

Aplicación de la microscopía electrónica de barrido en la evaluación de dos materias primas cosméticas como restauradoras de la cutícula capilar

Tatiana Lee Torres Hurtado, Claudia Elizabeth Mora Huertas¹

Departamento de Farmacia, Universidad Nacional de Colombia. A. A. 25479, fax 571-3165060, Bogotá, D. C., Colombia. ¹ Correo electrónico: cemorah@unal.edu.co.

Recibido para evaluación: 25 de enero de 2010.

Aceptado para publicación: 15 de marzo de 2010.

RESUMEN

El desafío de formular productos cosméticos capilares que den respuesta a la exigencia de verificación de la funcionalidad, realizada tanto por los organismos reguladores como por el consumidor actual, hace imperativa la necesidad de desarrollar metodologías dirigidas a la evaluación del desempeño de este tipo de productos, especialmente *in vitro*. Como un aporte en este sentido, en esta investigación se presenta un método de análisis por microscopía electrónica de barrido (SEM), para la evaluación de los cambios de aspecto y composición atómica de la superficie de fibras capilares vírgenes, decoloradas y tinturadas, luego de aplicar sobre ellas champú y acondicionador formulados con activos restauradores de la cutícula. Los resultados obtenidos permiten la diferenciación de forma rápida y objetiva, del desempeño cosmético de los productos evaluados, lo que representa una ventaja respecto al método de evaluación sensorial tradicionalmente utilizado como apoyo al diseño de productos cosméticos capilares.

Palabras clave: cutícula, SEM, cosméticos, productos capilares.

SUMMARY

Scanning electron microscopy application for the hair cuticle effect evaluation of two cosmetic raw materials

The challenge to formulate cosmetic hair products according to the demand of functionality verification by both regulators and consumers makes imperative the

development of methodologies for their performance assessment, particularly in vitro. As a contribution to this issue, the current research shows a scanning electron microscopy (SEM) methodology for the appearance evaluation and the investigation of the atomic composition of virgin, discolored and dyed tresses hair cuticle after applying shampoo and conditioner, which have been formulated with repair actives. The results allow the rapid and sustainable differentiation between the cosmetic performances of the products evaluated. This is an advantage of SEM with regard to the sensory evaluation of the treated tresses, technique commonly used in the cosmetic hair products design.

Key words: hair cuticle, SEM, cosmetics, hair products.

INTRODUCCIÓN

El tallo capilar es la parte visible de la fibra capilar en la que actúan los activos cosméticos. Es un cilindro largo de células queratinizadas provenientes del folículo piloso y se encuentra dividido en tres zonas: la médula, el córtex y la superficie externa o cutícula, la que es de particular interés en el desarrollo de la presente investigación (figura 1) (1).

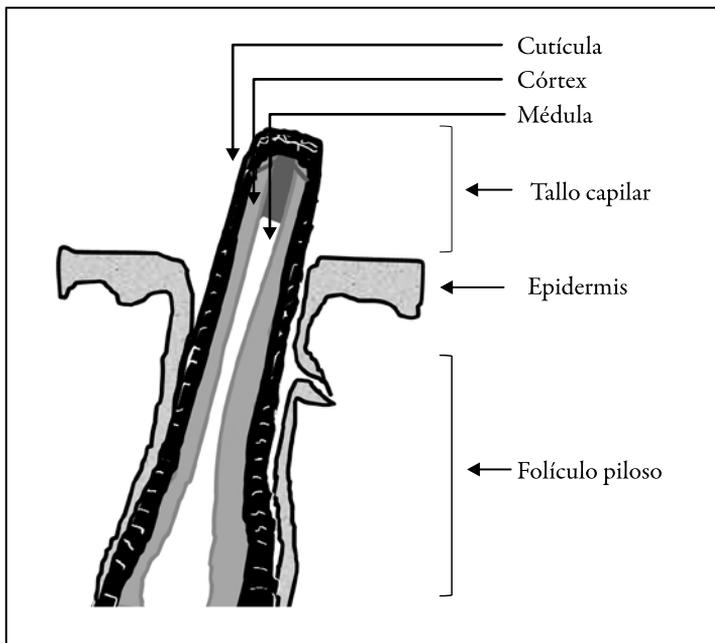


Figura 1. Estructura del tallo capilar.

