contribuir, asimismo, a la formación de descohesiones y desagregaciones granulares.

Pátina Capa o película superficial y delgada que se forma sobre las piedras por diversas causas. Modificación superficial del material que no implica necesariamente procesos de degradación o deterioro.

Patología puede ser definida como parte de la Ingeniería que estudia los síntomas, los mecanismos, las causas y los orígenes de los defectos de las obras civiles, o sea, es el estudio de las partes que componen el diagnóstico del problema.

Patología Constructiva se define como la rama de la ciencia y técnica de la construcción que estudia los problemas en edificios y obras públicas o alguna de sus unidades después de la ejecución

Patología de Estructuras puede considerarse como parte de la patología constructiva dedicada al estudio sistemático y ordenado de los daños y fallas que se presentan en las edificaciones, analizando el origen o las causas y consecuencias de ellos para que, mediante la formulación de procesos, se generen las medidas correctivas para lograr recuperar las condiciones de desempeño de la estructura.

Problemas patológicos solo se manifiestan durante la construcción o después de la ejecución propiamente dicha, última etapa de la fase de producción. Normalmente ocurren con mayor incidencia en la etapa de uso.

Ruina Nivel muy elevado de deterioro, destrucción o abandono de un conjunto de piedras o fábrica.

Salitre Eflorescencia pulvurulenta de color blanco formada principalmente por KNO_3 , nitrato de potasio. Se revela por la humedad ascendente capilar. Resulta del intercambio de iones calcio por iones potasio y de iones óxido o carbonato por iones nitrato. Se asocia al término popular “cáncer de la piedra”

Sulfatación Alteración química que comporta la formación de sulfates, anhídros o hidratados, generalmente a partir de reacciones del dióxido de azufre de la atmósfera con sustancias minerales de la piedra. Pueden presentarse en forma de agregados cristalinos (eflorescencias) o de costras.

Yesificación Formación de yeso (sulfato cálcico dihidratado), generalmente en forma de costras superficiales.

BIBLIOGRAFÍA

ARNOLD, A.; JEANETTE, D. y ZEHNDER, K.: Proposal for a Terminology of Weathering Phenomena on Building Stones, Work Document, Group Petrography, Zurich-Strasbourg, 1980,

BATES, R. L. y JACKSON, J. A. (Eds.): Glossary of Geology, American Geological Institute, 2nd. Ed., Falls Church, Va., 1980.

C. N. R. - I. C. R.: Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: lessico, Raccomendazioni NORMAL, 1 -80, Roma, 1 980.

HENAU, P.: Vocabulaire des terms descriptifs de l'état de surface des matériaux de construction, Institut Royal du Patrimoine Artistique, Bruselas, 1980.

LAZZARINI, L.: Lessico, En: "La pulitura dei materiali lapidei da costruzione e scultura", CEDAM-Casa editrice Dott. Antonio Milani, Padua, 1981.

ORDAZ, J.: Glosario de términos relacionados con las formas y fenómenos de deterioración de las piedras de los monumentos. Informe interno A. 01/82, Departamento de Petrología y Geoquímica, Oviedo, 1982.

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES: Vocabulario científico y técnico. Madrid. 1 983.

ANEXO IV

GLOSARIO DE INTERVENCIONES SOBRE EL PATRIMONIO

Alteración: cualquier supresión o adición que afecte a un elemento de la estructura o de las fachadas de un edificio y las obras de restauración, rehabilitación o remodelación de edificaciones.

Ampliación: Son las obras que se realizan para aumentar el volumen construido de edificaciones existentes, ya sea mediante el aumento de ocupación en pisos, el incremento del número de pisos o el aumento de altura de los existentes; con posterioridad a la recepción definitiva de las obras.

Anamnesis: El informe sobre la historia clínica de un edificio, que incluye los traumas, las intervenciones, las modificaciones del pasado, etc. La investigación para obtener esas informaciones antes del examen. Es el primer paso antes del diagnóstico.

Anastilosis: Reintegración en su sitio original de partes desmembradas de un objeto, para asegurar su conservación. Las reintegraciones responden a dos funciones importantes: la investigación experimental y los fines pedagógicos e interpretaciones de la realidad pretérita. Sin embargo, deben tomarse grandes precauciones para no borrar cualquier huella subsiguiente; y tenerse en cuenta toda serie de pruebas para respetar la autenticidad del bien.

Autenticidad: Un bien conserva en sus diferentes componentes su originalidad, entendida ésta como los rasgos esenciales de su identidad (materialidad, función, técnica constructiva, significación del bien).

Consolidación: Realización de acciones o incorporación de elementos a un bien tendiente a evitar su destrucción, parcial o total.

Deterioro: Cambio y empeoramiento de las características de los materiales producidos por acciones biológicas o químicas. Está vinculado con un fallo de los materiales de los que se compone un sistema estructural. Pérdida de calidad, tejido deteriorado.

Diagnóstico: El hecho o proceso de identificar o determinar la naturaleza y las causas del daño y el deterioro mediante la observación, la investigación (incluyendo modelos matemáticos) y el análisis histórico, así como las opiniones que se derivan de esas actividades.

Integración: Aportación de elementos claramente contemporáneos y visibles, para asegurar la continuidad material del objeto y permitir su salvaguarda

Integridad: Capacidad de una estructura de valor histórico o arquitectónico de mantener su originalidad en relación a su localización, diseño, materiales de construcción, confección y carácter general.

Intervención: Proceso que implica la ejecución de obras de construcción, conservación, reciclaje o ampliación de las edificaciones existentes y su entorno.

Investigación: Una evaluación sistemática y detallada de un edificio que puede incluir examen, ensayos de materiales, análisis de la estructura, y ensayos estructurales.

Mantenimiento: Serie de operaciones que tienden a minimizar el ritmo de deterioro en la vida de un edificio y que se practican sobre las diversas partes y elementos de su construcción así como sobre sus instalaciones y equipamientos, siendo siempre obras programadas y efectuadas en ciclos regulares.

