

# BLANQUEO, PROCESO NO RECOMENDABLE EN LA RESTAURACIÓN DE PAPEL

Medina Navarro, S. y Vélez Kaiser, L.

## Resumen

El papel, es el soporte por excelencia para diversos medios de escritura y ha sido elaborado a través de la historia con diferentes materias primas como el algodón, lino y madera. Los documentos modernos, elaborados con madera presentan como signo claro de envejecimiento y deterioro del mismo una coloración amarillenta. Los restauradores con el fin de revertir esta coloración, recurren a tratamientos de blanqueo, pensando que si eliminan el amarilleo, mejorarán las propiedades físico-mecánicas del papel. Sin embargo el blanqueo es el tratamiento, que potencialmente podría ocasionar mayor deterioro en el papel. Para la eliminación del amarilleo en el papel, los restauradores han utilizado varias recetas que distan de ser una metodología sistemática y científica ya que no consideran las variables que se deben de controlar durante el proceso de blanqueo para no degradar significativamente la celulosa. El blanqueo no debe de considerarse como una opción en la conservación y restauración de documentos, debido a su irreversible acción degradante.

**Palabras clave:** papel, amarilleo, blanqueo, restauración, deterioro químico.

La presencia del papel data de principios de nuestra era y los procesos y métodos para su obtención fue evolucionando, a partir de la necesidad de hacer del papel el soporte ideal para cualquier medio de escritura o impresión. En un principio se fabricó de diversas materias primas, como el lino y algodón procedente de trapos que se maceraban hasta dar una pasta con la que se formaban las hojas de papel; estos materiales fueron usados hasta el siglo XVIII, y con la revolución industrial se introdujeron nuevos materiales por lo que es posible la obtención de pulpa para papel a partir de cualquier material fibroso.

La calidad del papel entonces depende del material y de los tratamientos a los que es sometida la materia prima para su obtención, por lo tanto su permanencia y durabilidad es directamente proporcional a las características de estos tratamientos para la obtención de la celulosa (Vaillant y Valentín, 1996).

Hacia la mitad del siglo XVIII la principal fuente de material fibroso para la obtención de celulosa lo proporciona la madera, materia prima a la que le prestaremos mayor atención (Delfín, 1981).

La celulosa es el polímero orgánico más abundante que existe y se genera en organismos vivos; está conformado por unidades de glucosa, unidos por enlace beta-1.4, estas características le dan a la celulosa una estructura lineal e insoluble tanto en ácidos como en bases.

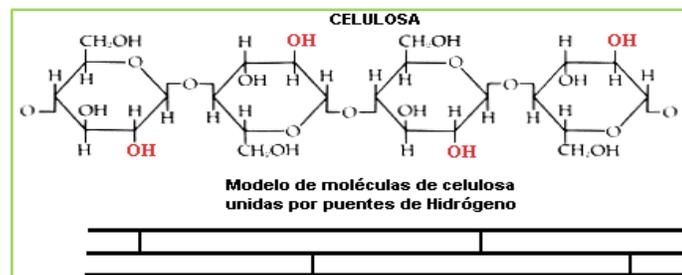


Fig. 1 Estructura química de la celulosa.

La celulosa se encuentra principalmente formando la pared celular de los vegetales (40-50% en árboles y hasta 98% en el algodón). La madera, además de la celulosa que es su componente principal, también está constituida por hemicelulosas (25-35%), que al igual que la celulosa está conformada por azúcares con la particularidad de que estos son solubles en soluciones alcalinas y por un polímero aromático muy complejo llamado lignina (21-25%), este último es el encargado de dar la rigidez a los materiales fibrosos (abetos, bagazo, cáñamo, trigo por mencionar algunos), (Casey 1990).

La pulpa para la fabricación del papel se obtiene de los muchos vegetales que la contienen, extrayéndola por medio de métodos de tratamientos químicos o mecánicos. La función de los métodos de extracción, por tanto, es inicialmente

romper los compuestos de modo de liberar la celulosa de la hemicelulosa y después modificar los grupos cromóforos provenientes de la lignina, para poder eliminarlos fácilmente mediante un lavado acuoso (Sanjuán, 1997).

