

# Descripción de la formación de eflorescencias en materiales constructivos para zonas cálidas subhúmedas caso colima

Nayeli Maya Padilla, Santiago Arceo Díaz, Blanca Margarita Marín Gamundí, J. Jesús Solís Enríquez,  
José Ricardo Moreno

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Colima/Universidad Autónoma de Tamaulipas

## Resumen

En este artículo se habla de la investigación documental del problema de la salinidad en los materiales de construcción, que constituye una patología que disminuye la calidad de la obra. Iniciando con la definición y tipos de salitre, se discute el impacto que tienen el ambiente y la zona nitrato geográfica, el contenido de sal en las materias primas y las características físicas de distintos tipos de materiales constructivos (block, jalcreto y ladrillo rojo) en la formación y tipo de daño causado por el salitre.

## Abstract

This article discusses the documentary research on the problem of salinity in construction materials, which is a pathology that diminishes the quality of the work. Starting with the definition and types of saltpeter, the impact of the environment and the geographical nitrate zone, the salt content in raw materials and the physical characteristics of different types of construction materials (block, jalcreto and red brick) on the formation and type of damage caused by saltpeter are discussed.

**Palabras Clave:** Block, Patología, Eflorescencia, Porosidad, Humedad

**Keywords:** Block, Pathology, Efflorescence, Porosity, Moisture

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más frecuentes que se producen en los materiales son las eflorescencias (comúnmente denominadas como Salitre). Es un problema antiguo donde la afectación inmediata es la desfiguración del repellido o el estropeo de los materiales en los acabados. Adicionalmente el daño es ocasionado por el crecimiento de los cristales en la superficie de los muros.

En 1925, Jackson definió la eflorescencia como “la formación de un depósito de sales minerales solubles, sobre la superficie de una pieza cerámica terminada por la exposición agentes atmosféricos” [1]. Se trata de manchas blanquecinas de aspecto irregular, existentes en el mortero y que surge de las juntas entre espacios de cada pieza que han sufrido humedad, cabe recalcar que estas alteraciones surgen desde el inicio de su fabricación, debido a la reacción química que involucra un alto índice de humedad ambiental con el contenido de la sal que puede contener la estructura del muro dando como resultado la formación de cristales de sales solubles. Los principales causantes de este problema son la porosidad del material, las precipitaciones y la humedad.



Figura 1. Presencia de Salitre. Por: Maya P.N. (2022) Tecnológico Nacional de México Campus Colima

## 2. METODOLOGÍA

Esta investigación es de carácter documental, se toma de una serie de métodos y técnicas de búsqueda, procedimientos y almacenamiento de la información contenida en los distintos documentos. El objetivo de esta investigación es dar a conocer, cuáles son los factores principales, que pueden afectar la propagación de salitre y sus variantes, ya que se pueden presentar de distintas maneras en los materiales constructivos. De este modo, no debe entenderse ni agotarse la investigación documental en la búsqueda de documentos relativos a un solo tema.

Existen 3 tipos de procesos que influyen en la aparición del salitre – eflorescencia. Mejor conocidas como migración de sales de distintas procedencias (tierra, agua y aire), de acuerdo con el grado de penetración, responsables de la patología. Mostrándose de manera directa y con mayor frecuencia en los espacios húmedos [1].

La eflorescencia es un depósito cristalino que se muestra de manera superficial, semejantes a manchas blanquecinas, que aparecen en componentes constructivos de muros y paredes, ya sea de block o ladrillos. Las Sub - eflorescencias es cuando inician los problemas más internos, afectando de manera inmediata, esta variante puede ser causante de varios daños estéticos principalmente. Cuando la superficie se seca y el agua se evapora, se da la cristalización de algunas sales solubles que se encuentran en el agua o en el material, al no ser evaporada en su mayoría, la cristalización empieza a expandirse, de manera subsecuente, dando inicio a la siguiente variante.

En cuanto a las Criptoeflorescencias, son depósitos de sales interiores en los poros del material y son más peligrosas, pues puede aumentar el volumen en el interior del material, creando fuertes tensiones provocando que los poros se habrán y entre agua, hielo, etc., de forma lenta, hasta el punto de destruir el material [2].

## Tipos de Eflorescencias

Hay que destacar que el salitre se puede clasificar de acuerdo con su aparición en una edificación: [3]

- I. Eflorescencias Primaria: Son aquellas que se forman en las obras recién acabadas/terminadas, como consecuencia de la humedad almacenada. Aunque su aparición suele ser inevitable, desaparecen al poco tiempo sin dejar rastro.
- II. Eflorescencias Secundaria: Se trata de aquellas que aparecen en obras antiguas ya sea por una mala construcción o materiales inadecuados. También pueden surgir como por la porosidad o la humedad, ya antes mencionada



Figura 2. Presencia de salitre en Residencial construida hace 16 años. Por: Maya P.N. (2021) Real Vista Hermosa, Colima

En la imagen 2, se puede mostrar la aparición de eflorescencias superficiales, en un muro exterior de una residencia construida hace 18 años aproximadamente en el Estado de Colima, el cual fue tratado en tiempo y forma. Por consiguiente, desde el punto de vista del momento o el lugar y del contenido de sales en su aparición, se clasifica de la siguiente manera [2,4,16]:

- i. Del tipo I: Se refiere a los acumulamientos superficiales de sales blancas altamente solubles en agua, que aparecen en forma de velo. Estas eflorescencias suelen localizarse en el centro o en los bordos del ladrillo, e incluso pueden llegar a cubrir la junta del mortero.

La formación de estas eflorescencias se debe a las reacciones químicas tanto de sulfatos, cloruro de sodio y carbonato de calcio, que ocurren entre el ladrillo y el mortero. Durante el periodo húmedo del invierno, la humedad se absorbe en la mampostería. A medida que la humedad se evapora debido al sol y el viento, las sales solubles presentes en el ladrillo y el mortero se cristalizan y se depositan en la superficie formando eflorescencias. El tipo y la proporción de sales pueden variar según los materiales utilizados y las condiciones ambientales locales.