Método observacional : Aproximación gradual en la intervención o el refuerzo de una estructura, que consiste en comenzar por un nivel mínimo de intervención y la posible adopción sucesiva de medidas correctoras.

Piedras naturales: Las piedras naturales se han formado por procesos geológicos. Se trata de mezclas de minerales. Según su origen, pueden clasificarse en magmáticas,

metamórficas y sedimentarias (arenisca, piedra caliza, etc.). Se diferencian por su origen si su composición no ha sido alterada por el hombre.

Protección: Acción de Amparo y defensa. La legislación debe contar entre sus objetivos la protección de los bienes culturales, consagrando el derecho de la sociedad en su conjunto por sobre el interés privado.

Reconstrucción: El proceso de restablecer o recrear el estado original o previo de un inmueble, sitio o ambiente, mediante la incorporación preferente de nuevos materiales. Esta reproducción auténtica –total o parcial– estará fundamentada en documentación comprobada por evidencia científica a través de un estudio de tipología (documentos gráficos, fotográficos o de archivo).

Recuperación: Conjunto de operaciones tendientes a recobrar el edificio para continuar su vida útil.

Refuncionalización: Volver a poner en funcionamiento un edificio, especialmente en lo que refiere a sus funciones vitales o esenciales.

Rehabilitación: recuperación o puesta en valor de una construcción, mediante obras y modificaciones que, sin desvirtuar sus condiciones originales, mejoran sus cualidades funcionales, estéticas, estructurales, de habitabilidad o de confort.

Remodelación: Conjunto de operaciones llevadas a cabo para preservar elementos y rasgos distintivos de una propiedad que son significativos desde el punto de vista histórico, arquitectónico o cultural, pero que introduce alteraciones que se desvían de la forma primitiva de un edificio, estructuras o lugar histórico.

Renovación: La Renovación de un Edificio, se define como la acción que implica la incorporación, remoción y sustitución de volúmenes, superficies y elementos. Implica sustituir partes y llevar a nuevo, por lo que se considera pertinente en el campo de la conservación arquitectónica.

Reparación (de un inmueble): Renovación de cualquier parte de una obra que comprenda un elemento importante para dejarla en condiciones iguales o mejores que las primitivas, como la sustitución de cimientos, de un muro soportante, de un pilar, cambio de la techumbre.

Réplica: Acción de copiar una obra artística reproduciendo con igualdad la original. En general no es recomendable por atentar contra la autenticidad del bien.

Reposición o Restitución: Colocar en la posición anterior o volver a poner un elemento igual al original en salvaguarda y/o lectura del conjunto. Se lo utiliza habitualmente para definir la colocación de piezas ornamentales o partes.

Restauración: el proceso de devolver a un inmueble, sitio o ambiente a su estado original o alguna etapa previa de su existencia, mediante la consolidación, la exclusión de los elementos no pertenecientes a su identidad, o a la incorporación de nuevos materiales o elementos, siempre y cuando no la alteran.

Terapia: La elección de medidas terapéuticas (consolidación, refuerzo, reposición, etc.) como respuesta al diagnóstico.

Valor ambiental: Valor de edificios y otras estructuras que se asocia a la fachada o elementos visibles desde la vía pública por su singularidad, carácter tradicional o por su notable articulación morfológica con el entorno y que contribuye sensiblemente a conformar determinado ambiente urbano o rústico, de especial belleza o sentido ambiental, siendo de interés público su mantención en el escenario urbano o en el paisaje a fin de preservar esas características ambientales.

Valor arquitectónico: Valor que se asocia a los edificios y otras estructuras cuando se relacionan con méritos arquitectónicos o artísticos que los hacen dignos de continuidad por la trascendencia que se les atribuye.

Valor cultural: Todo lo que expresa el cultivo de las tradiciones, conocimientos humanos y ejercicio de su identidad, prácticas de comportamientos colectivos o sociales que han trascendido generaciones.

Valor histórico: Valor que se asocia a los lugares, edificios y otras estructuras cuando se relacionan con un suceso o personalidad pasada de relevancia que le hacen dignos de continuidad por la trascendencia que se le atribuye.

Valor monumental: Aquellos edificios institucionales, religiosos o civiles de gran valor arquitectónico e histórico que componen los hitos más significativos de la ciudad o de su entorno los cuales contribuyen a dotarla de identidad propia.

ICOMOS. Recomendaciones para el análisis conservación y restauración estructural del Patrimonio Arquitectónico. Edición especial para los asistentes al XXVII Cursillo de Intervención en el Patrimonio Arquitectónico del Colegio de Arquitectos de Cataluña del 16 al 19 de diciembre de 2004

ANEXO V

IDENTIFICACION DE PATOLOGIAS ALTERANTES EN LA FACHADA DE LA IGLESIA DE SANTA MARÍA DE LA ASUNCIÓN, EN TLAPACOYAN VERACRUZ.

A.1 INTRODUCCIÓN

Este trabajo forma parte de mi trabajo de tesis (1) intitulado “Análisis de la acción alterante de líquenes sobre materiales pétreos en edificios de la Ciudad de Toluca”. Evidentemente las ciudades de Toluca, Estado de México y Tlapacoyan Veracruz tienen diferentes condiciones climáticas y socio económicas. Toluca se encuentra a 2650 MSNM, temperatura promedio anual 19°C y humedad relativa promedio del 60%. Tlapacoyan Veracruz esta a 160 MSNM, temperatura promedio anual 25°C y humedad relativa del 80%. Mientras que en Toluca el grado de alteración es mínimo, en Tlapacoyan se presenta la situación contrario y que se presenta a continuación.

Parte de la información local se obtuvo a partir del diálogo personal con el cronista de la Ciudad de Tlapacoyan, Lic. Alfonso Diez.