La cutícula está formada por células dispuestas una sobre otra de forma inclinada respecto al eje central de la fibra capilar, permitiendo que el borde interno se encuentre en contacto con el córtex y el borde externo se presente como la superficie externa del cabello. Dichas células son planas, cuadradas, duras, transparentes y completamente queratinizadas. Carecen de núcleo por lo que no tienen actividad celular. Su espesor es de aproximadamente $0,5 \mu\text{m}$ y la medida de sus lados oscila entre $60\text{-}70 \mu\text{m}$. Sus bordes son regulares cuando se encuentran cercanos al inicio del crecimiento del cabello, pero al cambiar de posición, es decir, cuando se ubican hacia las puntas, éstos se hacen irregulares y en casos extremos pueden estar rotos permitiendo su desprendimiento del córtex.

Dentro de la cutícula, las células queratinizadas se encuentran organizadas en diferentes capas (figura 2). La más externa, denominada epicutícula, rodea por completo el tallo capilar, su espesor es de aproximadamente $50\text{-}60 \text{ \AA}$ y está formada por dos capas, una lipídica y otra proteica. En la capa lipídica se encuentran ácidos grasos como el 18-metil eicosanoico (18 MEA), el palmítico, el esteárico y el oleico, lo que le otorga hidrofobicidad al cabello. Por medio de uniones tioéster la capa lipídica se une a la proteica, la que presenta en su composición proteínas con aminoácidos que tienen grupos ácidos y básicos libres ionizados, los que son responsables de las características hidrofílicas. Así mismo, se encuentra la cistina, que por sus puentes disulfuro aporta rigidez a esta zona.

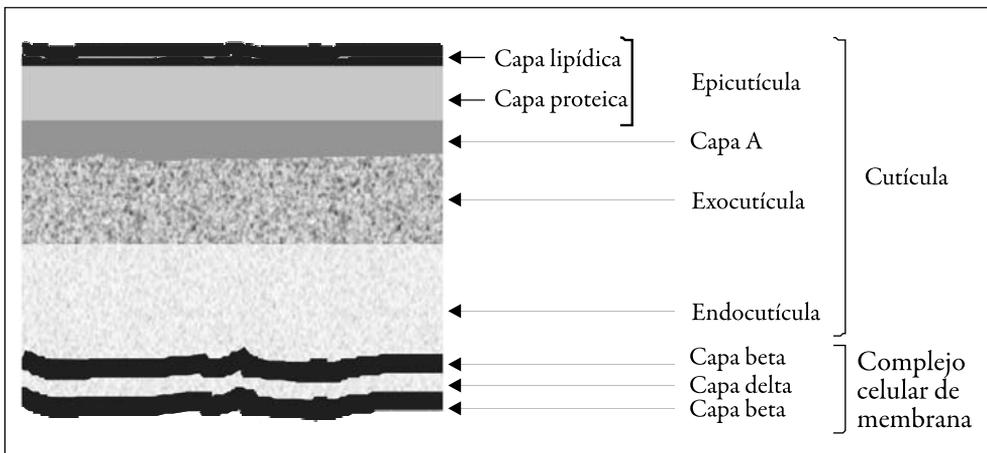


Figura 2. Estructura de las células cuticulares y del complejo celular de membrana.

Por debajo de la epicutícula se ubican diferentes capas proteicas con distintas características. La primera de ellas es la capa A que posee una elevada concentración de cistina, generalmente 30%, lo que otorga mayor rigidez respecto a la epicutícula gracias al aumento en el entrecruzamiento de los puentes disulfuro. Esta capa es resistente a los tratamientos físicos y a ciertas sustancias químicas.

Hacia el interior del tallo capilar está la exocutícula, la que también es una capa rígida por su concentración de cistina de aproximadamente 15%. Finalmente, se encuentra la endocutícula, que posee una baja concentración de cistina, 3% aproximadamente, y debido a la escasa formación de puentes disulfuro se presenta como una proteína amorfa y porosa, que en presencia de agua tiene la capacidad de hincharse y aumentar su volumen.