- ii. Del tipo II: Se produce debido a la circulación lenta del agua a través de la red capilar del material, mientras que la evaporación ocurre de manera brusca. Esto provoca que las sales presentes en el

ladrillo se cristalicen en el interior del mismo, generando un aumento de volumen al pasar de un estado anhidrido (sin agua) a un estado hidratado. Como resultado de esto, se desprende la parte exterior del ladrillo, donde se encuentran las sales cristalizadas.

Suelen darse con mayor frecuencia en zonas húmedas y marítimas, donde la presencia de agua es más abundante y la evaporación puede ser más rápida, debido a condiciones ambientales específicas. Algunos de los componentes que influyen en la formación de eflorescencias son los sulfatos de calcio (yeso) y el sulfato de sodio, estos pueden provenir de fuentes naturales presentes en el suelo o de los contaminantes del ambiente. La presencia de cloruros en el aire y en el agua puede ser significativa, al igual que los sulfato, nitratos y carbonatos que también pueden presentarse, contribuyendo en la formación de esta patología.

- iii. Del tipo III: Se caracteriza por ser acumulaciones blancas en forma de regueros en la superficie del ladrillo, son poco solubles en el agua y cuando son expuestas al ácido clorhídrico, generan efervescencia. Son difíciles de eliminar debido a su naturaleza poco soluble. Este está relacionado con el proceso de hidratación del cemento utilizado en la construcción. Durante este proceso libera cal, el cual es arrastrado por la lluvia y escurre por la fachada. Cuando el agua se evapora, la cual se transforma en carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), debido a la presencia de anhídrido carbónico en el aire.

El tiempo de formación podría variar dependiendo de varios factores, como la cantidad de agua de lluvia, la velocidad de la evaporación, la porosidad del ladrillo y las condiciones ambientales en las que se encuentra. Por lo cual se requiere de un periodo de tiempo prolongado de exposición al agua y posteriormente la evaporización, para que formen eflorescencias visibles en la superficie. [4,17]

- iv. Del tipo IV: Son regueros color pardo sobre los block o ladrillos y en las juntas del mortero. Son menos frecuentes y suelen aparecer principalmente cuando el ladrillo recién fabricado es expuesto a la lluvia. Estas eflorescencias se forman debido a la exudación de sulfatos de hierro ( $\text{FeSO}_4$ ).

Cuando los ladrillos exudan sulfato de hierro, estos a su vez reaccionan con el aire y los hidróxidos férricos ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ), presentes en el ladrillo, generando óxidos de color rojizo. Estos no son solubles en el agua, lo que hace que sean difíciles de eliminar. El tiempo de formación puede variar dependiendo de varios factores, como la composición del ladrillo, la cantidad de sulfatos que se encuentran presentes desde la materia prima y la exposición a la lluvia.

- v. Del tipo V: Se presentan como manchas de color amarillo verdoso, en la superficie del ladrillo. Estas se forman debido a la presencia de sales de vanadio que provienen de ciertas arcillas utilizadas en la fabricación. Sin embargo, es importante destacar que estas son muy poco frecuentes y se pueden eliminar aplicando una solución de sosa acústica con una concentración de 350 gramos por litro, aplicando directamente sobre la mancha dejando actuar por 2 o 3 días. Luego enjuagar con abundante agua eliminando los residuos.

El tiempo de formación en esta etapa puede variar, dependiendo de la cantidad de sales de vanadio presentes en el ladrillo, así como las condiciones ambientales y la humedad presente. No existe un tiempo específico que establezca su formación, ya que depende de diversos factores.

- vi. Del tipo VI: En este caso, su característica principal es porque las manchas suelen ser marrones oscuras o negras, aparecen sobre los ladrillos, normalmente los pigmentados y en las juntas del mortero. Se distinguen de las del tipo IV por el color del ladrillo, al estar pigmentados por bióxido de manganeso ( $MnO_2$ ).

La formación de eflorescencia ocurre cuando el bióxido de manganeso presentes en los ladrillos pigmentados, reacciona con los sulfatos presentes en el mismo. Esta reacción produce sulfato de manganeso ( $MnO$ ), por lo cual es este el óxido el responsable de las manchas visuales. El tiempo de formación puede varias de dependiendo de la cantidad de sulfatos, la humedad, así como las condiciones ambientales [4].

### Factores de la formación del salitre

Principalmente el salitre se asocia con la salinidad, como bien sabemos la salinidad es una medida de la cantidad de sales disueltas en agua. Es decir, la salinidad y la conductividad están relacionadas por que la cantidad de iones disueltos aumentan los valores de ambas. Cuando la temperatura aumenta, la conductividad también aumenta [5,6,7,18].

Algunos factores más exactos que intervienen en la aparición del salitre en los muros son:

#### A. Las condiciones ambientales:

- **Temperatura:** Cuando existe una temperatura relativamente baja por debajo de los  $10^\circ$ , existe mayor presencia de humedad y las sales se encuentran en suspenso debido a la dificultad que se tiene para poder evaporarse, favoreciendo la formación de eflorescencias.
- **Viento y radiación solar:** La exposición continua a condiciones ventosas y a una radiación solar intensa puede acelerar el proceso de evaporación de la humedad, lo que puede aumentar la formación de eflorescencias en un corto periodo de tiempo.
- **Contaminación:** La contaminación industrial y la presencia de anhídrido sulfuroso en el ambiente pueden contribuir a la formación de ácido sulfúrico cuando interactúan con el agua de lluvia. No hay valores específicos para la concentración de contaminantes, ya que puede variar según la ubicación y la fuente de contaminación.

#### B. La geometría de los poros en los materiales:

- **Forma:** Dependiendo la forma de estos se formarán los depósitos de sales bien en el interior o en la superficie del material.
- **Porosidad:** A mayor porosidad mayor succión capilar. Este es un caso especial de transporte, cuya fuerza se constituye de la tensión superficial del agua, actuando sobre la red de capilares del mismo hormigón.