Determinar el grado de transformación y conservación de nuestro patrimonio arquitectónico a lo largo del tiempo, fundamentalmente a partir de la llegada de los españoles a México constituye el principal objetivo de este estudio, pues diversas circunstancias han dado lugar a importantes transformaciones en el significado y perfil urbano y monumental de nuestras ciudades: abandono, guerras, revoluciones, diferencias religiosas, presión inmobiliaria urbana, contaminación atmosférica, turismo destructivo, políticas culturales de conservación, cambio de autoridades locales, cambio de vocación del suelo e inclusive el tan temido efecto del cambio climático que enfrentaremos, justifica la realización de este tipo de estudios, que de manera incipiente trata de unificar criterios de conservación, restauración, en todos aquellos edificios que forman parte de nuestro patrimonio arquitectónico histórico, que solamente ha sido inventariado y

raramente intervenido por las instituciones responsables de realizarlo. Esto es entendible, pero no justificable. Solamente se tutelan muy de cerca los edificios de las ciudades de cierta importancia, pero aquéllos sitios más alejados del común de interés turístico solamente son verificados cuando las autoridades locales intentan transformarse en “pueblos mágicos”, denominación que en México se le da a aquellas poblaciones que cumplen con ciertos requisitos culturales, arquitectónicos o históricos, además los correspondientes turísticos.

El conocimiento de los agentes de alteración en los materiales pétreos que forman parte de las fachadas o de las paredes externas de un inmueble, su patología y su correspondiente etiología nos es del común del conocimiento popular; cuando observamos algo que de alguna manera no forma parte de la pieza original, solamente afirmamos que a este objeto le hace falta limpiarlo, ni siquiera pensamos en el término mantenimiento. Observamos, manchas, eflorescencias pulvulentas, nidos de insectos y aves sobre las superficies, pero en ningún momento nos preguntamos como se llegó hasta este estado y grado de deterioro.

Cada grupo de agentes de alteración de los materiales pétreos tienen su propia patología y etiología correspondiente, sin embargo debemos dejar asentado que la mayoría de las alteraciones no antropogénicas son ocasionadas por el agua, ya sea como humedad ambiental, humedad por capilaridad, humedad por ósmosis. Es por ello que es necesario considerar el contexto en el cual está situado nuestro objeto de estudio, sin perder de vista que el proceso de destrucción obedece a la entropía del sistema y que solamente esta en nuestras manos retrasarlo un poco.

Este trabajo tiene como objetivo el identificar las patologías alterantes de la fachada principal de la Iglesia de Santa María de la Asunción, por ser un elemento arquitectónico único en el estado actual de la Iglesia.

Gran parte del deterioro del inmueble es similar al que presentan algunos inmuebles alrededor de la Iglesia y por ello se citarán solamente como elemento comparativo y complementario a nuestro estudio.

La infravaloración de nuestro patrimonio arquitectónico histórico promueve la pérdida del sentido de pertenencia. Cuando ello sucede, hemos perdido a la ciudad.

A.2 RESEÑA HISTÓRICA DE TLAPACOYAN

El Municipio de Tlapacoyan de Ferrer, aunque también recibe el nombre de Heroica Tlapacoyan es uno de los municipios serranos del Estado de Veracruz, antiguamente fue uno de los pasos hacia la costa del Golfo de México, hacia lo que se conoce como Nautla.



Figura 304 Iglesia de Santa María de la Asunción, Tlapacoyan Veracruz. (Ismael Rangel Gómez)

Esta es una panorámica de la Plaza Principal de Tlapacoyan, Veracruz, Figura #1. Se puede observar la construcción tipo cruz latina, con un altar principal y dos capillas laterales. Tiene una fachada principal en el atrio frontal. Esta fachada resalta por las diferencias constructivas de materiales y acabados. Tal parece que lo único original de la época franciscana del Siglo XVII y Siglo XVIII. El atrio lateral izquierdo da hacia la calle de Hidalgo, el espacio correspondiente al atrio derecho corresponde a un pequeño jardín y a las actuales oficinas de la Iglesia. El frente da hacia el Jardín en donde se encuentra el tradicional kiosco. La Iglesia cuenta con dos campanarios asimétricos.

A continuación presentamos el devenir histórico de nuestra Iglesia.

Hernán Cortes también en 1519, cuando llega a tierras de Mesoamérica es acompañado por fraile franciscano. Pide a Carlos I de España y V de Alemania el envío de 12 frailes franciscanos para la evangelización del Nuevo Mundo, siguiendo el testamento de la reina Isabel La Católica por la urgente necesidad de convertir al cristianismo a los aborígenes americanos.

Alrededor de 1554-1610 los primeros pobladores españoles fundan Santa María Yohualtlacualoyan, que posteriormente en 1610 se transforma en Tlapacoyan. Previamente existían asentamientos olmecas, toltecas y totonacas, todos eran súbditos del Imperio Azteca. Los asentamientos principales se encontraban más hacia la Sierra Madre Oriental.

A.3 LOS FRANCISCANOS EN VERACRUZ.

El recorrido de bosques de niebla en la parte veracruzana y que colinda con la Sierra Norte de Puebla, que es una de las rutas seguidas por los primeros franciscanos, nos presenta los municipios de Jalacingo, Atzalan. Altotonga, Tlapacoyan. Perote- Tenex-tepec, Las Vigas, San Miguel, Tlacolulan. Chapultepec, Paxtepec, Naolinco. Acatlán, Misantla y Xalapa- Chiltoyac. Cabe destacar que en Xalapa fue la sede principal de la obra franciscana, estuvo el monasterio. El recorrido de las altas montañas lo conformaron las siguientes poblaciones: Coatepec, Xico, Ixhuacán de los Reyes, Jalcomulco. Zentla. Coscomatepec, Calcahualco, Chocamán- Tomatlán, Orizaba. Maltrata, Tlaquipan, Zongolica.