Las células cuticulares están unidas por el complejo celular de membrana (figura 2), el que es de naturaleza lipoproteica y también está constituido por diferentes capas: la capa central (o capa delta o cemento intercelular), compuesta por una proteína no queratínica, por tanto hay un bajo grado de formación de puentes disulfuro al igual que en la endocutícula. Por encima y por debajo de la capa delta se encuentran las capas beta, que son capas lipídicas de composición similar a la de la epicutícula; pero además contienen ésteres de colesterol y lípidos polares, entre ellos las ceramidas, las que se caracterizan por tener una alta afinidad a las proteínas que forman uniones tioéster (2).

Entre las principales funciones de la cutícula se encuentran el control del ingreso y la salida de agua de la fibra, lo que determina su funcionalidad y durabilidad (3). También desempeña un papel importante en las propiedades ópticas del cabello debido a su peculiar organización estructural. Cuando un haz de luz incide sobre la superficie de la fibra, éste es parcialmente reflejado con un comportamiento de reflexión proporcional al correcto estado de la superficie capilar. De igual forma, la sensación táctil de la fibra del cabello es un parámetro relacionado con la uniformidad de esta superficie (2, 3).

Los factores que pueden dañar la cutícula son varios, entre ellos se destacan el empleo en forma prolongada de formulaciones de champú altamente detergentes, el cepillado y el peinado del cabello sin lubricar, los tratamientos químicos a los que el cabello es sometido y factores ambientales como la radiación ultravioleta. Este daño se refleja en la pérdida de la uniformidad del borde de la célula cuticular y la alteración del complejo celular de membrana, siendo esta última la causa de que la célula comience a separarse y en casos extremos a desprenderse, quedando expuesto el córtex. Estas alteraciones afectan de forma importante los atributos estéticos del cabello (2), lo que justifica la permanente investigación de productos restauradores de la cutícula del cabello, desde diferentes puntos de vista, entre ellos, los métodos para evaluar su desempeño cosmético.

En la actualidad se dispone de varias técnicas de análisis instrumental que son de utilidad en la evaluación de la funcionalidad. Se destacan las investigaciones que involucran el análisis físico del cabello trabajando a micro y nanoescala, utilizando métodos como la microscopía electrónica de barrido (SEM) (4, 5, 6), la microscopía electrónica de transmisión (TEM), la microscopía de fuerza atómica (AFM) asociada a la microscopía de fuerza de fricción (FFM) y la nanoindentación (7), la microscopía láser confocal (CLSM) (8), la interferometría (9), la microfluorometría (6), el análisis térmico diferencial y la difracción de rayos X (10).

En la presente investigación es de particular importancia la técnica SEM, en la que la imagen de la morfología superficial de una muestra se genera por los electrones secundarios emitidos como resultado de la interacción de un haz de electrones que “barre” un área establecida de dicha muestra. El tamaño del haz de electrones determina la resolución, lográndose longitudes de onda de aproximadamente 0,5 Å, que permiten alcanzar poderes de resolución que en la práctica oscilan entre los 0,1 a 0,2 nm. Esto facilita la observación y el análisis de superficies, suministrando información acerca del relieve, la textura, el tamaño y la forma de los materiales. En algunos casos, con el uso de un detector integrado al equipo como el EDX (Energy Dispersive X-Ray Analysis), es posible la identificación del tipo de átomos presentes sobre la superficie analizada (11).

Sobre esta base, en la presente investigación se evaluó el efecto de dos activos comercialmente catalogados como restauradores de la cutícula capilar, sobre el aspecto de fibras de cabello sometidas a diferentes tratamientos de decoloración y tinción. En adición a algunas de las investigaciones que se han realizado previamente sobre este mismo tema (4-6), la observación del aspecto de la fibra capilar fue complementada con el análisis de su composición atómica. Así mismo, los resultados obtenidos se compararon con aquellos provenientes de la evaluación sensorial de los mechones de cabello, con objeto de verificar si existe correlación de las conclusiones obtenidas utilizando SEM con aquellas logradas con una prueba tradicionalmente empleada en el desarrollo de este tipo de productos cosméticos.

