

## **CONSIDERACIONES ÉTICAS Y TÉCNICAS SOBRE LA LIMPIEZA DE MINERALES**

### **PREÁMBULO, CONTENIDO Y OBJETIVOS**

La limpieza de los minerales es un asunto que tiene miga. Por una parte, hay opiniones encontradas sobre el grado de limpieza a que debe someterse un mineral; desde el simple cepillado y aclarado con agua corriente, hasta los más sofisticados procesos químicos o físicos. Por otra parte, hay cierto desconocimiento sobre la utilización, riesgos y propiedades de los distintos productos químicos utilizados como agentes de limpieza.

En la primera parte, hacemos una reflexión sobre la ética de la limpieza, primero en general y después centrada en los minerales, llegando a la conclusión de que es perfectamente ético limpiar, preservar, e incluso restaurar, nuestros minerales. Igual de ético que limpiar o restaurar un mueble antiguo, una moneda celtibérica o un fósil del terciario. Esta conclusión es perfectamente lógica porque si no, no tendría sentido escribir el librito que tienes delante.

Como consecuencia de la conclusión anterior, la segunda parte trata de la limpieza genérica (o exógena) de los minerales, en la que se incluyen una serie de fichas de cada uno de los limpiadores más frecuentes; sus propiedades y su uso en el arte. Todo ello aderezado con una introducción de química básica, como no podía ser de otra manera. En el apéndice se describen brevemente las técnicas más usuales de restauración y conservación

Uno de los objetivos de estos apuntes no es otro que complementar el librito que no hace mucho escribió Pedro Prado (publicado por el Grupo Mineralogista de Madrid -GMM-), el cual ha venido a llenar una gran laguna en el campo de las publicaciones mineralógicas en España. A pesar de que la frase sea retórica, es una verdad como un templo; antes no teníamos una publicación donde acudir.

Con estos nuevos apuntes pretendemos dar nociones generales sobre la limpieza y los limpiadores de minerales (desgraciadamente, con mucha más teoría que práctica) para que el lector realice sus propias pruebas con conocimiento de causa. No obstante, en este arte es fundamental el dicho que reza "*La experiencia es la madre de la ciencia*". Por este motivo la publicación de Pedro, que contiene numerosas "recetas" utilizadas por los más variados y expertos aficionados es, hoy por hoy, insustituible.

Por último, no quisiéramos terminar esta introducción si revelar el otro objetivo, que no es otro que dedicar estas líneas a la que sufre mis ausencias, se desvela durante mis incursiones al fondo de la tierra y contempla pacientemente como nuestro hogar se va llenando de piedras y cajas, de cajas y más piedras.

## PARTE I CONSIDERACIONES SOBRE LA LIMPIEZA.

### LA LIMPIEZA EN GENERAL

#### Qué es y como debe ser una buena limpieza

La buena limpieza *debe cumplir los dos siguientes requisitos*; eficacia y selectividad: debe ser eficaz para eliminar totalmente la suciedad; debe ser selectiva para no dañar al objeto que se pretende limpiar.

#### ¿Basta con la limpieza?

En ocasiones, una vez limpia la cosa, salta a la vista cualquier pequeño defecto. Lo que antes apenas se veía, ahora resalta como una mancha en la nieve. Los museos de arte y de ciencias naturales son expertos en este tipo de operaciones; repintan cuadros, realzan colores, enfrasan insectos y montan rompecabezas con trozos de fósiles.

La pregunta que surge entonces es: ¿hasta que grado es lícito restaurar o reconstruir un objeto dañado? Pregunta compleja por cuanto no es sólo cuestión de porcentajes. Podría pensarse que por el mero hecho de tratarse de manipulaciones más allá de la simple limpieza, la restauración puede inferir en el terreno de la *falsificación*. Pero este acto delictivo, entendemos que lo es en cuanto la intencionalidad con la que se hace.

### CONCLUSIÓN

1º.- A nuestro modo de ver el asunto, cualquier método de limpieza de minerales es perfectamente ético y válido, siempre y cuando el único objetivo sea devolverle sus características naturales ideales.