Una vez que se obtiene la pulpa de celulosa, para darle mayor brillantez y claridad a la pulpa se realiza un procedimiento, el cual tiene como objetivo eliminar los grupos cromóforos, estos compuestos son los responsables de impartirle el color a la celulosa. A este procedimiento se le conoce como blanqueo de las pulpas de celulosa, el cual desde el punto de vista estrictamente técnico, debe ser considerado como un proceso de purificación que involucra la destrucción, alteración o solubilización de la lignina, materia orgánica coloreada y otros residuos indeseables en las fibras. El blanqueo de las pulpas desde el punto de vista práctico le otorga al papel, las características ópticas de mayor claridad haciéndolo un soporte de contraste a la impresión y facilitar la lectura de lo que se imprime.



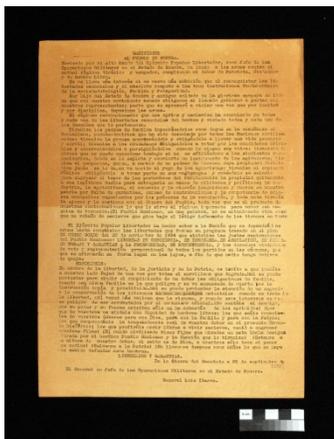
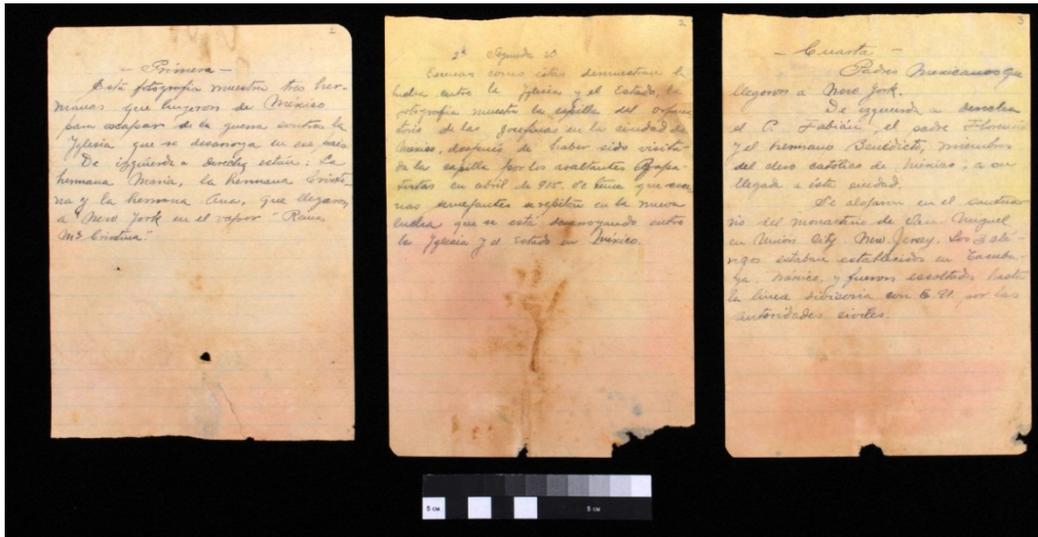
Fig. 2 Blanqueo de pulpa de madera, seis etapas de una misma materia prima.

En la industria, el blanqueo se realiza en condiciones estrictamente controladas para cumplir su objetivo, que es el de obtener celulosa blanqueada con alta pureza química, es decir un alto contenido de alfa-celulosa. Para llevar a cabo el proceso se han utilizado un sin número de agentes químicos de blanqueo tanto oxidativos como reductivos, siendo los oxidativos los más utilizados en las últimas décadas. Entre los agentes oxidativos se encuentran los elaborados a base de cloro que son: cloro gas ( $\text{Cl}_2$ ), dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ), hipoclorito de sodio ( $\text{NaOCl}$ ) y a base de oxígeno: peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), oxígeno ( $\text{O}_2$ ) y ozono ( $\text{O}_3$ ), (Sanjuán, 1997).

En cualquier proceso de blanqueo químico se deben de controlar ciertas variables para procurar la estabilidad de la celulosa resultante después del proceso. Las variables del blanqueo industrial de pulpas más importantes son las siguientes:

- **Carga de reactivos:** es la cantidad y concentración de reactivo presente en el sistema de blanqueo.
- **Consistencia:** está relacionado con la concentración de reactivos en proporción a la cantidad de pulpa a blanquear, establece el volumen y la relación de los reactivos que tendrá el sistema.
- **Tiempo:** entre más se exponga la pulpa a los reactivos, mayor será el efecto sobre la blancura.
- **Temperatura:** afecta el tiempo de reacción.
- **pH:** los reactivos en medios acuosos, se disocian en iones negativos y positivos, la presencia de estos, se asocian con un valor de pH determinado. Es un factor importante, ya que sabiéndolo controlar, podemos conocer que especies están presentes y cuales ya se han agotado en la reacción (Sanjuán, 1997).