El recorrido por las llanuras costeras y nos lleva a los pueblos del Obispado de Tlaxcala-Puebla: Otatitlán, Tlacotalpan, Alvarado, Veracruz, La Antigua, Actopan, Nautla, Tecolutla, Tuxpan y Tamiahua, y finalmente el recorrido planicies del norte, trabajando las huellas franciscanas en Temapache, Chicontepec, Zontecomatlán, Papantla. Sierra de Papantla, Coxquihí, Chumatlán, Coahuatlán, Filomeno Mata y Mecatlán

En el año de 1646, en los márgenes de las playas de Tecolutla se encontró una Figuraaurilla, identificada como nuestra Señora de la Asunción. Tenía grabado cono destinatario el pueblo Santa María de Papantla, las autoridades no quisieron enviarla sin antes hacer una copia exacta de la escultura para poder quedarse con ella.

La eFiguraie fue recibida con una gran alegría y devoción, siendo desde entonces la patrona de este pueblo, de Misantla, Tlapacoyan, Teziutlán, Tlatlauquitepec y Tuxpan, donde se le guarda una gran devoción a la Virgen de la Asunción.

Su construcción se inició en 1683, pues su arquitectura revela estilos de los siglos XVII y XVIII, estilo colonial franciscano.

La parroquia referida lleva el nombre de La Asunción de María Santísima, cuyo santo patrono es, evidentemente, Santa María de la Asunción y se le festeja el 15 de agosto. Pertenece a la Diócesis de Papantla; la iglesia, aunque comenzó a construirse en 1683 con material permanente que podríamos definir genéricamente como mampostería, fue erigida por los primeros misioneros como templo a mediados del siglo XVI, aunque de madera, con teja en el techo y pisos de tierra y estaba consagrada a Santa María de la Asunción, santo patrón de Yohualtlacualoyan (uno de los pueblos que al fundirse dieron origen a Tlapacoyan), después Santa María Yohualtlacualoyan.

El Vigésimo Octavo virrey de la Nueva España, Tomás Antonio de la Cerda y Aragón, Conde de Paredes y Marqués de la Laguna de Camero Viejo, concedió en 1683 a Tlapacoyan que no pagara ningún tributo durante el siguiente año para que con ese dinero pudiera construir su iglesia. La construcción se llevó por lo menos lo que faltaba para terminar el siglo XVII y todo el siglo XVIII, aunque posteriormente se le hicieron algunos añadidos. Tlapacoyan tenía entonces 615 habitantes.

En épocas más recientes, ya en el Siglo XX, junto a la Parroquia de la Asunción había una casita en lo que ahora es el atrio que da a las escalinatas que "bajan" a la calle Hidalgo. El

cronista que describe poblaciones, lugares, calles, casas habitación, se ve afectado por ese aspecto sensible. No puede simple y fríamente hablar de determinada construcción sin intentar reconstruir la historia de sus habitantes.

Termina el Movimiento Revolucionario de 1910 y poco tiempo después comenzó la feroz persecución del gobernador Adalberto Tejeda contra Guízar y Valencia, contra los curas y contra todo lo que significara Iglesia. Sus enviados destrozaban y quemaban iglesias. El antecedente es que el 8 de octubre de 1931 las autoridades del municipio de Tlapacoyan ordenaron a algunos de sus subordinados que entraran a la iglesia y destruyeran y quemaran las Figuras religiosas.



Figura 305 Así era la Iglesia durante el primer tercio del Siglo XX. (Tomada del Archivo del Cronista de la Ciudad, Alfonso Díez)

El 24 de febrero 1942, tras haber recibido en donación la casita anexa a la Iglesia, Figura # 2, de la Asunción, el sacerdote Francisco Ramos comienza en ese terreno con la construcción de la segunda torre. Se terminó en 1944.

La Iglesia actualmente Figura #3, muestra diferencias estructurales y arquitectónicas, ha sido intervenida recientemente en su parte exterior. El interior de la Iglesia no pudo ser fotografiado por no contar con el permiso del Párroco actual.



Figura 306 La Iglesia actualmente. (Ismael Rangel Gómez)

La arquitectura franciscana se caracteriza por tener carácter defensivo (como casi todas las construcciones del Siglo XVI). Son de gran sencillez y muy frecuentemente tienen una espadaña como remate superior de su fachada o frontis. Cabe señalar que raramente tenían torres/campanario. También es común encontrar en su ornamentación, un cordón torcido (cordón franciscano) labrado en piedra o pintado, que representa a la orden austera

A.4 LOCALIZACIÓN DE TLAPACOYAN, VERACRUZ

Se encuentra ubicado en la zona centro del estado en las coordenadas 19° 58' latitud norte y 97° 13' longitud oeste a una altura de 430 metros sobre el nivel del mar. Limita al noreste con Martínez De la Torre., al sureste con Atzalan, al sur con Jalacingo. Su distancia aproximada al noroeste de la capital del Estado, por carretera es de 135 Km.



Figura 307 Diagrama # 1 Región Centro Norte del Estado

Su clima es cálido-húmedo-regular con una temperatura promedio de 18°C; su precipitación pluvial media anual es de 1500mm. La humedad relativa en promedio es del 80%. Su vegetación es de tipo bosque subtropical perennifolio.

A.5 METODOLOGÍA

Se estuvo visitando a la Iglesia en diferentes días y horas para lograr una mejor iluminación natural posible y detectar las patologías que son ostensiblemente visibles. Para lo cual se empleará el diagrama de localización que a continuación se presenta.