2º.- También opinamos que son éticamente correctos los métodos de conservación y restauración siempre que no impliquen el cambio de las propiedades físicas. Realzar el color o disimular una grieta de un cristal con líquidos transparentes poco volátiles, puede valer. Lo que no vale y *no sería honesto es alterar el color, añadir una pátina o modificar la forma* natural del cristal de forma premeditada.

Por último, recordar que la limpieza no es la panacea de los minerales alterados. Entendemos que, en pleno siglo XXI, se le pida a la química que obre milagros, pero la triste realidad es que muchas de nuestras limpiezas no harán sino deteriorar más aún la pieza. Cuando arrancamos con esfuerzo un manojo de cristales bellamente dispuestos, pero descoloridos y sin lustre, esperamos que después de someterlos a diferentes baños y lociones, queden perfectamente limpios y relucientes. Craso error; las más de las veces la pieza no solo no habrá mejorado, sino que habrá tomado un tinte de artificialidad prácticamente irreversible. Entonces vienen los lamentos y el desencanto. La máxima del librito de Pedro “*probar primero con las piezas peores*” hay que llevarla a rajatabla, si queremos evitar posibles disgustos. Pero también de los errores se aprende, así todos los ensayos que hagamos, tengan éxito o no, servirán para hacernos expertos en este arte. En definitiva, una vez más: “La experiencia es la madre de la ciencia”

## PARTE II. A LIMPIEZA DE MINERALES.

### TEORÍA

#### TIPOS DE LIMPIEZA

Antes de limpiar, es conveniente distinguir entre dos tipos básicos de recubrimiento que deslucen u ocultan un mineral.

#### Recubrimiento exógeno

Podríamos definir el *recubrimiento exógeno* como a aquel cuya composición mineralógica es totalmente distinta a la del mineral que recubre. Es el caso de minerales cubiertos por una capa de *otro mineral*, a modo

de pintura o barniz. Los ejemplos más comunes son los minerales recubiertos de óxidos de hierro o manganeso o los que están ocultos por una gruesa capa de calcita, sílice o arcilla.

Estas pátinas o costras suelen ser de composición conocida, y ajena al mineral que recubren, por lo que su eliminación será relativamente simple.

Este manual únicamente va a describir este tipo de agentes de limpieza, que bien podrían llamarse “*limpiadores genéricos o exógenos*”.

### **Recubrimiento endógeno**

El *recubrimiento endógeno* sería aquél que procede de la alteración de la superficie del propio mineral, la cual se ha producido por reacción química entre el mineral y el medio ambiente al que ha estado expuesto (carbonatación, oxidación, sulfatación, etc).

Cuando el recubrimiento es “endógeno”, la limpieza no es tan sencilla y genérica como en el caso anterior, ya que la composición de la capa superficial dependerá de la composición química del mineral y del tipo de condiciones ambientales a que haya estado expuesto. Por tanto, el *agente de limpieza deberá ser específico* para ese caso concreto. Además, si se logra eliminar dicha capa sin perjudicar el mineral, las caras (o aristas) de los cristales, hasta entonces ocultos, aparecerán normalmente mates o con cierto grado de corrosión, debido a que la superficie del cristal ha reaccionado químicamente y se ha convertido en otro compuesto mineral.

### **Tipos de limpieza**

Dejando a un lado la distinción entre *limpiadores genéricos* (quita-óxidos, ácidos, etc, para recubrimientos exógenos) y *limpiadores específicos* (los que eliminan caso por caso las alteraciones superficiales, o recubrimientos endógenos), hay que diferenciar la *limpieza mecánica de la química*, para lo cual nos remitiremos a lo que dice el libro de Pedro Prado.

A diferencia de la limpieza mecánica, que es más o menos intuitiva, y hasta ingeniosa, la limpieza química precisa de unos conocimientos básicos previos, que es lo que vamos a ver a continuación.

## **5.- NOCIONES Y CONCEPTOS ÚTILES DE QUÍMICA**

En este apartado pretendemos dar unas ideas básicas de química práctica (algunas de ellas muy obvias y sabidas por la mayoría) para que cuando nos enfrentemos a una limpieza no convencional, podamos idear métodos o ensayar agentes limpiadores con cierto conocimiento de causa. En definitiva para que no nos digan aquello de que “los experimentos con gaseosa”. Frescos andaríamos si no utilizáramos más que la inofensiva gaseosa en nuestra andadura por la vida.