METODOLOGÍA

Materiales

Para el desarrollo del presente estudio se utilizaron mechones de cabello virgen con un peso promedio de 0,42 g y 30 cm de largo, de origen hindú, que se enjuagaron con agua desionizada para remover las impurezas y se secaron en un horno de convección (Binder M53), a una temperatura de 40 °C, durante 2 h.

Para los tratamientos de decoloración y tinturado del cabello se seleccionaron productos comerciales (polvo decolorante, solución de peróxido de hidrógeno y coloración capilar permanente) gentilmente suministrados por Cosmetic Fashion Co. Los tratamientos de lavado y acondicionamiento se realizaron con productos elaborados en un tamaño de lote de 1,0 kg cada uno (champú en forma cosmética tipo solución, acondicionador en forma cosmética tipo emulsión), a los que se les incorporó 2% de los activos restauradores de la cutícula A o B, según correspondiera. Igualmente, se elaboraron productos sin activo, que se emplearon como referencia y se denominaron champú base y acondicionador base, respectivamente. Los activos seleccionados como restauradores de la cutícula fueron materias primas que proclaman y soportan este atributo mediante estudios de cada una de sus casas fabricantes. La composición cualitativa del activo A incluye: alcohol hidroxietil behenílico, alcohol cetearílico, alcohol isocetílico, quaternium 70, dimetil (aminoetil aminobutil) siloxano, ácidos grasos (C11-C15) etoxilados, glicerina y propilenglicol. Dentro de la formulación del activo B se encuentran: polietilenglicol-8 (PEG-8), copolímero PEG-8/SMDI (polyetilenglicol-8/metileno difenilisocianato saturado), miristil palmitoil lisina, glicina, n-acetil cisteína, clorhidrato de arginina, serinato sódico, poliacrilato, glicerina y agua.

Métodos

Decoloración del cabello

Catorce mechones de cabello virgen se sometieron a un tratamiento de decoloración, en el que por cada gramo de cabello se adicionaron 4 g de una mezcla decolorante preparada a partir de 10 g de polvo decolorante y 20 g de una solución de peróxido de hidrógeno de 40 volúmenes. Dicha mezcla se distribuyó sobre la superficie del cabello con ayuda de una brocha y se dejó a temperatura ambiente durante 35 min. Posteriormente, cada mechón de cabello se lavó con una solución de lauril éter sulfato de amonio al 10% y se enjuagó con agua potable durante 5 min. Con el propósito de lograr una decoloración profunda, cada mechón de cabello se sometió dos veces a este tratamiento y se secó a 40 °C, durante 2 h.

Coloración del cabello

Siete de los 14 mechones de cabello decolorados, se sometieron al tratamiento de coloración permanente. Para tal fin, por cada gramo de cabello se adicionaron 4 g de una mezcla de coloración capilar permanente, preparada a partir de 60 g del tinte y 90 g de una solución de peróxido de hidrógeno de 30 volúmenes. Dicha mezcla se distribuyó sobre la superficie del cabello con ayuda de una brocha y se dejó a temperatura ambiente durante 20 min. A continuación, cada mechón de cabello se lavó con una solución de

lauril éter sulfato de amonio al 10%, se enjuagó con agua potable durante 5 min y se secó a una temperatura de 40 °C, durante 2 h.

Tratamientos cosméticos de limpieza y acondicionamiento del cabello con los productos y activos en estudio

Al completar las anteriores etapas, los mechones de cabello se sometieron a los tratamientos de limpieza y acondicionamiento. Para ello, éstos se organizaron en siete grupos, los que constaban de tres mechones: uno virgen, uno decolorado y uno tinturado. Cada grupo se trató según se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos cosméticos realizados a los diferentes grupos de cabello.

Grupo (cabello virgen, decolorado y tinturado)	Tratamiento
1	Control
2	Lavado con champú base
3	Lavado con champú activo A
4	Lavado con champú activo B
5	Aplicación de acondicionador base
6	Aplicación de acondicionador activo A
7	Aplicación de acondicionador activo B

Para los tratamientos de lavado y acondicionamiento, por cada gramo de cabello se utilizó 1 g de producto y se enjuagó con agua potable durante 3 min. Este tratamiento se repitió cinco veces continuas sobre cada mechón y, posteriormente, éstos se secaron a una temperatura de 40 °C, durante 2 h.