Con el uso ya sea cotidiano o excesivo y el paso del tiempo, los documentos históricos, obras gráficas, mapas, libros y otros materiales de archivo, presentan una coloración amarillenta, además de manchas de diferentes fuentes como son de microorganismos, de aceite, de tintas, de resina, etc.



que no puede encontrar trabajo si no se afiliando a los sindicatos, donde se lo explota y convierte en instrumento de los agitadores carposino, quien, a cambio de un pedazo de terreno cuya propiedad él más se lo da, se ve unido al yugo de los agraristas; tiraniza al obrero obligándolo a tomar parte en sus mogigangas y robándole su salario; agrósar el tesoro de los porombros del PRM; tiraniza la propiedad quitándole a los legítimos dueños para entregarla en manos de militares y políticos; la agricultura, el comercio y la minoría languidecen y mueren en parte por falta de garantías, exceso de contribuciones y la competencia de monopolios regentados por los próceres de la revolución, y toda esta tiranía y la sestión con el dinero del Pueblo, toda vez que es el producto de las contribuciones lo que le sirve al régimen imperante para mover los tormentos. ¡El Pueblo Mexicano, en una palabra, no es actualmente otro sino un robo de esclavos que gime bajo el látigo infamante de los tiranos.

El Ejército Popular Libertador ha hecho saber a la Nación que no depondrá hasta conquistar las libertades que forman su programa trazado en el Programa GORDO del 20 de noviembre de 1934 que sintetiza las justas aspiraciones del Pueblo Mexicano: LIBERTAD DE CONCIENCIA, DE ENSEÑANZA, DE ASOCIACION, DE TRABAJO Y GARANTIAS A LA PROSPERIDAD, DE BIENESTAR, y los derechos ciudadanos y representación proporcional de todos los partidos en las cámaras, afirmarán en forma legal en las leyes, a fin de que nadie tenga motivos para...

Figura 3. Documentos que presentan amarilleo y manchas.

El amarilleo en el papel es una característica indeseable, este proceso es conocido como oxidación de la celulosa y son signos claros del envejecimiento y deterioro del mismo, signos que se ven reflejados en la pérdida de la fortaleza de la fibra, flexibilidad y resistencia del papel. Hay que tomar muy en cuenta algo, a pesar de que el blanqueo de las pulpas disminuye la reversión del color del papel, no hace que desaparezca en su totalidad (Vaillant y Valentín, 1996).

El amarilleo del papel es producido por varios factores, entre ellos se encuentran la oxidación, fotooxidación y la activación de los grupos cromóforos de la lignina por la exposición a la luz U.V.

Durante la oxidación y fotooxidación de la celulosa, a partir de los grupos OH de sus unidades de glucosa en el carbono número 2 y 3 se forman grupos carbonilos o cetos (C=O) y aldehídos (-COH), estos grupos son los responsables del amarilleo del papel durante su envejecimiento. Por su parte la lignina, también presenta grupos cromóforos que son activados por luz ultravioleta y en presencia de oxígeno, estos grupos son generadores de quinonas, estas son las responsables de provocar un color amarillo en el papel (Carter, 1996).

En el afán de la conservación de los bienes documentales el principal reto de los restauradores son los papeles modernos hechos industrialmente a base de pulpas de madera, ya que son los más susceptibles a presentar deterioro químico intrínsecamente por la activación de los grupos cromóforos de los restos de lignina que permanecen en él y que son activados por medio de la luz U.V entre otros factores mencionados anteriormente. Los efectos de este deterioro químico amarilleo y/o oscurecido del papel distorsionan la imagen o los textos plasmados en él. Además son susceptibles a la acidez, estos dos factores provocan la disminución de sus propiedades físicas, dando como resultado papeles frágiles y quebradizos, dichos papeles pierden la posibilidad de ser manipulados de forma segura y se potencializa el riesgo de disociación por la pérdida de fragmentos.