PATOLOGÍAS								
ETIOLOGÍA FISICO QUIMICA			ETIOLOGIA BIOLOGICA				ETIOLOGIA ANTROPOGÉNICA (INTERVENCIÓN)	
AGUA			VEGETAL		ANIMAL		ESTETICA	CONS TRUCTIVA
A	M	C	LÍQUENES	VEGETALES SUPERIORES	INVERTEBRADO S	VERTEBRADOS		
AMBIENTAL	ETIOLOGIA	CAUSAS	Se observa una sobre población de líquenes amarillos verdes y	En el perímetro exterior de la fachada de piedra se observan	Se observaron nidos de avispas, hormigas y gusanos perforadores	En las partes altas se encuentran heces de aves propias de la región, palomas	Si bien el portal se encuentra poco intervenido con respecto a la fachada de la Iglesia, se nos comenta que la última intervención fue hace 11	

xxx xxx xxx xxx xxx xxx xxx xxx	xxx xxx xxx xxx xxx xxx xxx xxx	I D A D DDDD DD DAD	negros en las superficies horizontales de los frisos y cornisas. En las superficies verticales de las paredes frontales predominan los líquenes amarillos y negros, sobre el sustrato que es basalto rojo y verde.	plantas simples con florecillas sobre todo en los lugares altos en las hendiduras que dejan las juntas entre el basalto y la cantera que esta pintada.	de roca.	y pájaros negros	años. Esto se puede observar por el crecimiento de algunos líquenes y porque las juntas de las piedras que se emplearon en la fachada, casi no están desgastadas. Las piedras de las cornisas y frisos tienen un desgaste desigual lo que hace suponer que en algún momento se cambiaron. El portal de basalto corresponde a un barroco indígena muy simple. El resto de la iglesia esta pintada y en lugares abundan los líquenes negros

Figura 308 . 2 PATOLOGIAS IDENTIFICADAS

Los líquenes encontrados son epilíticos crustosos, saxícolas, de las variedades *Verrucaria*, de color negro, *Caloplaca*, *Xanthoria elegans*, *Xanthoria parietina* que son los amarillos y verdosos.



Figura 309 Iglesia de la Asunción, Tlapacoyan Veracruz

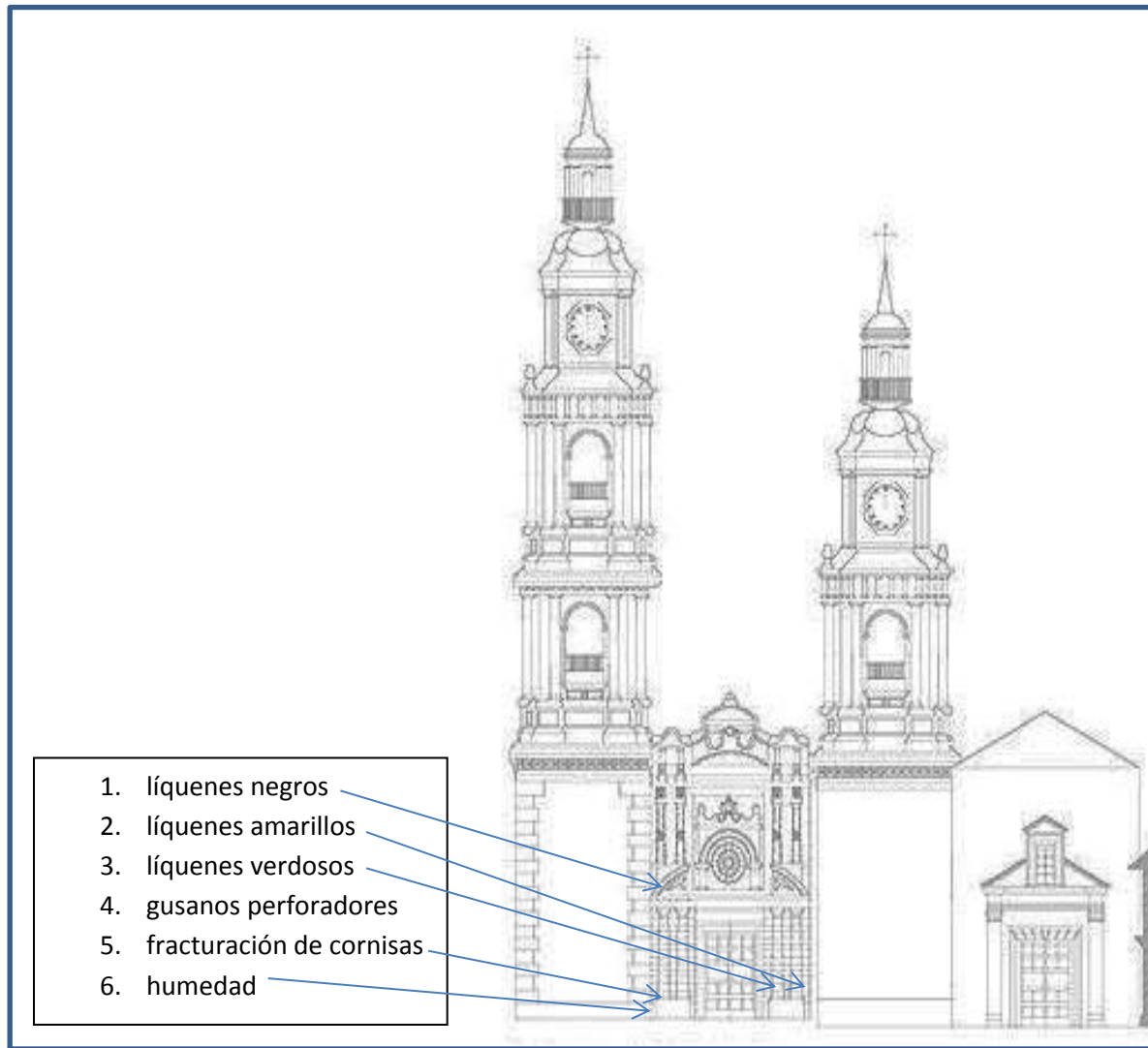


Figura 310 LOCALIZACIÓN DE PATOLOGIAS

PATOLOGIAS



Líquenes negros



Líquenes amarillos y verdes



Perforación por gusanos



Humedad

A.6 CONCLUSIONES

A lo largo de su vida útil, en la Iglesia de Santa María de la Asunción solamente se ha mantenido relativamente poco intervenido el portal manufacturado en cantera (pórfido andesita rosa grisáceo), la fábrica y el sillar son diferentes, lo mismo puede pensarse del material cementante. Los líquenes epilíticos crustosos saxícolas encontrados, son desconocidos y solamente se relacionan con manchas de diferentes colores, asociándose al musgo.