- Cantidad: El contenido de las sales solubles en los materiales envolventes, morteros o en la misma superficie. A mayor contenido de sales mayor migración o el transporte de las mismas.
- Fábricas y contaminación: Las mismas fabricantes pueden estar en contacto con las sales solubles procedentes de los suelos salinos, por medio de productos industriales, superficies con escombros, entre otros residuos. Las sub eflorescencias y eflorescencias provocadas por contaminación exterior pueden y suelen ser de las más graves y persistentes.

### C. Presencia de agua [8,16]:

El agua juega un papel importante en la industria de la construcción como materia prima, como medio de transporte y esta se puede hacer presente en forma de lluvia, capilar o de la misma obra, ya que es el medio en el que se van a transportar todas las sales, haciendo un concentrado de todas estas y lograr una saturación de las mismas. Se encuentran diversos tipos de agua, los cuales, dependiendo de sus características, se puede determinar si son aptas o no para usarse en la preparación de mezclas tanto para obra, como para la fabricación de algún material.

En obra debemos diferenciar el salitre de eflorescencias, el salitre es la sal anhidra del nitrato de potasio ( $KNO_3$ ) compuesta de molécula de nitrato de sodio ( $NaNO_3$ ). En la mayoría de los casos, los análisis muestran que la composición principal de la eflorescencia es el sulfato de sodio y el sulfato de potasio.

Por lo cual el agua que usamos para la fabricación de block y ladrillos, así como para todos los procesos a realizar, debe ser potable. El agua empleada para amasar y curar será de propiedades colorantes nulas, claras, libre de glúcidos (azúcares), ácidos, álcalis, materias orgánicas y de aceites, de preferencia debe ser agua potable. Además, no deberá contener sustancias que puedan producir efectos desfavorables sobre el fraguado, la resistencia, la durabilidad, apariencia del concreto o sobre los elementos embebidos en este.

Las aguas no recomendables para emplear en la preparación de masas arcillosas, concreto y mortero son aquellas que cuentan con los siguientes parámetros [8]:

- Aguas ácidas.
- Aguas calcáreas, minerales; carbonatadas, o naturales.
- Aguas provenientes de minas o relaves
- Aguas que contengan residuos industriales.
- Aguas con un contenido de cloruro de sodio mayor del 3%; o un contenido de sulfato mayor de 1%.
- Aguas que contengan algas, materias orgánicas, humus, partículas de carbón, turba, azufre, o descargas de desagües.
- Aguas que contengan ácido húmico y otros ácidos orgánicos.
- Aguas que contengan azúcares o sus derivados.
- Aguas con porcentajes significativos de sales de sodio o potasio disueltos en especial en todos aquellos casos en que es posible la reacción álcali-agregado.

El agua del mar tiene aproximadamente un total de 3.5% de sal. Esto significa que, si los océanos se secan completamente, quedarían suficientes restos de sal como para construir una muralla de 180 millas de altura, una milla de grosor alrededor del ecuador. Aproximadamente un 90% de esa sal es cloruro de sodio, o sal de mesa común y corriente.

En la Imagen 3, podemos apreciar el porcentaje de sales disueltas en las aguas de los océanos tales como: cloro, sodio entre otras, por lo cual estas no pueden y no son aptas para su utilización en la construcción. Anteriormente los ladrillos fabricados artesanalmente podían contener una mayor cantidad de sales solubles, debido a la variabilidad en la composición de las materias primas utilizadas y los métodos de fabricación que no estaban controlados. Esto aumentaba el riesgo de Criptoeflorescencias.

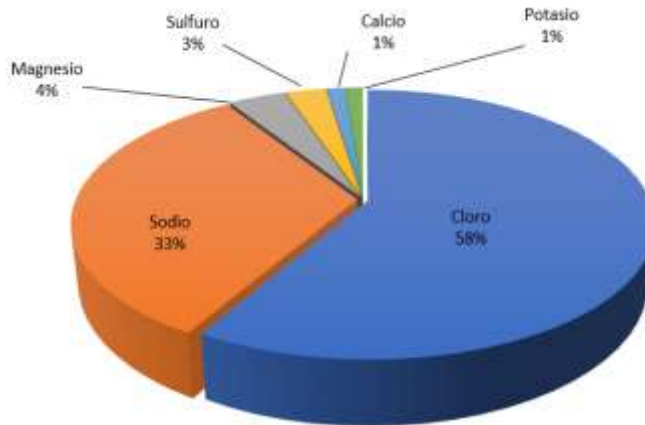


Figura 3. Grafico de sales disueltas en el mar [8] Elaboro: Maya P.N. 2022

Sin embargo, los avances en la elaboración y fabricación de ladrillos, ha ido cambiando, y el uso de métodos industriales es más controlado, logrando reducir significativamente la presencia de sales solubles en los ladrillos, teniendo un mayor control sobre la composición de materias primas, así como el proceso del mezclado, modelado y cocción, permitiendo minimizar grandes cantidades de sales solubles que se presentan en los productos finales. Esto ha contribuido a la reducción de problemas relacionados con las eflorescencias y las Criptoeflorescencias [4,5].

Un factor importante a tomar son las materias primas con los que se elabora cada pieza, juegan un papel crucial en su calidad y desempeño, ya que las sustancias pueden tener efectos significativos en las propiedades y durabilidad del material. En la imagen 4 se muestra un esquema de componentes dañinos como las sales más presentes en las materias primas, los efectos que se tiene sobre su composición y los daños que pueden provocar a las propiedades del material.