En la búsqueda de devolverle la blancura a los documentos, los restauradores han recurrido a procedimientos de restauración que disminuyan el amarilleo; de igual manera se busca la disminución o la eliminación de manchas causadas por el derrame de alguna sustancia o producidas por: la aplicación de cintas adhesivas, tintas, grasas, aceites de diversos orígenes, foxing y por hongos como resultado de su actividad metabólica en el sustrato (manchas fotoquímicas y manchas producidas por la migración de ácidos (Vergara, 2002).

El tratamiento de blanqueo ha sido muy utilizado por restauradores de todo el mundo durante muchos años; sin embargo, está considerado como el tratamiento, que potencialmente, podría ocasionar mayor deterioro al papel, (Vergara, 2002). Algunos autores comentan que en consecuencia, su uso debe limitarse a casos muy concretos y siempre bajo un control muy estricto con el fin

de disminuir los posibles daños. Los métodos de blanqueo en la restauración de documentos se basan en los procesos industriales. Sin embargo el proceso de blanqueo se debe de eliminar de una metodología para la conservación y restauración de documentos, debido a que es un procedimiento en el que no se podría aplicar los controles que se tienen en los métodos de blanqueo de pulpas industriales, debido a que ya en un documento no solo se tiene pulpa de celulosa, los documentos además del soporte de papel, están conformados por cargas, encolantes, aditivos, medios sustentantes, sellos, logos, etc. (Vergara, 2002).

Para devolverle la blancura a los documentos, no se recomienda utilizar los agentes de blanqueo mencionados anteriormente, porque es muy complicado controlar las variables de blanqueo industrial de pulpas.

Una de las variables de control en el blanqueo es el pH; es un factor extremadamente importante a controlar porque al utilizar cualquier agente de blanqueo durante el procedimiento se debe de mantener en un pH específico y constante; al haber una variación de este, el procedimiento de blanqueo puede tener como resultado una alta e irreversible degradación de las cadenas de celulosa. Además algunos agentes de blanqueo oxidantes son generadores de radicales libres y estos son muy agresivos con la celulosa, disminuyendo su grado de polimerización considerablemente (Sanjuán, 1997).

La metodología se limita a seguir recetas de disoluciones del agente blanqueador y en tiempos de baños por inmersión o por succión, a continuación se ejemplifica una de ellas con boro hidruro de sodio:

1. Lavado
2. Desacidificación
3. Inmersión de una solución al 1% para un mínimo de 1 hora, o aplicación con pincel
4. Enjuague mínimo de 3 a 4 horas
5. Desacidificación (Liénardy y Van Damme, 2001)

Es importante considerar que los tiempos largos de inmersión tanto en el agente blanqueador como del enjuague tienen como resultado la disolución parcial o total de los encolantes originales, la dispersión de las cargas y por supuesto el deterioro de las tintas y elementos sustentados. Siendo todos los anteriores efectos contrarios a los objetivos de un proceso ético de restauración.

A continuación se exponen algunos ejemplos de los métodos de blanqueo químico que comúnmente se han utilizado en restauración de papel incluso se ha considerado que algunos de ellos no degradan la celulosa.

- **Hipoclorito sódico:** se utiliza en concentración del 10%, como reductor de manchas producidas por microorganismos. Necesita un neutralizador que detenga la acción oxidante, hiposulfito sódico.
- **Dióxido de Cloro:** se utiliza en forma gaseosa
- **Clorito sódico:** se aplica al 10% en agua. Resultado bueno y no degrada el papel.
- **Borohídruro de sodio:** se aplica en una solución de 1g/100g de papel a tratar. No deteriora el papel, Incluso el IRPA (Institución Real del Patrimonio Artístico) dice que mejora su resistencia, es efectivo en papeles con o sin lignina y puede utilizarse como neutralizante.
- **Peróxido de hidrogeno:** se prepara al 3%, se le añade una solución de amoníaco diluido 2mL NH<sub>3</sub>, diluido en 100 mL de agua destilada. Es lento de blanquear si no se mantiene con pH alto (Vergara, 2002).

Los agentes de blanqueo clorito sódico y borohídruro de sodio de acuerdo al autor son benéficos para el papel inclusive comenta que mejora su resistencia. Sin embargo Burgues y col., 1989 del American Institute for Conservation (AIC), comenta que el Borohídruro de sodio presenta algunas desventajas: puede generar hidrógeno gaseoso, el cual puede ocasionar la formación de “ampollas” en el papel y afectar zonas muy débiles (atacadas por hongos o por corrosión del papel). Reacciona con iones de metales de transición, a pH alcalino puede ocasionar la solubilización de agentes encolantes y tintas azules y verdes (índigo, azul de Prusia o colorantes azoicos). El catión sodio debe eliminarse

completamente después del blanqueado y reponerlo con iones calcio o magnesio (hacer proceso de desacidificación después), (Burguess y col., 1989).