Después de más de dos siglos de existencia de este portal, es evidente el grado de alteración originado por el efecto conjunto de las patologías citadas en el cuadro correspondiente. No se puede decir lo mismo del resto de la Iglesia porque ha sido intervenida en múltiples ocasiones. En términos del cronista de la ciudad, este pórtico ya estuvo pintado y los habitantes lograron que se regresara a como estaba antes, que debe ser muy similar al estado en que hoy se encuentra.

BIBLIOGRAFIA DE REFERENCIA

1. Ascaso, A., Sancho, L.G., Rodriguez-Pascual, C., 1990. The weathering action of saxicolous lichens in maritime Antarctica. *Polar Biol.* 11, 33–39.

2. Ascaso, A., Wierzechos, J., De Los Rios, A., 1995. Cytological investigations of lithobiontic microorganisms in granitic rocks. *Bot. Acta* 108, 474–481.
3. Ascaso, C., Galvan, J., 1976. Studies on the pedogenetic action of lichen acids. *Pedobiologia* 16, 321–331.
4. Ascaso, C., Galvan, J., Rodriguez-Pascual, C., 1982. The weathering of calcareous rocks by lichens. *Pedobiologia* 24, 219–229.
5. Caneva, G.; Salvadori, O.: Biodeterioration of stone. 1988. *The Deterioration and Conservation of Stone Restoration*, 182-234
6. García-Rowe, J.; Saiz-Jimenez, C. 1991: Lichens and bryophytes as agents of deterioration of building material in Spanish Cathedrals. *International Biodeterioration*, 151-163
7. Saiz-Jimenez, C. 1981: Weathering of building materials of the Giralda (Sevilla, Spain) by lichens. *ICOM Committee for Conservation, Ottawa*, 10/4, 1-9
8. Tiano, P.: 1986 Problemi biologici nella conservazione del materiale lapideo esposto. *La Prefabbricazione* anno 22, Num.4, 261-272
9. Documentos Monográficos del Gobierno del Estado de Veracruz.

ANEXO VI

IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS

HUMEDAD CAPILAR

Eflorescencias en Fachadas.	Las eflorescencias son depósitos de sales cristalizadas que se posan en la superficie de los ladrillos en forma de manchas, generalmente, blanquecinas. Las criptoeflorescencias, que son depósitos interiores en los poros del material, y son más peligrosas, pues al aumentar de volumen en el interior del material crean fuertes tensiones que hacen que el poro se abra y entre agua, hielo, etc. que, aunque lentamente, podría llegar a destruir el material. Eflorescencias y criptoeflorescencias. – Degradación de materiales. – Formación de moho. – Aumento del grado de humedad. – Desprendimiento de pinturas. – Abombamiento.	Las eflorescencias son depósitos de sales cristalizadas que se posan en la superficie de los ladrillos en forma de manchas, generalmente, blanquecinas. Diferenciaremos aquí las eflorescencias, que son depósitos superficiales, de las criptoeflorescencias, que son depósitos interiores en los poros del material, y son más peligrosas, pues al aumentar de volumen en el interior del material crean fuertes tensiones que hacen

	– Merma de la adherencia.	que el poro se abra y entre agua, hielo, etc. que, aunque lentamente, podría llegar a destruir el material.

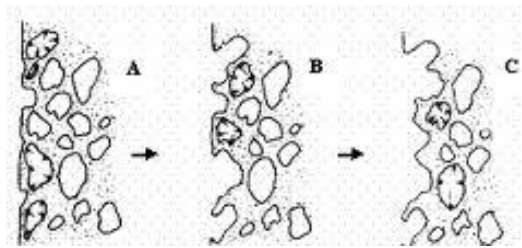


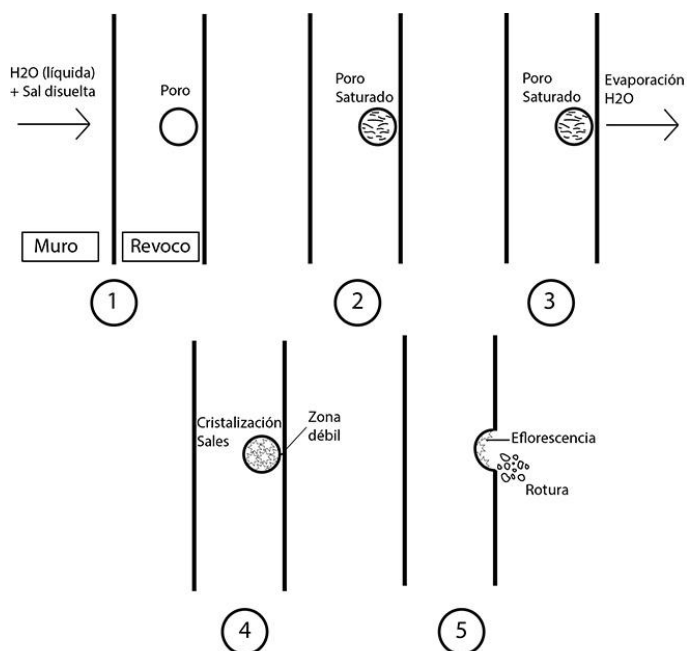
Figura.1 Proceso de arenización. Disgregación de los constituyentes