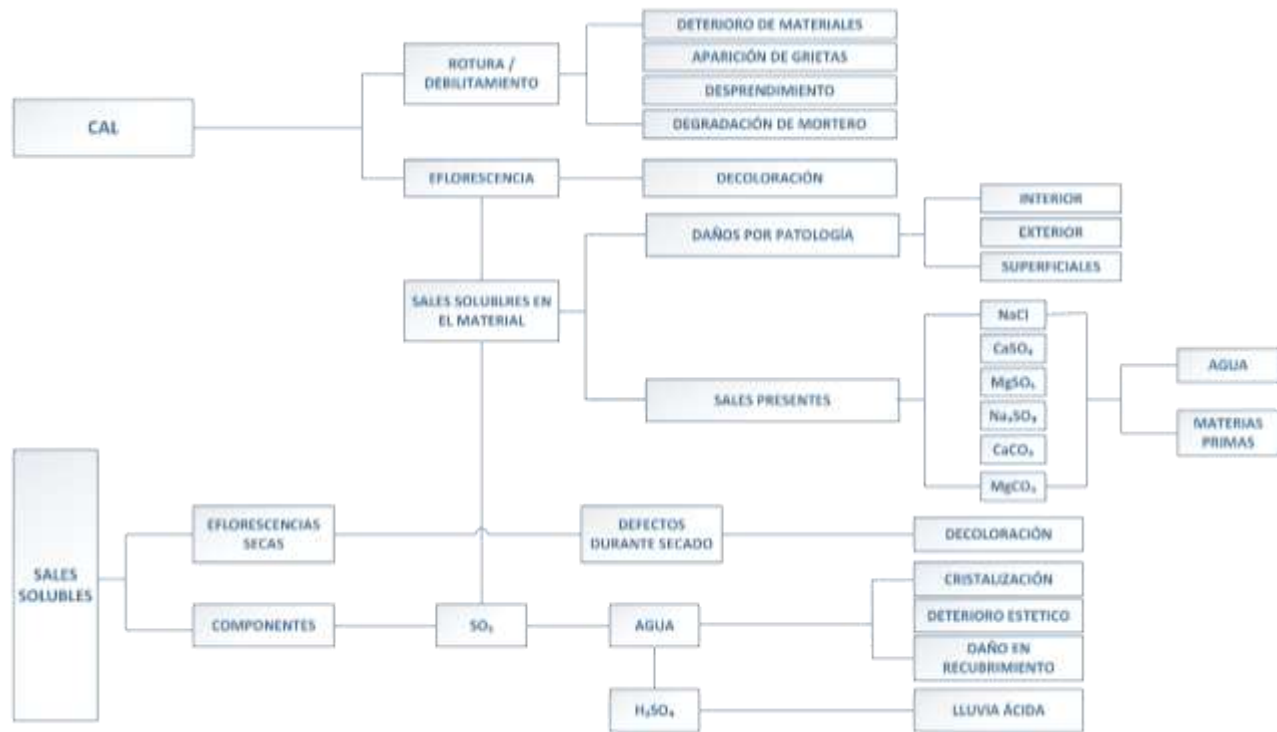


Figura 4. Componentes de Materia Prima (modificado) [9]

### Composición de las sales solubles y medición de la salinidad

La composición de las sales da lugar a la eflorescencia, mejor conocido en otros lados como salitre. Se debe destacar que las sales que aparecen en la superficie del ladrillo tienen una composición diferente a las que se tienen concentradas al interior. Concentración es la cantidad (por peso) de sal que hay en el agua, y puede ser expresada en partes por millón (ppm). Cuando medimos la cantidad de sal en el agua para su uso, observamos cuánta concentración de sal hay en el agua. He aquí los diferentes tipos de agua [8]:

- Agua Dulce - menos de 1 000 ppm
- Agua levemente salada - Desde 1 000 ppm hasta 3 000 ppm
- Agua moderadamente salada - Desde 3 000 ppm a 10 000 ppm
- Agua altamente salada - Desde 10 000 ppm a 35 000 ppm

Estas clasificaciones se pueden dar de acuerdo al grado de sales que se contenga en los materiales desde su elección para iniciar su proceso hasta el punto de colocación en obra de estos mismos:



Tabla 1. Sales más frecuentes que inducen las eflorescencias [9]

No.	TIPO DE SAL	PROPIEDADES	SOLUBILIDAD (g/100ml)
1	CaSO <sub>4</sub>	▶ Poco soluble, pero susceptible de expansionar por formación de ettringita (Sulfoaluminado de calcio y aluminio hidratado) con los aluminatos de cemento.	0.21
2	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	▶ Soluble, fácilmente cristalizabile con expansión.	19.50
3	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	▶ Soluble, fácilmente cristalizabile.	12.00
4	MgSO <sub>4</sub>	▶ Soluble, fácilmente cristalizabile. ▶ Se presenta con escasa frecuencia. ▶ Todos los sulfatos solubles pueden dar lugar a la formación de ettringita.	26.00
5	NaNO <sub>3</sub> KNO <sub>3</sub>	▶ Constituyen el salitre ▶ Soluble, fácilmente cristalizabile. ▶ Proviene de materia orgánica en descomposición ▶ Son muy poco frecuentes	17.50
6	NaCl	▶ Soluble, fácilmente cristalizabile. ▶ Proviene de los suelos marinos. ▶ No peligrosa.	35.70
7	CaCl <sub>2</sub>	▶ Soluble. ▶ Proviene de aditivos o de reacciones del NaCl con la Cal del mortero. ▶ Ataca a los pigmentos y favorece la formación de moho.	59.50
8	BaCO <sub>3</sub> BaCO <sub>4</sub>	▶ Son poco solubles, por lo cual se utilizara en la fabricación de ladrillos con el fin de desplazar la formación de aquellas sales más solubles.	2.2x10 <sup>-3</sup> 2.2x10 <sup>-5</sup>

Todos los materiales al entrar en contacto con el agua producen hidróxido de calcio (Ca (OH)<sub>2</sub>), bajo ciertas condiciones de humedad, temperatura y viento, migrando por los poros desde el centro a la superficie. Una vez en la superficie el hidróxido de calcio reacciona con dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) del medio ambiente, produciendo una delgada capa de carbonato del calcio (CaCO<sub>3</sub>) [10].