En lo que se refiere al clorito de sodio como agente de blanqueo, en solución alcalina o neutra el clorito no tiene efecto blanqueador, y debe activarse para acidificación hasta un pH inferior a 4, o mediante la acción del cloro o ácido hipocloroso. En estas condiciones se forma dióxido de cloro y las reacciones de blanqueo son aproximadamente las mismas que cuando se aplica dióxido de cloro de forma directa. El blanqueo con clorito es más costoso que con el dióxido de Cloro. (<http://es.scribd.com/doc/52254149/blanqueo-quimico>). Es importante mencionar que a las condiciones mencionada anteriormente (pH 4 y formación de ácido hipocloroso) existe una alta degradación de la celulosa, (San Juan, 1997).

Independientemente del método de blanqueo que se eligiera como proceso de restauración todos tienen efectos degradativos en la celulosa. A partir de las recetas mencionadas anteriormente es claro que el proceso no se realiza de forma cuantitativa, si no que el agente blanqueador se aplica de forma cualitativa, es decir, no hay un control de laboratorio de la cantidad de materia que se tiene en contraste con la concentración y consistencia del agente blanqueador que se requiere para atacar los grupos cromóforos, sin dejar de mencionar que dentro de la metodología industrial de blanqueo para garantizar el efecto aclarador y la calidad de la pulpa se mantiene una temperatura, tiempo y pH específicos.

Sin embargo en un proceso de restauración no se trabaja con pulpa de papel; se tiene un documento cuyos componentes (cargas, encolantes, tintas) tienen una interacción química e intervienen en su proceso de transformación por factores intrínsecos y extrínsecos.

Lo cual hace que ya no exista un punto de referencia al pretender blanquear un documento, con metodologías de procesos de blanqueo industrial. Por lo tanto un restaurador, no tiene la forma de cuantificar con precisión si el procedimiento de blanqueo sólo atacará las manchas y/o amarilleo o las manchas y amarilleo junto con la celulosa y los medios sustentantes de los documentos.

A su vez Muñoz Viñas (2010), comenta que una opción alternativa al blanqueo de papel, son los procedimientos basados en reducción, algunos de los cuales se han demostrados inocuos o incluso beneficiosos para la conservación de papel y capaces de blanquear tipos muy variados de papel. Dentro de los métodos reductores para blanqueo en restauración de papel se encuentra el borohídruo de sodio, cuyas desventajas ya han sido mencionadas.

## **Conclusiones**

Se puede decir que dentro de los procesos de restauración no se debe considerar al blanqueo como un procedimiento seguro, debido a que no es posible garantizar el no deteriorar, la celulosa del documento durante el proceso. El blanqueo disminuye significativamente la vida útil de los documentos y no procura su preservación cuyo objetivo es mantener los bienes culturales con soporte de papel conservados tanto en su materia como en sus elementos estéticos.

Al deteriorarse químicamente la celulosa, será más sensible a reaccionar con otros agentes de deterioro como lo son: los contaminantes atmosféricos, la presencia de humedad, la luz entre otros, además se minimizarán también las propiedades físico–mecánicas de los documentos tratados, lo cual tendrá como resultado documentos muy frágiles susceptibles al deterioro y pérdida durante la manipulación. Esto evita que el documento cumpla con su función que es la de transmitir la información contenida.

Los métodos utilizados en los últimos años para el blanqueo de papel, en general se limitan a realizar baños por inmersión si el documento lo permite o bien para manchas localizadas, se aplican directamente en el área a tratar en mesa de succión. Por tales motivos los procedimientos se llevan a cabo sin controles estrictos, los cuales resultan siendo a prueba y error debido a que el grado de blancura obtenido sólo se puede observar al secar los documentos.

El restaurador no puede predecir con exactitud el grado y cantidad de reversión del color (amarilleo), el efecto o daño en las fibras (celulosa), cargas, encolantes, tintas y los componentes de la imagen de los documentos a causa del

blanqueo. Conjuntamente el cambio en la química del papel, los efectos y los residuos químicos que quedan después del blanqueo continúan interactuando indefinidamente. Sin olvidar que el pH que se debe de mantener en el proceso del blanqueo afecta a corto, mediano y largo plazo al papel y los medios sustentados en él.