Las cuestiones que vamos a ver son las relativas a la solubilidad, los ácidos y las reacciones de oxidación y reducción.

### **Propiedades de la solubilidad**

*La temperatura influye decisivamente en la solubilidad:* en general, a mayor temperatura, más cantidad se disuelve, y más rápidamente. La *silvina* del ejemplo anterior tiene una solubilidad de unos 58 g/100 ml en agua hirviendo, casi el doble que en agua helada. Esta propiedad es útil a la hora de limpiar minerales poco solubles, ya que como regla general, ***siempre habrá que limpiar con agua muy fría.***

*El grado de división del mineral y la agitación* únicamente influyen en la velocidad de disolución, pero no en la cantidad disuelta (es decir, no influyen en la solubilidad). Lógicamente, cuanto más delgados sean los cristales a limpiar, más tendencia tendrán a disolverse, especialmente si se agitan con intensidad. Así que hay que tener cuidado al limpiar con agua ciertos cristales filamentosos.

Por último, solo resta comentar que quizás el mejor método para limpiar minerales solubles en agua es utilizar otros “disolventes” en los que el mineral no sea soluble. Por ejemplo; alcohol, aguarrás, gasolina, acetona, etc. Todos estos disolventes son orgánicos (su molécula está básicamente formada por átomos de carbono) y son menos *polares* que el agua (es decir, tienen menos fuerza para romper los enlaces que mantienen sujetos los iones en la red cristalina). No obstante, no hay una regla general para saber “a priori” la solubilidad de un mineral en un disolvente, debido a que depende de la naturaleza del mineral y del disolvente. Así, por ejemplo, la *halita* (cloruro sódico) es soluble en agua y muy soluble en alcohol, mientras que el *nitrate de chile* (nitrate sódico) es soluble en agua pero poco soluble en alcohol.

El método para comprobar si un mineral es insoluble en determinado disolvente es el siguiente:

*Se pulveriza un poco del mineral y se añade una pequeña cantidad del disolvente (agua, ácido, alcohol, etc). Se agita y se deja decantar hasta que el líquido esté totalmente claro y se haya depositado en el fondo del tubo todo el mineral que no se ha disuelto. Con un cuentagotas se toman unas gotas del líquido claro y se deja evaporar en un pequeño plato o superficie lustrada (un vidrio de reloj es lo más adecuado). Si una vez evaporado el líquido quedan residuos, es que el mineral era algo soluble en ese disolvente, por lo que no sirve para limpiar ese mineral y hay que probar con otro disolvente. Es conveniente hacer una prueba en blanco, es decir, se dejan evaporar unas gotas el disolvente puro para ver si deja residuo.*

Algunos disolventes orgánicos corrientes son los siguientes:

Alcohol de 96°, Alcohol de quemar., Aguarrás, Simil aguarrás, Gasolina, Acetona y Mezcla de Disolventes para pinturas

Éter. No es aconsejable su utilización porque se evapora muy rápidamente (hierve a 34,5 °C) y puede formar mezclas explosivas con el aire. Como todos los disolventes que hemos visto, arde con facilidad y disuelve las grasas.

### Ácidos, bases y sales

.La forma teórica de saber la fortaleza de un ácido es mirar en una tabla su constante de acidez ( $K_a$ ), cuanto mayor sea ésta más fuerte será el ácido, pero esto poco importa al común de los mortales. Revisando esas constantes hemos elaborado la siguiente lista en orden decreciente de fuerza para los ácidos más utilizados en la limpieza de minerales:

Clorhídrico >> Oxálico > Fosfórico > Fluorhídrico > Acético

Como complemento a la lista anterior, en la siguiente se exponen las sales en orden decreciente según la tendencia a ser atacadas por los ácidos según las constantes de equilibrio, las cuales pueden encontrarse en cualquier libro de química analítica:

Seleniuros  
Sulfuros  
Vanadatos  
Arseniatos  
Fosfatos  
Teluluros  
Carbonatos  
Wolframatos  
Cromatos  
Molibdatos  
Fluoruros  
Seleniato  
Sulfatos.