Es frecuente encontrar suelos con altos contenidos en sulfatos de Ca, Na y Mg. En general, los terrenos esquistosos arcillosos suelen estar muy contaminados por sales. Esta contaminación también puede ocurrir en terrenos urbanos que contienen escorias, escombros o desechos industriales. Cuando se produce una eflorescencia en el exterior de las paredes, por lo general tiene consecuencias estéticas mínimas. Sin embargo, cuando se producen las Criptoeflorescencias, las sales se acumulan en su interior, lo que puede acarrear consecuencias desastrosas en forma de hinchamientos, abultamientos, resquebrajamiento, entre otros.

Las sales solubles en los ladrillos pueden provenir de las materias primas utilizadas en la fabricación o de reacciones con los gases del horno durante las etapas de secado y cocción. También es posible que se formen como resultado de la interacción de diferentes componentes de la materia prima. Estas sales son causadas por el contenido de azufre de materias primas como sulfatos y sulfuros. Suelen causar eflorescencia, sin embargo, la composición de la eflorescencia que se produce sobre los ladrillos no corresponde necesariamente a la composición de las sales presentes en la materia prima.

Por ejemplo, puede darse el caso de una roca metamórfica que no presente eflorescencias y sólo contenga  $\text{CaCO}_3$ , cuando se le añada en crudo  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  y de lugar a eflorescencias de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y  $\text{CaSO}_4$  en los ladrillos. Si se añadiera yeso se producirían, en cambio, eflorescencias de  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y algo de  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . De igual forma, si se añadiera pirita (sulfuro de hierro) se producirían abundantes eflorescencias de  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y  $\text{CaSO}_4$ . Por lo tanto, a partir de este ejemplo, se puede entender lo difícil que puede ser determinar el origen del fenómeno de la eflorescencia [10,17].

### Zonas con condiciones más adecuadas para la formación del salitre

La salinización se presenta principalmente en las regiones áridas (Imagen 5), en las cuencas cerradas y en las zonas costeras que tienen suelos naturalmente salinos se encuentran principalmente en Tamaulipas, San Luis Potosí, Colima, Chiapas, Nuevo León, Guanajuato, Sonora, Sinaloa y Zacatecas [11,12].

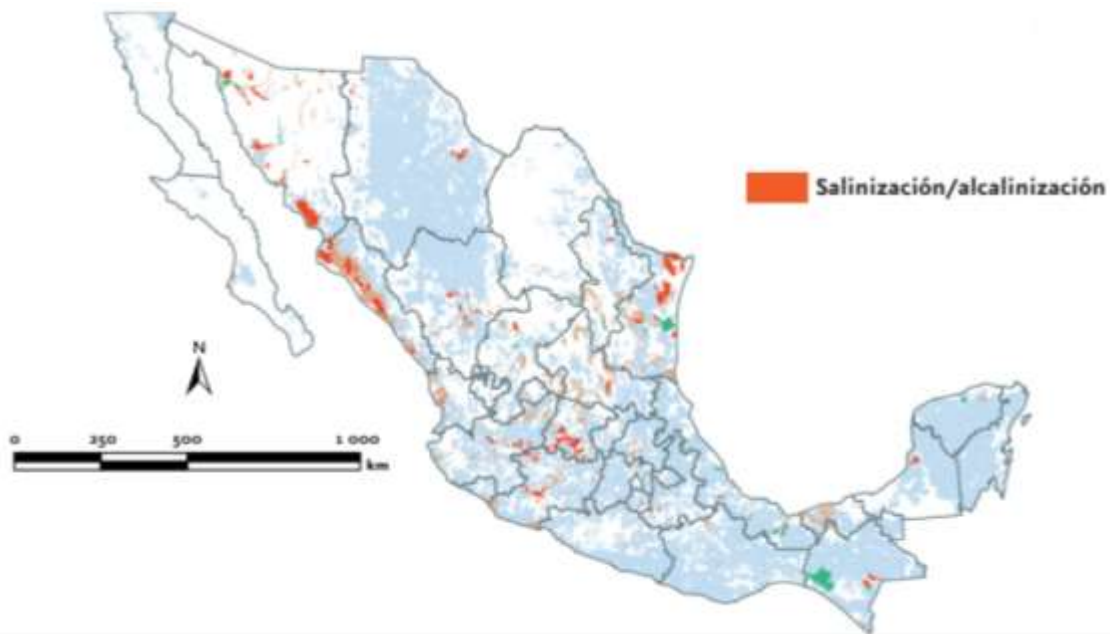


Figura 5. Representación de salinidad en México (INEGI, 2022)

El Estado de Colima es una de las 32 entidades federativas de la República Mexicana. Se ubica sobre la costa del Océano Pacífico en la parte media de la nación, con una superficie de 5.627 km<sup>2</sup>, ocupando el 0.3% del territorio nacional. Con las coordenadas al Norte 19°31', al Sur 18°41' de latitud Norte y al Este 103°29' y al Oeste 104°41' de longitud Oeste. De acuerdo a las estadísticas del INEGI, es una zona con clima donde principalmente predomina el clima cálido subhúmedo en el 86% de su territorio, el clima cálido semiseco en un 12.5% y el clima templado subhúmedo en el restante 1.5% (Imagen 6 Estado de Colima - INEGI).

En Colima la temporada de lluvias dura entre 8 a 9 meses aproximadamente, de mayo a febrero, con intervalos de 31 días de lluvia. Los meses más nublados del año comienzan entre el 12 de junio y 27 de octubre, teniendo una duración aproximada de 4.5 meses, y existe un incremento en la nubosidad diaria de entre el 63% y en el mes de agosto siendo el mes más nublado del año teniendo una nubosidad hasta del 92% del tiempo, esto implica la demora de la evaporización y la formación del salitre [11,12,16].