Evaluación de las muestras por SEM

Para el desarrollo del presente estudio se empleó un microscopio electrónico de barrido FEI QUANTA 200, dotado de un detector de rayos X inducidos EDX control, el que permitió un análisis cuantitativo de la composición atómica de la superficie del cabello. Las condiciones de operación fueron las siguientes: bajo vacío; aceleración de alto voltaje (10-30 kv); detector de campo ancho (LFD, Large Field Detector) y diferentes grados de magnificación. Para la toma de las microfotografías, de cada mechón se seleccionaron, al azar, tres fibras de cabello de las que se cortaron con tijeras segmentos de

un largo no mayor a 1 cm de la zona comprendida entre los 10-20 cm del largo de la fibra. Dichos segmentos se colocaron en el portamuestras.

Teniendo en cuenta que la técnica SEM permite utilizar un recubrimiento metálico sobre las muestras, inicialmente se evaluó su efecto respecto a la calidad de los resultados. Para ello se tomaron microfotografías de muestras correspondientes a los mechones de cabello virgen, decolorado y tinturado seleccionados como control, a las que se les realizó recubrimiento con un metalizador SDC-050, marca Balzers, logrando una película de oro-paladio con un espesor ± 5 nm sobre la fibra de cabello. Los resultados obtenidos indicaron que este tratamiento de metalización, precisamente al formar dicha película y ser observada como tal en las microfotografías, puede convertirse en un falso positivo para el análisis del comportamiento de los activos de interés. De acuerdo con esto, las demás microfotografías para cada uno de los grupos de mechones de cabello (según el tratamiento recibido) se realizaron sin recubrimiento y se compararon visualmente con las de sus correspondientes controles (virgen, decolorado y tinturado).

Evaluación sensorial de los mechones de cabello

Con objeto de corroborar la aplicación de la técnica SEM como herramienta en el diseño de productos cosméticos capilares, un panel integrado por cinco personas entrenadas en la evaluación sensorial de productos cosméticos capilares, quienes acreditaron una experiencia mayor de dos años en esta actividad, conceptuó de forma cualitativa acerca de las características de brillo y sensación al tacto de los mechones de cabello. Para este ensayo se emplearon como referencia los mechones control.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los tratamientos de decoloración y tinturado

La figura 3 permite una visualización comparativa de las estructuras superficiales de la fibra capilar virgen (figura 3A), con aquellas provenientes de muestras de cabello sometidas a tratamientos de decoloración y tinturado. Como puede observarse, y en total concordancia con los resultados obtenidos por otros investigadores (4-6), la superficie del cabello es notablemente afectada por los tratamientos químicos propios de la decoloración, los que producen el rompimiento de las uniones disulfuro de la cisteína y la desnaturalización de las proteínas (figura 3B) (6, 12). Es así como las células de la cutícula presentan la mayor irregularidad en el borde y se ven más separadas unas de otras, lo que puede interpretarse como un reflejo del daño causado fundamentalmente sobre el complejo celular de membrana (7).

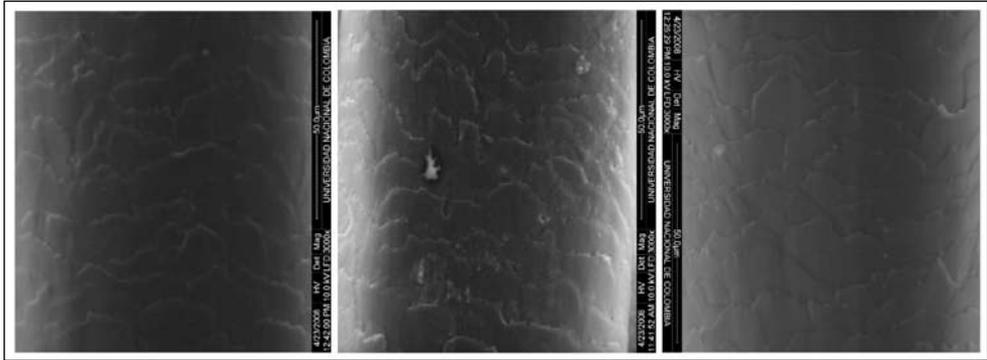


Figura 3. Microfotografías de las muestras de referencia para el análisis del aspecto de la superficie capilar. A. izquierda: cabello virgen; B. centro: cabello decolorado; C. derecha: cabello tinturado.