Según esta relación, los sulfuros son teóricamente más sensibles a ser atacados por cualquier ácido, mientras que los sulfatos resistirán estoicamente incluso a los más fuertes.

Esto, si bien es cierto, no siempre se cumple, ya que como sabemos los carbonatos son mucho más rápidamente atacados que los sulfuros. Esto es debido a que intervienen otros factores tales como la fuerza del ácido, solubilidad, el punto de ebullición (volatilidad) del ácido resultante, formación de compuestos gaseosos o compuestos muy insolubles, la temperatura y la concentración del ácido.

Además la química no distingue entre la piritita y la marcasita.

En cualquier caso, la experiencia nos dice que no todas las sideritas reaccionan igual (ni todos los yesos), por lo que es muy importante *probar primero con algún trozo al que no le tengamos mucho cariño*.

Las reglas básicas que deben seguirse con la limpieza con ácidos son las siguientes:

1º Cuando no se esté seguro de si un ácido limpiador atacará a un mineral, es preferible utilizar el ácido más débil que se tenga a mano (acético mejor que clorhídrico)

2º Los minerales suelen ser menos reactivos (más inertes) que sus homólogos sintéticos (es decir, los compuestos químicos adquiridos en el comercio).

3º La temperatura, la superficie de contacto y la agitación aumentan la rapidez del ataque (véase solubilidad)

4º Como en todas las reglas, hay excepciones, por lo que hay que ensayar caso por caso (véase el libro de Pedro Prado, donde se compilan las experiencias de muchos aficionados).

## **PARTE II. B**

### **LIMPIEZA DE MINERALES.**

#### **PRÁCTICA**

#### **GENERALIDADES SOBRE LA LIMPIEZA QUÍMICA**

Lo que a continuación se expone es un extracto de lo que ya escribió Pedro Prado, pero que se incluye aquí también (espero que con el permiso tácito del autor) por su importancia.

#### **Manipulación de productos químicos**

Hay que tener en cuenta que estamos manipulando productos químicos que pueden ser peligrosos o desprender gases irritantes o tóxicos. Las recomendaciones para evitar accidentes son obvias; conocimiento de lo que se está manejando (ácidos, oxidantes, etc), para lo cual es muy interesante leer la etiqueta del envase, y meticulosidad y limpieza en todas las operaciones (disolución, vertido, residuos, etc). En cualquier caso hay que manipular los productos químicos con precaución pero sin miedos infundados.

El orden y el método son las claves para tener éxito, sobre todo si se están probando nuevos limpiadores. Un cuadernillo donde apuntar nuestras observaciones, éxitos y fracasos, es fundamental, ya que la memoria es más frágil de lo que parece.

#### **Manipulación de los minerales a limpiar**

La limpieza por métodos químicos suele ser es más lenta que la limpieza mecánica y en muchos casos, es necesario combinar ambas para acelerar el proceso de limpieza, es decir, hay que frotar de vez en cuando.

Si es la primera vez que limpiamos un mineral y no estamos seguros de si se va a ver afectada la pieza, debemos aplicar la regla de oro de Pedro: *Ensayar primero con las piezas peores.*

En general, se deben tomar las siguientes precauciones a la hora de ponernos a limpiar químicamente:

1. Preparar la muestra antes de introducirla en la disolución limpiadora:
  - Si la matriz es porosa o contiene grietas, es importante saturar previamente la pieza dejándola unas horas en agua.
  - Si existen otros cristales que pueden corroerse por el agente limpiador (caso de piezas con paragénesis), proteger dichos cristales mediante la aplicación de materias inertes que luego puedan eliminarse fácilmente (mantequilla, parafina, plastilina, etc) con algún disolvente (gasolina, aguarrás, etc.), o con calor.
2. Utilizar grandes volúmenes de solución limpiadora (a la concentración recomendada para cada agente limpiador) en relación con el volumen de piezas a limpiar, o cambiar aquella frecuentemente, en especial cuando se observe que la solución toma un color demasiado fuerte (esto puede dar lugar a la tinción de las piezas).
3. El tiempo de exposición depende de la temperatura ambiente (los limpiadores suelen actuar más rápidamente en verano que en invierno), del grado y tipo de suciedad y de la ayuda de un cepillado entre inmersión e inmersión. La pieza se considera limpia cuando así lo estime el propietario, el cual tendrá en cuenta el grado de limpieza conseguido junto con el posible deterioro sufrido.
4. Eliminación total del agente limpiador, sobre todo cuando se trate de un ácido (el cual puede seguir actuando lentamente en la propia vitrina) o cuando resulten soluciones coloreadas. La mejor técnica es el aclarado con abundante agua corriente. No obstante, para acelerar la eliminación de un ácido puede utilizarse una solución diluida de bicarbonato sódico, procediendo de la siguiente manera: una vez aclarada la pieza con abundante agua (para eliminar la mayor parte del ácido), se introduce en una solución diluida de bicarbonato (o carbonato sódico) el cual neutralizará los restos de ácido. El bicarbonato reaccionará con el, por ejemplo, ácido clorhídrico dando lugar a cloruro de sodio (sal común, halita o sal de cocina) y desprendiendo burbujas de CO<sub>2</sub>. Como vimos en la parte teórica, prácticamente todas las sales de sodio son muy solubles en agua, por lo que se eliminarán fácilmente con el aclarado que finalmente demos a la pieza. Un problema que puede surgir con el bicarbonato (sobre todo si no se ha realizado previamente un buen aclarado con agua) es que eleve el pH del agua de aclarado, ya que el bicarbonato es básico y que precipiten pequeños copos de hidróxidos de hierro (obviamente cuando se ha limpiado una pátina ferruginosa). Esto se soluciona añadiendo un poco de más ácido diluido, para bajar el pH y de este modo se redisuelvan dichos copos. Luego, como si no hubiera pasado nada, se aclara más concienzudamente que antes y se vuelven a neutralizar los restos de ácido con bicarbonato.
5. Además de lo dicho, para realizar un aclarado efectivo se dan las siguientes recomendaciones:
  - Es preferible cambiar el agua muchas veces en lugar de utilizar mucha agua y no cambiarla nunca.
  - La agitación contribuye a la eliminación de las pequeñas porciones de limpiador. Un sistema cómodo consiste en introducir las piezas a aclarar en un cesto, y mover éste dentro del agua de vez en cuando. Mejor aún si el cesto se mantiene a cierta altura del fondo del cubo o barreño.
  - Insistimos que el aclarado es fundamental y que no es tan fácil como aparenta. Como regla general, *debe aclararse durante al menos un tiempo igual al que han estado las piezas sumergidas en solución limpiadora.*

### **AGENTES LIMPIADORES GENÉRICOS O EXÓGENOS**

Como se ha dicho ya a lo largo del texto, únicamente se van a describir las propiedades y usos de los limpiadores exógenos, es decir, de aquellos que son capaces de eliminar las capas de óxidos de hierro o manganeso, de carbonatos, de arcilla y de materia orgánica.

Los limpiadores que se describen son los siguientes. Entre paréntesis se indican los nombres comunes:

### ÁCIDOS

Ácido clorhídrico (sulfumant, agua fuerte, ácido muriático)

Ácido oxálico (sal de acederas)

Ácido acético (vinagre)

Ácido fosfórico

### BASES Y ÓXIDOS

Hidróxido sódico (sosa cáustica)

Agua oxigenada (peróxido de hidrógeno)

### SALES

Ditionito sódico (hidrosulfito sódico)

Hipoclorito sódico (lejía)

Hexametáfosfato sódico (calgón)