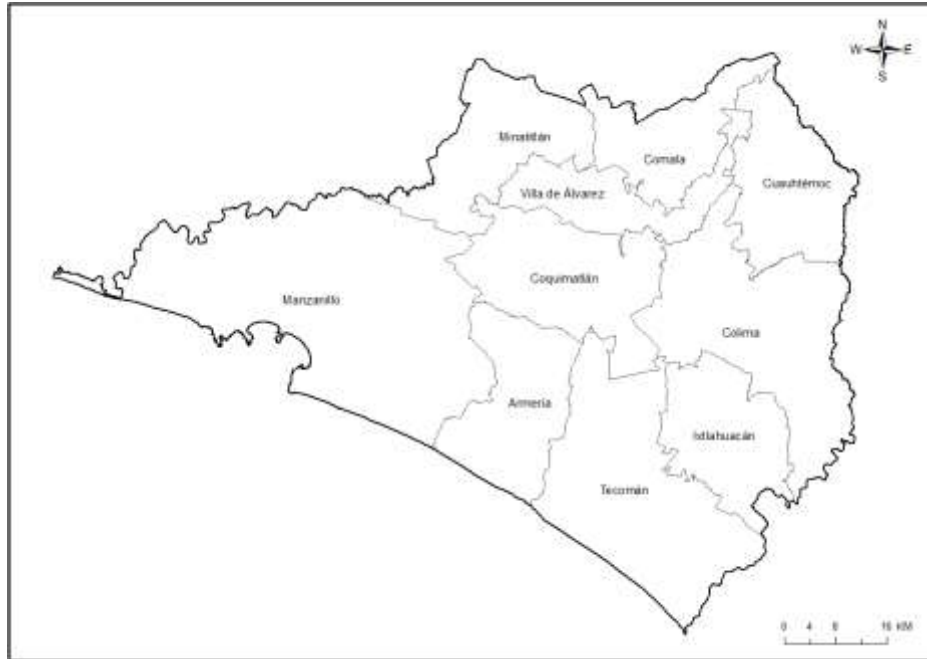


Figura 6. Estado de Colima – INEGI

El relieve influye en gran manera en los distintos tipos de climas que se presentan en la entidad, clima templado subhúmedo se encuentra en la Sierra de Manantlán y en las faldas del volcán de Fuego, al norte de la entidad. El clima cálido semiseco se presenta en el valle de Tecoman, al sur de la entidad, donde se presentan las temperaturas más altas y las precipitaciones son menores. El clima cálido subhúmedo en el resto del territorio, especialmente en la región costera.

La temperatura media anual es 25,3°C. La temperatura más alta es mayor a 30°C y la mínima de 18°C. En la zona costera la temperatura oscila entre los 24°C y 26°C y en la zona norte se presentan temperaturas que oscilan entre los 20°C y 22°C. Las lluvias se presentan durante el verano, la precipitación total anual es de aproximadamente 900 mm [13].

En Colima contamos con una gran cantidad de sales tanto en los suelos, como en las aguas del mar. Aproximadamente un 70% de la Tierra está cubierta de agua. Más del 97% de esa agua se encuentra en el mar y océanos. Toda persona que alguna vez nadando en el mar haya tragado agua, sabrá que el agua de mar es ;realmente salada!

En muchas ocasiones, el salitre es un problema estacional. Los días y las noches hacen florecer las sales, las cuales no se observan en otras estaciones, como verano la intensidad de la eflorescencia se agudiza en la época de lluvias.

La razón de esto es que en un día cálido la velocidad de aparición del salitre en las superficies es menor que en frío porque la humedad es evaporada más rápidamente a través de los tabiques y las sales son depositadas en todo el cuerpo del block y el ladrillo, aunque algo se deposita también en la superficie. En clima más frío la velocidad de evaporación de la humedad es menor, y ello permite a la humedad al transportar las sales hasta la superficie, dejando los depósitos de sal en la superficie expuesta.

### **Materiales más frecuentes**

En Colima contamos con una gran variedad de fabricadoras, destacando Armería, Tecomán, Colima, Ixtlahuacán y Villa de Álvarez. Estos pueden ser de manera artesanal o industrial, donde podemos destacar los materiales más utilizados para edificar los muros, tanto en el ámbito urbano como rural. Los muros son estructuras continuas que sirven como contención de un terreno y como envolvente de la obra. En este trabajo especificaremos 3 tipos de materiales: Block, jalcreto y ladrillo rojo, junto con el proceso de salitre en los materiales [14,18].

El ladrillo rojo recocido, es uno de los materiales de construcción más antiguos, populares y líderes en la industria, sólido, sin huecos, con una forma geométrica con mayor capacidad de soporte para una carga; pese a que el tabique rojo recocido es un material sólido, es muy ligero, por lo que el peso de la construcción es menor en un segundo o tercer nivel.

Además, el tabique rojo recocido es un material térmico, lo que se traduce en que en temporada calurosa el interior de la construcción es fresca y en temporadas frías el interior es cálido. Una de sus propiedades es que funciona como aislante acústico; absorben los movimientos telúricos.

El block de concreto, este tipo de material es de superficie lisa y su nombre se debe a que está conformado a base de cemento, arena y sello. Lo que le proporciona una resistencia excepcional a las estructuras de las que forma parte. Por lo regular, se utiliza para la edificación de muros de carga. Es un material con muchas aplicaciones y que puede utilizarse sin problemas tanto en climas fríos como en cálidos.

En cuanto al block de jalcreto, se trata de un material prefabricado con aglomerados, principalmente cemento y una proporción de cal, áridos finos, agua y un agente espumante que puede utilizarse para construir tanto muros de carga como divisorios. Al igual que los blocks de concreto o los ladrillos ordinarios, funcionan juntos, cuando se apilan y se unen con mortero.

Unos de los requisitos esenciales para la construcción de ladrillos, son la resistencia suficiente en el aplastamiento, la regularidad en el tamaño, una velocidad de succión adecuada y una apariencia agradable cuando se exponen a la vista.

Los parámetros del elemento constructivo, específicamente el block y el ladrillo presentan este fenómeno de una forma clara, debido al contraste del color blanco de las sales. Estas durante el proceso de cristalización, originan acciones expansivas, debido a las presiones de formación y crecimiento, así como de hidratación y dilatación térmica, creando tensiones en los materiales de construcción.