Descripción	Reparación de daños	Origen
Tipo I , son depósitos superficiales de sales blanquecinas muy solubles en agua, que aparecen en forma de velo y situadas en el centro o los bordes del ladrillo, aunque también cubre la junta de mortero. Suelen aparecer en la cuarta parte superior de los	Este tipo de eflorescencia desaparece tras varios ciclos de humectación-secado, pero para que desaparezcan de una forma rápida, se puede repetir el proceso de cepillar la fachada con un cepillo duro que no sea metálico y posteriormente arrastrar con agua limpia los restos, en caso de que persista, se mojaría abundantemente la fachada, se aplicaría agua con disolución de ácido clorhídrico al 10% y	se dan por la reacción química producida entre el ladrillo y el mortero

edificios, en la base del muro y en los antepechos de las ventanas. Son muy abundantes. Se manifiestan en primavera cuando el viento y el sol secan la fábrica tras el período húmedo del invierno.	posteriormente se lavaría.	
Tipo II: se dan por que el agua circula muy lentamente por la red capilar mientras que la evaporación es muy brusca, las sales cristalizan en el interior del ladrillo y debido al aumento de volumen al pasar de estado anhidro (sin agua) a hidratado se desconcha la parte exterior.	En este caso, se produce una circulación lenta del agua por la red capilar y una fuerte evaporación, produciéndose un aumento de la presión que provoca los desconchados. Para evitar su aparición se ha de realizar un regado intenso y de forma repetida durante épocas de baja evaporación.	se dan por que el agua circula muy lentamente por la red capilar mientras que la evaporación es muy brusca, las sales cristalizan en el interior del ladrillo y debido al aumento de volumen al pasar de estado anhidro (sin agua) a hidratado se desconcha la parte exterior.

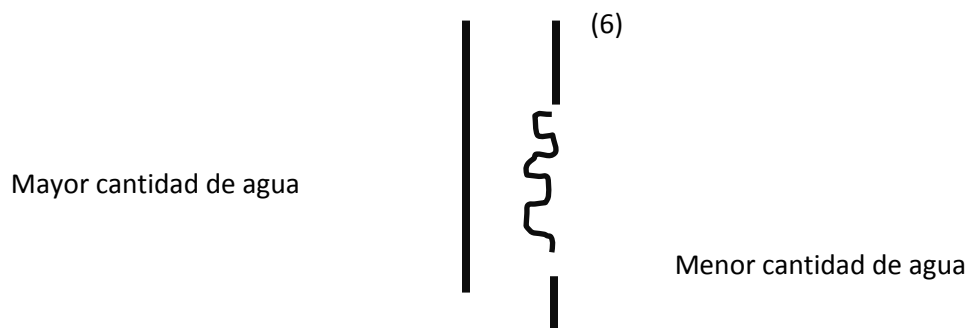
Tipo III: cuando el cemento sufre el proceso de hidratación libera cal que es arrastrada por el agua de lluvia, discurriendo por la fachada cuando se evapora ésta; la cal posteriormente se transforma en carbonato cálcico, en presencia del anhídrido carbónico del aire.	Este tipo de manchas no se eliminan definitivamente con facilidad. Si existen depósitos abundantes se han de cepillar o raspar, se empapan de agua y se aplica una disolución de ácido clorhídrico, tras la cual se enjuaga de forma abundante. La aplicación repetida de HCl o en disoluciones muy concentradas es perjudicial para el material.	cuando el cemento sufre el proceso de hidratación libera cal que es arrastrada por el agua de lluvia, discurriendo por la fachada cuando se evapora ésta; la cal posteriormente se transforma en carbonato cálcico, en presencia del anhídrido carbónico del aire
Tipo IV: aparecen cuando ciertos tipos de ladrillos de fabricación reciente se exponen a la lluvia, exudan sulfatos de hierro que reaccionan a hidróxidos férricos en contacto con el aire y a óxidos de un color pardo rojizo, no solubles en el agua.	Para su eliminación se aplica sobre las manchas una pasta formada por citrato sódico, agua tibia, glicerina y creta, se deberá enjuagar con abundante agua limpia al final de cada aplicación, ya que se puede repetir el proceso hasta su eliminación total.	aparecen cuando ciertos tipos de ladrillos de fabricación reciente se exponen a la lluvia, exudan sulfatos de hierro que reaccionan a hidróxidos férricos en contacto con el aire y a óxidos de un color pardo rojizo, no solubles en el agua.
Tipo V: se forman por	Se aplica una solución de sosa	se forman por las sales

las sales de vanadio que proceden de ciertas arcillas	cáustica (Na(OH)) de 350 g/l, dejándola actuar durante 2-3 días y se lava abundantemente con agua limpia.	de vanadio que proceden de ciertas arcillas.
Tipo VI: se dan cuando el bióxido de manganeso que da el color a los ladrillos pardos reacciona con los sulfatos presentes en el mismo y forma sulfato de manganeso soluble que tras diversas reacciones forma óxido de manganeso	Se moja con agua la zona que presenta manchas, en caso de ser ésta intensas se aplica una solución de ácido acético, agua oxigenada y agua y en el caso de manchas leves, se diluye 2-3 veces la anterior solución, se aplica y se lava de forma abundante con sosa cáustica.	se dan cuando el bióxido de manganeso que da el color a los ladrillos pardos reacciona con los sulfatos presentes en el mismo y forma sulfato de manganeso soluble que tras diversas reacciones forma óxido de manganeso



MECANISMO

- 1.- Formación de sales en el interior del poro
- 2.-Crecimiento de cristales en el interior
- 3.-Fracturación de cristales
- 4.-Continuación del crecimiento de las partículas
- 5.- Roturas del poro por las fuerzas de cristalización
- 6.- Arenización por disolución y erosión eoliana



A continuación se presentan ejemplos de eflorescencia y cripto eflorescencia. Estos ejemplos corresponden a la tabla anterior. Debe de considerarse que solamente se está observando el frente de una barda realizada en ladrillo rojo cocido; desconocemos lo que existe atrás de dicha barda, sin embargo por la evidencia fotográfica se puede inducir que en la parte posterior existe una mayor cantidad de agua en sus diferentes presentaciones y una menor posibilidad de evaporación, condiciones opuestas en lo que sucede en la cara anterior o frontal que es lo que estamos observando.