<b>ÁCIDO CLORHÍDRICO</b>		
<p><b>APLICACIÓN EN LA LIMPIEZA DE MINERALES:</b> De este ácido se puede decir que es el limpiador universal. Por una parte, elimina con facilidad las más espesas capas de calcita (carbonatos en general) y por otra, disuelve los óxidos de hierro y manganeso. En este último caso, <i>desprende cloro</i> debido a que los óxidos de manganeso son oxidantes. Con los óxidos de hierro <i>produce cloruro férrico</i>, de color amarillo, el cual, aunque soluble en agua, puede teñir las piezas por difusión del cloruro férrico a través de las fisuras y poros del mineral que luego resulta muy difícil de eliminar. El problema de este agente reside en que es muy enérgico, por lo que muchos minerales pueden ser o atacados por él (véase la tabla de la página 13), tales como la <i>fluorita</i> o el <i>yeso</i>. Obviamente, no se deberá utilizar en caso de que queramos conservar óxidos de hierro (limonita, hematites o goethita), de manganeso (pirolusita, psilomelanas, etc) y carbonatos. Dependiendo de la especie mineral, se puede utilizar desde concentrado (es decir, tal y como se compra en el comercio), como es el caso de cuarzos y baritas, hasta diluido en diez volúmenes de agua. Generalmente, cuando se trata de eliminar costras o capas de caliza, se suele emplear medianamente diluido hasta descubrir lentamente lo que hay debajo. Cuando se ha utilizado concentrado o la solución limpiadora toma un color amarillo fuerte, es preciso enjuagar concienzudamente, ya que de lo contrario el mineral limpiado empieza a amarillear al cabo del tiempo. Cuando esto ocurre, se sumerge el mineral en agua durante algunas horas, se saca y se introduce en ácido diluido (90 partes de agua y 10 de ácido) manteniéndolo hasta que las manchas desaparecen. Luego solo resta aclarar bien y dejar secar. La disolución diluida de clorhídrico se utiliza también para eliminar los depósitos amarillo claro de oxalato de hierro que se forman al limpiar minerales con ácido oxálico.</p>		

<b>ÁCIDO OXÁLICO</b>		
<p><b>APLICACIÓN EN LA LIMPIEZA DE MINERALES:</b> Se utiliza disuelto en agua en concentraciones de entre el 5 y el 10%. A pesar de ser un ácido orgánico es relativamente fuerte, algo más que el fosfórico. En la jerga coloquial, su “fuerza” como quita-óxidos de hierro está comprendida entre la del clorhídrico y el ditionito sódico. Ataca a los carbonatos por lo que no debe utilizarse en la limpieza de los mismos. Con los óxidos de hierro forma oxalato de hierro amarillo poco soluble, que precipita en forma de depósito amarillo, el cual se elimina con ácido clorhídrico diluido, o bien, si la pieza no es porosa, se puede eliminar lavando y frotando bien. Para evitar la precipitación del oxalato de hierro algunos recomiendan añadir hexametáfosfato sódico (calgón) el cual forma con el hierro un compuesto “complejo” soluble que impide la precipitación. También se puede añadir fluoruro sódico que también impide la precipitación.</p>		

<b>ÁCIDO FOSFÓRICO</b>		
<p><b>APLICACIÓN EN LA LIMPIEZA DE MINERALES:</b> Al tratarse de un ácido no relativamente fuerte (menos fuerte que el sulfúrico o clorhídrico y algo menos que el oxálico, pero mucho más que el acético) se</p>		

utiliza como quita-óxidos, dejando los cristales con más brillo que con el clorhídrico (existe menos riesgo de que la pieza resulte atacada). De hecho, en la industria del metal se utiliza como decapante de calidad porque deja las superficies más brillantes y pasivas que el clorhídrico. No obstante, su mayor precio hace que sea poco utilizado. Se puede también utilizar diluido entorno al 10% para eliminar el amarilleo que se produce en piezas previamente tratadas con clorhídrico o con oxálico.

#### ÁCIDO ACÉTICO

**APLICACIÓN EN LA LIMPIEZA DE MINERALES:** Prácticamente su uso en el arte está restringido a la eliminación de capas calcáreas de minerales sensibles a ácidos más fuertes, tales como la fluorita. Se puede utilizar vinagre natural, o ácido acético comercial diluido entre el 10 y el 50%. Algunas publicaciones lo recomiendan para la limpieza del cobre nativo.

#### HIDRÓXIDO SÓDICO

**APLICACIÓN EN LA LIMPIEZA DE MINERALES:** Disuelve la materia orgánica (líquenes, musgo, raicillas, etc) produciendo una solución de aspecto gelatinoso si está muy concentrada. Se puede utilizar hasta el 40% de concentración (ojo que quema) pero hay que comprobar que no ataca al mineral. Entre otros, disuelve al yeso y la anhidrita. Aparentemente no ataca a la mica, al menos a la negra.