Dentro de las características principales de block y ladrillo, podemos destacar 3 puntos sobresalientes que son:

- **Absorción del agua:** La absorción de agua es una medida de la cantidad de agua que un bloque o ladrillo puede absorber. Después de sumergirlos en agua durante 24 horas, se establece un límite máximo de absorción de agua. Para los trabajos de clase I, este límite es del 15%, mientras que para otros trabajos se permite un máximo del 20% en peso. Esto significa que el bloque o ladrillo no debe absorber más del porcentaje establecido de su peso en agua. Una baja absorción de agua es deseable para evitar problemas como la humedad y el deterioro del material.
- **Eflorescencias:** Las eflorescencias son manchas blancas o decoloraciones que pueden aparecer en la superficie de los bloques y ladrillos cuando se exponen a la humedad. Estas manchas son causadas por la presencia de sales solubles, como sulfato de calcio, magnesio y potasio, que se disuelven en el agua y luego cristalizan en la superficie a medida que se evapora. Las eflorescencias pueden ser estéticamente desagradables y pueden indicar problemas de humedad en la estructura. Es deseable que los bloques y ladrillos no muestren manchas blancas después de sumergirlos en agua durante 24 horas y dejarlos secar a la sombra.
- **Conductividad Térmica:** La conductividad térmica se refiere a la capacidad de un material para conducir el calor. En el caso de los bloques y ladrillos, es deseable que tengan una baja conductividad térmica. Esto significa que son capaces de proporcionar aislamiento térmico, lo que contribuye a mantener los edificios frescos en verano y cálidos en invierno. Una baja conductividad térmica ayuda a reducir la transferencia de calor a través de las paredes, lo que puede mejorar la eficiencia energética de la construcción.

### Procesos que afectan a la aparición del salitre en block de concreto, jalcreto y ladrillo rojo.

Dentro del proceso que afectan en la aparición del salitre influyen distintos fenómenos tanto físicos y químicos, como:

1. Equilibrio de solubilidad
2. Distribución de las sales solubles en el interior del material
3. La porosidad del material
4. Condiciones ambientales de humedad, temperatura, velocidad del aire, etc.

Cuando el fenómeno de eflorescencia se hace presente en los materiales, este representa solo una pequeña cantidad, de todo lo que podría considerarse en la pared de un edificio.

Si analizamos más a fondo cada uno de los procesos físicos que pueden influir en la formación de las eflorescencias, podríamos saber que [6,13]:

- 1) La capacidad de absorción de agua de estos materiales; Es uno de los factores más importantes a la hora de la formación del fenómeno, ya que esto condiciona la cantidad de sales solubles que pueden alcanzarse dentro de la capilaridad del block y el ladrillo. Al igual la capacidad de absorción del agua también influye sobre el tiempo que tarda en aparecer el salitre, las bajas temperaturas, el sol y el viento, pueden ayudar a propagar este defecto en los muros o paredes, dando aparición principalmente en las temporadas de primavera.
- 2) La distribución de las sales solubles en el block y en el ladrillo recién elaborado; también está condicionado a la formación de eflorescencias. Generalmente antes de iniciar con la elaboración de

estos, se realiza un análisis de las sales que se puedan tener desde su inicio en la arcilla, sin embargo, durante el proceso puede existir una reacción, entre fabricación y las arcillas con las que se moldea [15].

- 3) La porosidad; así como la textura de las fases cristalinas que se precipitan en los capilares también tiene gran importancia. Un ejemplo sería el sulfato sódico ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) efloresce más rápido que el sulfato potásico y el sulfato magnésico precipita con mucha facilidad.

Otras causas, que pueden intensificar su aparición, son las precipitaciones pueden ser una de ellas, al quedarse o permanecer en las paredes las propiedades salinas del agua, pero también pueden originarse por:

- Los instrumentos de riego (aspersores, bombas, goteos, etc.)
- El rocío de las mañanas
- La condensación natural propia de zonas húmedas
- Las aguas estancadas en depósitos
- La calidad de los materiales

Si el material es de escasa calidad también es propenso a sufrir eflorescencias. Por eso es importante pensar que “Lo barato sale caro”, ya que un buen material en la construcción, puede prevenir muchos problemas a futuro.

Al igual se debe de tomar en cuenta, que las eflorescencias, pueden producirse tanto en block, como en los ladrillos, ya que como se mencionó con anterioridad, todo depende de las sales disueltas que estos tengan. Los procesos de elaboración y la humedad, son factores importantes para su propagación y que podemos verlo representado en la siguiente imagen, la cual nos muestra de manera gráfica, como es el proceso de la formación del salitre en los muros, partiendo de la exposición que se tiene al exterior y su comportamiento al interior (Imagen 7).

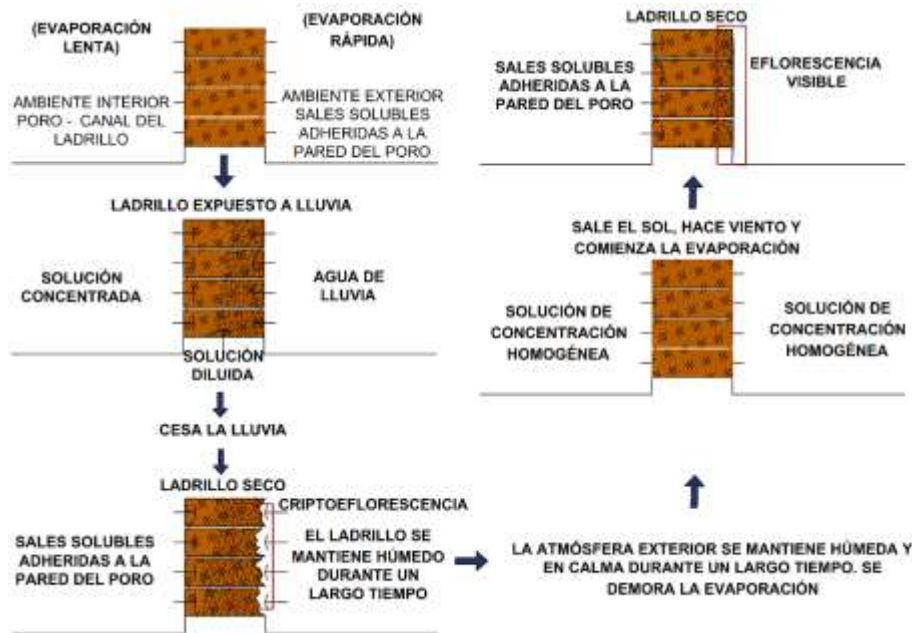


Figura 7. Representación del Proceso de Eflorescencias en muros en muros Elaboro: Maya P.N. 2022