Por otro lado, las células de la cutícula del cabello tinturado presentan el mejor aspecto si se comparan con la fibra capilar virgen y la decolorada. En este caso, las células queratinizadas se observan planas, con bordes completamente definidos y unidas entre sí (figura 3C). Aunque esta fibra capilar también se sometió al tratamiento químico de decoloración, el resultado favorable obtenido puede ser consecuencia de los agentes grasos presentes en el producto de coloración, tales como la cocamidopropil betaína. Estos componentes son ampliamente reconocidos como afines a la composición de la capa lipídica de la cutícula, lo que facilita la unión de las células queratinizadas, favoreciendo su organización en la superficie de la fibra de cabello y como consecuencia su sensación táctil (13). En adición, cuando las condiciones de pH del medio aseguran su comportamiento como tensioactivo catiónico, dicha afinidad estructural puede estar acompañada de fenómenos de interacción electrostática con algunos de los componentes presentes en la superficie del cabello (14).

Efecto de los vehículos cosméticos

Como se observa en las figuras 4A-C, el lavado del cabello con champú base incrementa el estado de desorganización de la superficie capilar, caracterizado por el desprendimiento de las células queratinizadas y la presencia de bordes irregulares. Como era de esperarse, la fibra capilar decolorada presenta el mayor deterioro (figura 4B). Sin embargo, teniendo en cuenta que el cabello que recibió únicamente el tratamiento de tinturado presentó importante ventaja cosmética respecto al cabello virgen (figuras 3A y C), resulta interesante cómo su aspecto final es muy similar al del cabello virgen cuando ambas muestras se someten a sucesivos lavados con champú (figura 4A y C). En este caso, debido a que el cabello no es un tejido vivo, cualquier tratamiento de acondicionamiento aportado por el producto de coloración es mínimo y temporal hasta el

siguiente lavado (15). Como resultado, el beneficio cosmético se pierde y como puede observarse, se hacen evidentes algunas zonas de daño capilar que pueden ser debidas a reacciones de oxidación que tienen lugar dentro de la capa cuticular y que son propias del tratamiento de coloración permanente utilizado (16).