#### AGUA OXIGENADA

**APLICACIÓN EN LA LIMPIEZA DE MINERALES:** Concentrada (27,5%) se puede utilizar para eliminar la materia orgánica adherida a los minerales, sin embargo su utilización más extendida es para la eliminación de arcillas y pequeñas incrustaciones debido a la capacidad que tiene de desprender pequeñas burbujas de oxígeno. Para esta aplicación puede valer la de 10 volúmenes

#### DITONITO SÓDICO

**APLICACIÓN EN LA LIMPIEZA DE MINERALES:** Se utiliza exclusivamente en la eliminación de pátinas de óxidos de hierro, en concentraciones que oscilan entre el 2 y el 5%, preferiblemente en frasco cerrado para evitar la oxidación por el aire y la consecuente acidificación del medio. No genera el típico color amarillo del oxálico o del clorhídrico, sino más bien color grisáceo apagado, aunque depende de la relación: limpiador/óxido. Su acción es más lenta y suave que la del oxálico o del clorhídrico y por supuesto no es tan ácido. Es un componente de la solución WALLER, que puede utilizarse en la limpieza de carbonatos. Su composición es la siguiente: en 1 litro de agua se disuelven 28 gr de bicarbonato sódico y 60 gr de citrato sódico. Una vez disueltos se añaden 5 gr de ditionito sódico.

#### HIPOCLORITO SÓDICO

**APLICACIÓN EN LA LIMPIEZA DE MINERALES:** Se utiliza en la eliminación de restos vegetales y materia orgánica. Debido a su poder oxidante, potencia la aparición de manchas ferruginosas. No mezclar nunca con ácido clorhídrico debido al cloro que se desprende; irritante y tóxico.

#### HEXAMETAFOSFATO SÓDICO

**APLICACIÓN EN LA LIMPIEZA DE MINERALES:** Se emplea por su capacidad de disgregar arcillas (desfloculación) y en algunos casos, junto con ácidos limpiadores, para evitar el amarilleo de las soluciones férricas. Ya que es un producto bastante inerte frente a los minerales, se puede utilizar en la proporción que se desee, aunque su capacidad desfloculante es efectiva a bajas concentraciones.



## APÉNDICE

### **Minerales Higroscópicos y eflorescentes.**

Ciertos minerales más o menos solubles en agua (casi todos cloruros o sulfatos), presentan la propiedad de adsorber o de ceder agua de forma espontánea, dependiendo de la humedad ambiente. Lo que ocurre es, como siempre, que la naturaleza trata de estar en equilibrio según demanda la segunda ley de la termodinámica. Así, una sustancia que cede agua al aire, la cederá más rápidamente cuanto más seca sea la atmósfera, hasta intentar alcanzar el equilibrio entre su agua de cristalización y la humedad ambiente, y viceversa.

Muchos minerales contienen en su fórmula agua de cristalización en una proporción fija que determina la especie mineral. Por ejemplo la *anhidrita* es sulfato de calcio anhidro, mientras que el *yeso* es sulfato de calcio con dos moléculas de agua.

Se dice que una sal es *eflorescente* cuando cede su agua de cristalización al aire. Muchas sales, minerales o sintéticas, contienen agua en su molécula de forma natural. La forma de saber si un mineral es eflorescente es porque poco a poco va perdiendo lustre y su superficie se vuelve pulverulenta y mate. La forma de conservar estos minerales es en urnas o cajas selladas con un algodón o esponja empapados en agua, de tal forma que el aire de la caja esté saturado de humedad.

Un mineral es *higroscópico* cuando roba la humedad ambiente. Este tipo de minerales se detectan enseguida porque aparecen brillantes y húmedos, y adquieren transparencia (lo contrario que los eflorescentes). Para conservar este tipo de sustancias minerales es preciso mantenerlas en un ambiente seco. Lo más factible es mantenerlas en una caja sellada con un poco de sílica gel, o mejor aún un trozo de cloruro de calcio deshidratado puesto en un cuenquito.