### 3. DISCUSIÓN

Las eflorescencias o mejor conocido como salitre, es un problema patológico, suscitándose en cualquier momento y con bastante facilidad, siendo inevitable, que pueden aparecer tanto en muros como en pavimentos de hormigón. Las reacciones químicas hacen efecto al contacto de un material con otro, por lo cual, dependerá de la complejidad del contenido de sales de las materias primas de cada uno de los materiales y de la absorción de humedad que se haya tenido habitualmente. Un factor importante a tomar en cuenta es la cantidad de sales solubles que contiene el agua, por lo cual esta debe ser tratada, y no ser tomada directamente de mares o ríos.

Afectando la porosidad y capilaridad, debilitando con el paso del tiempo los materiales, dando un aspecto de imperfección, dejando de lado lo estético. Este no afecta las resistencias, ni la durabilidad de los morteros, siempre y cuando se detecten a tiempo y se combata la humedad, primeramente, de manera adecuada, de lo contrario se pueden propagar las sales hasta irse formando Criptoeflorescencias, siendo la variante más relevante. Cabe destacar que en la actualidad se tiene un mayor control sobre su composición y, por ende, menores porcentajes de sales desde su fabricación.

Uno de los problemas principales que se debe de atender, es el seguimiento periódico de los materiales, mediante verificaciones a las fabricadoras y así continuar con el control desde un inicio. Evitando de igual forma un sobrecosto mayor, ya que, al usar distintos productos, puede ser contraproducente tanto en costos, como en las zonas afectadas.

En cuanto a las regiones húmedas y subhúmedas, como es el caso del Estado de Colima, se recomienda buscar la mejor solución a estos problemas, usar sistemas de aislamiento térmico, que puedan ayudar a combatir de raíz el problema, evitando que éstas vuelvan a progresar en un determinado tiempo, estabilizando la temperatura y reduciendo la evaporización del agua. Otorgando una protección adicional a los materiales, frente al cambio climático.

### REFERENCIAS

- [1] Pancorbo Floristán, F. J. (2011). Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación. (Primera Edición ed.). (A. Grupo, Ed.) Barcelona, España: Marcombo.
- [2] R.M., E., F.J., A., & J., O. (2008). La petrofísica en la interpretación del deterioro y la conservación de la piedra de edificación. Facultad de Geología, 9.
- [3] Río, C. d. (2010). Manual de Fachadas de Ladrillo. Madrid, España: La sombra creativa. doi:978-84-613-7196-9
- [4] Barcelona (Ed.). (s.f.). Enciclopedia Broto de Patologías de la construcción. (C. Broto Comerma, Trad.) doi:978-84-89861-95-4
- [5] (s.f.). Folleto Informativo Conductividad Eléctrica/Salinidad.
- [6] Rincón, J. M., & Romero, M. ((2000) España). Fundamentos y clasificación de las eflorescencias en ladrillos de construcción. Materiales de construcción, 7.
- [7] Grimán, S., Lascano, L., Rosas, N., & Uribe, R. (2015). Influencia de las Variables de Procesamiento Tecnológico Industrial en la Aparición del Defecto de Eflorescencia en Piezas de Arcilla Cocida. Revista Politécnica, 36(3).
- [8] Católica, U. U. (2014). Aplicación del agua en Ingeniería Civil. Santo Toribio de Mogrovejo.
- [9] Osuna, J. (1998). "Estudio General sobre las eflorescencias en obra". Madrid: FRUPESA.
- [10] Manual Técnico de Mapeo de suelos afectados por salinidad. (2021). Organizaciones de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura. doi:10.4060/ca9215es
- [11] Pusaclla Bernal, L. B. (2017). Tesis "Los suelos con alto contenido de sales influyen los suelos en viviendas autoconstruidas en la zona II de Tahuantinsuyo-Independencia 2017". Lima, Perú: Universidad César Vallejo.
- [12] INEGI. (2022). Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=06#collapse-Resumen>

- [13] León Cruz, J., Díaz Peón, A., & Rodríguez García, H. (2022). Eventos extremos de precipitación en Colima, México (1981 - 2018). (I. G. UNAM, Ed.) Investigaciones Geográficas • Instituto de Geografía • UNAM, 17. doi:dx.doi.org/10.14350/rig.60516
- [14] Fernández, M. (2010). Manual sobre fabricación de baldosas, tejas y ladrillos. (Vol. Capítulo I "La Arcilla"). Barcelona, España.
- [15] Barranzuela Lescano, J. (2014). Tesis Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura. Piura: Repositorio Institucional PIRHUA - Universidad de Piura.
- [16] Kreh, R. (1998). Building with Masonry (ilustrada, reimpressa ed.). (T. Press, Ed.) doi:1561583367, 9781561583362
- [17] Collinson, J. (2012). Brickwork and Bricklaying: A DIY Guide. (Crowood, Ed.) ilustrada. doi:1847973752, 9781847973757
- [18] Jones, J. C. (2015). Efflorescence of Brick (Creative Media Partners, LLC ed.). doi:134163437X, 9781341634376

Correo de autor de correspondencia: [maya\\_arq@hotmail.com](mailto:maya_arq@hotmail.com)