## Bibliografía

1. Burgess, Helen D., Van der Reyden, Dianne y Keyes, Keiko. (1989). **The Book and Paper Group of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works**. Sixth Edition. American Institute for Conservation (AIC).
2. Carter, Henry A., (1996). **The chemistry of Paper Conservation, part 2. The yellowing of Paper and Conservation Bleaching**. Journal of Chemical Education. Vol. 73, No. 11.
3. Casey, James P., (1990). **Pulpa y Papel, química y Tecnología Química**. Volumen 1. Editorial Limusa, S.A de C.V. Delfín Márquez I., (1981). **Guía de restauración de documentos gráficos**. Escuela Nacional de Conservación, Restauración y museografía "Manuel Del Castillo Negrete" (ENCRyM).
4. Liénardy, A. y Van Damme, P., (2001). **INTER FOLIA**. Editorial Bruxelles. Segunda edición. Institut royal du Patrimoine artistique (IRPA).
5. Muñoz Viñas, S. (2010). **La restauración del papel**. Editorial Tecnos (grupo Anaya, S.A.).
6. Robledo y Monterrubio, M.S (1986). **Aislamiento y descripción del *chaetomium spp* en documentos del Archivo General de la Nación**. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias.
7. Sanjuán Dueñas, Rubén (1997). **Obtención de pulpas y propiedades de las fibras para papel**. Universidad de Guadalajara. Departamento de madera, celulosa y papel CUCEI.
8. Vergara, José (2002). **Conservación y restauración de Material Cultural en Archivos y Bibliotecas**. Editorial Generalitat Valenciana. Valencia, España.

## Fuentes electrónicas

- [http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/19\\_bleaching.pdf](http://cool.conservation-us.org/coolaic/sg/bpg/pcc/19_bleaching.pdf)
- <http://es.scribd.com/doc/52254149/blanqueo-quimico>.

Consultadas el 13/Junio/2014.

## **Síntesis Curricular**

### **1. Silvia Medina Navarro**

Maestra en C. Procesos Biotecnológicos, Universidad de Guadalajara, 2009-2011.

- Diplomado en Innovación Regional y Apropiación de la Ciencia  
Instituto Tecnológico Superior de Zapopan.  
6-Septiembre- 05-Diciembre 2013.
- Curso de Celulosa y papel.  
CUCBA. 12-28 de Marzo del 2012  
5-14 de Marzo del 2013.
- Teñido de fibras naturales con pigmentos  
CUCBA. 09-Julio-2012.
- Diplomado en Estrategias de Aprendizaje.  
UTEG. 16-Enero al 3-Febrero del 2012.
- Elaboración de reactivos y exámenes con EXAM VIEW.  
UTEG. 25-27 Enero del 2012.
- Inducción al sistema de gestión de la calidad UTEG.  
23-24 Enero del 2012.
- Integración a la empresa UTEG.  
5-8 Diciembre del 2011.
- Experiencia docente: Escuela de Conservación y Restauración de Occidente, ECRO, México Guadalajara Jalisco. Impartiendo química especializada en disolventes, polímero y Seminarios Taller de Conservación y Restauración de Objetos Cerámicos, de Mural, de papel y Ciencia Aplicada a la Restauración, año 2012 – Actualmente.

### **2. Lucrecia E. Vélez Kaiser**

Egresada de la Licenciatura en Conservación y Restauración de Bienes Muebles, de la Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel del Castillo Negrete” (ENCRM) 1999, México D.F.

Cursos: Internacional de Conservación de Papel en América Latina

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural, Instituto Nacional de Antropología e Historia (CNCPC-INAH) (México), *National Research Institute for Cultural Properties*, Tokio (Japón), ICCROM International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property. 17 a 30 octubre 2012, México D.F.

Experiencia docente: Escuela de Conservación y Restauración de Occidente, ECRO, México Guadalajara Jalisco. En Seminarios Taller de Conservación y Restauración de Objetos Cerámicos, de Pintura de Caballete; Asignaturas de Conservación I, Encuadernación y Ciencia Aplicada a la Restauración, año 2003 a 2014.

Profesora titular del Seminario Taller de Restauración de Papel y Documentos Gráficos, en ECRO, año 2004 a 2014.