Figura 1 Se puede observar en la parte inferior izquierda una línea ondulada, que representa el avance de humedad capilar ascendente, ha sido variable su altura dependiendo de la variación del nivel freático. Se observa además una franja más o menos delimitada en donde la humedad capilar es de movimiento horizontal.



Figura 2 Aquí se puede observar que ha habido un desgaste mayor en el mortero cementante que en el tabique debido a su pobre calidad, véase las eflorescencias blancas sobre este mismo material.



Figura 3 Aquí se presenta la condición contraria a la Figura anterior, ladrillos están cerca de un castillo de concreto lo que ocasiona que la porosidad sea diferente y por lo tanto el fenómeno de transporte de agua sea diferente en ambos materiales.



Figura 4 Aquí el desgaste es similar prevaleciendo el proceso de arenización que es una disgregación de los materiales.



Figura 5 Aquí existe un efecto múltiple, se puede observar, desgaste arenización y eflorescencias blancas. Aquí la barda esta en un jardín y tiene humedad constante a ambos lados de la barda.



Figura 6 Esta es la parte más antigua de la barda. La calidad de los ladrillos es diferente, obsérvese la gran porosidad del ladrillo rojo que en cierta forma le sirvió para poder “transpirar” y no acumular agua que pudiese causar la arenización, sin embargo haber pintado el revoco propició el aceleramiento del desgaste.



Figura 7 Estos ladrillos están en una parte de la barda que esta sujeto a estrés hídrico, es decir, ciclos alternados de humedad a saturación y deshidratación, lo que ha causado las grietas intergranulares. Además se puede observar claramente la corrosión en materiales pétreos, obsérvese que el mortero cementante esta despegado del ladrillo.

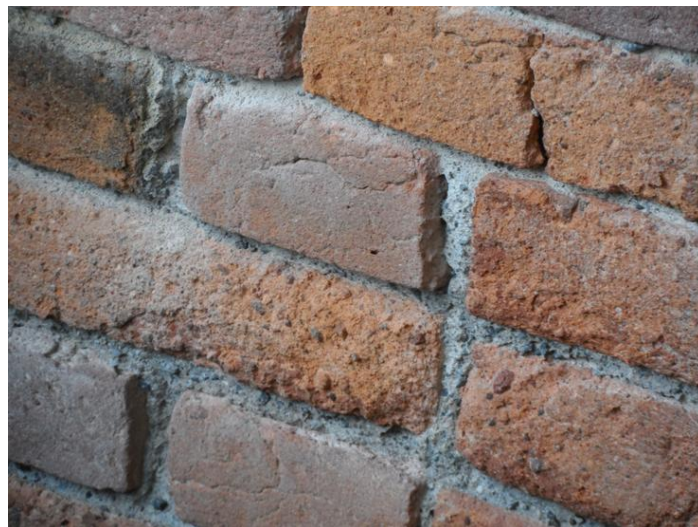


Figura 8 Aquí se puede observar la arenización, en la parte superior izquierda ya la presencia de líquenes negros, que aparecen donde hay suficientes nutrientes de tipo orgánico. La grieta que es claramente visible corresponde a un asentamiento, esto ya es una patología constructiva.



Figura 9 En esta Figura se observa la corrosión debida a la incompatibilidad de materiales, entre el ladrillo y el mortero cementante entre los ladrillos. Haber aplicado pintura vinílica solamente oculto temporalmente el proceso de disgregación.



Figura 10 Esta Figura muestra un castillo de concreto en donde se presentan las eflorescencias blancas, mismas que comenzaron a botar la pintura.

Comentarios Finales

Para la realización de este trabajo de tesis, se tuvo que caminar por el Centro Histórico en su área actual, sin embargo, caminar por las diferentes colonias aledañas nos permitió conocer a la Ciudad de Toluca e imaginar sus orígenes, su devenir histórico, conocer la vida cotidiana de sus habitantes, de imaginar como era la separación de las diferentes clases sociales existentes a partir de lo que los materiales de construcción nos iban indicando, de identificar las zonas donde la ciudad se inundaba, de ver la pompa y riqueza de una burguesía afrancesada con visos en ocasiones ingleses y en otros momentos prusiana.

Toluca La Bella, es solamente unas cuantas cuadras alrededor del Centro Histórico, su belleza radica en la riqueza de su arquitectura, en la creatividad de sus constructores, en la diversidad de sus balcones, y lo más interesante, Toluca es una Ciudad con muros de adobe, que en lugar de demeritar su calificativo, la dignifica porque en su sencillez, como material constructivo, nos recuerda que muchos seres humanos trabajaron haciendo adobes y cada tabique tiene un poco del alma de quienes aquí nos han precedido.

En Toluca La Bella todavía el tañir de las campanas de sus iglesias y catedral, nos hace evocar el pasado de la ciudad cuando había paz y sus calles eran transitadas de manera segura por sus habitantes; ver los pocos patios que quedan nos hace recordar las casas de nuestros antecesores que querían a su ciudad, que la respetaban y que pugnaban por darle ese calificativo de Toluca La Bella.

Toluca La Bella debe ser conocida y reconocida por propios y extraños, no merece el trato que los ciudadanos actuales, incluyendo a los gobernantes, le damos a la Ciudad. Realizar este trabajo de tesis me anima a levantar la voz y pedir a todos a quienes corresponda, que ya basta de destruir a la Ciudad y convertirla en un páramo poblado de estacionamientos y franquicias baratas.

Los líquenes y las piedras seguirán ahí, mas allá de la permanencia de los humanos en esta tierra, el Panteón General, es solo la puerta y hasta ese lugar irán a acompañarnos los líquenes quienes darán cuenta que tuvimos una ciudad hermosa y no la supimos apreciar.