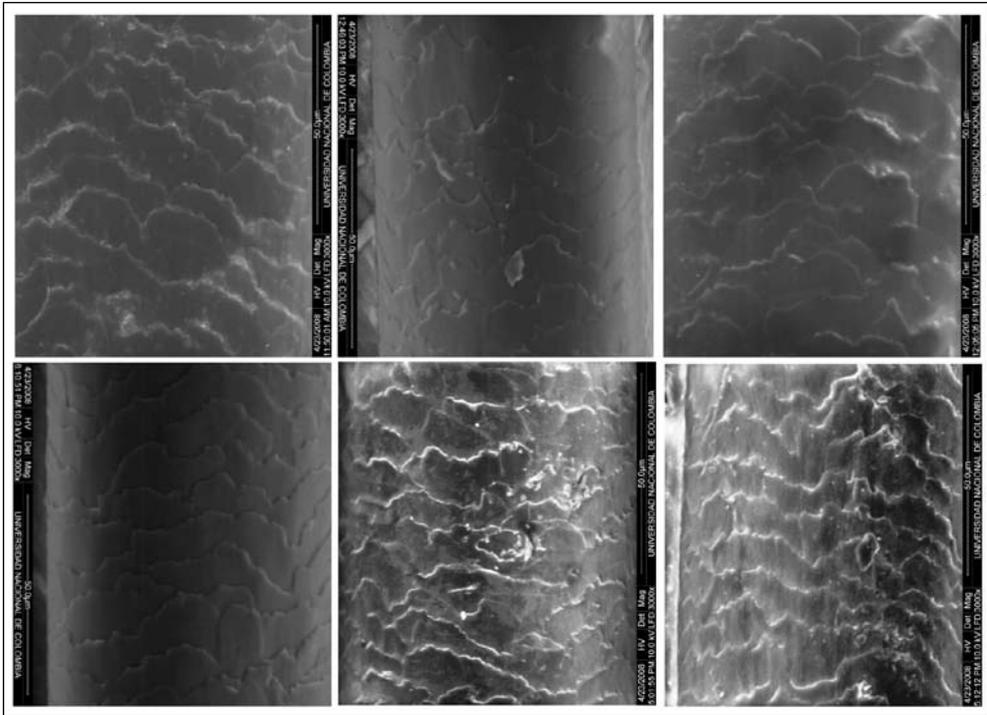


Figura 4. Microfotografías de las muestras de cabello tratadas con champú base (arriba, A. izquierda: cabello virgen; B. centro: cabello decolorado; C. derecha: cabello tinturado.) y acondicionador base (abajo, D. izquierda: cabello virgen; E. centro: cabello decolorado; F. derecha: cabello tinturado).

Por otro lado, en todos los casos se logró una mejora notable del aspecto de la cutícula del cabello tratado con base acondicionadora. Como se observa en las figuras 4D a 4F, las cutículas se ven más unidas con poco levantamiento de las células queratinizadas. No obstante, llama la atención el aspecto de la superficie del cabello previamente sometido a los tratamientos de decoloración y tinturado. En este caso, la base acondicionadora se deposita sobre la superficie del cabello formando una película que recubre la fibra capilar (17). Esto puede atribuirse a la presencia de materiales lipófilos y emolientes dentro de la composición del acondicionador, como el carbonato de dicaprililo, los que gracias a su afinidad estructural pueden interactuar con los lípidos que común-

mente se encuentran en las fibras capilares, sean éstos los complejos lipídicos formados por el ácido 18-metil eicosanoico o bien, lípidos libres como escualeno, ésteres grasos, triglicéridos, ácidos grasos libres, colesterol, ceramidas y sulfato de colesterol, que forman una capa sobre la cutícula (18). En este sentido, es importante tener en cuenta que de acuerdo con las investigaciones realizadas por Seshadri y Bhushan (19) y La Torre y Bhushan (20), acerca de las propiedades tribológicas del cabello tratado con agentes acondicionadores, existe evidencia de que estos productos actúan únicamente cubriendo la cutícula sin modificarla ni física ni químicamente y como resultado, brindan un efecto cosmético de restauración de la manejabilidad, el brillo y la suavidad de la fibra capilar (16).

Además, como se detalla en la figura 4D, la formación de dicha película de material acondicionador no es evidente cuando el cabello virgen es tratado con la base acondicionadora. Es posible suponer, en este caso, que debido a que el daño de la estructura capilar del cabello virgen es mínimo, la interacción entre su complejo celular de membrana y los componentes lipídicos de la base acondicionadora no es tan eficiente, lo que no permite la formación de depósitos de producto acondicionador sobre la fibra capilar.

Efecto de los activos restauradores de la cutícula presentes en el champú y en el acondicionador

Con objeto de ilustrar el efecto cosmético de los compuestos activos cuyas casas fabricantes declaran su funcionalidad como restauradores de la cutícula capilar, la figura 5 presenta las microfotografías correspondientes a las muestras de cabello decolorado, tratadas tanto con el champú como con el acondicionador que contenían el activo A o B. Estas muestras han sido seleccionadas como representativas del total de muestras observadas, teniendo en cuenta que el cabello decolorado fue el que presentó el mayor daño de la estructura capilar y, por tanto, representa el mayor reto de funcionalidad para los activos bajo estudio (ver figura 5).

Como puede observarse, ambos activos evaluados presentan efecto restaurador de la cutícula capilar. En estos casos, las células queratinizadas aparecen unidas independientemente del tratamiento, con champú o acondicionador, al que el cabello haya sido sometido. No obstante, gracias a la formación de la película sobre la fibra capilar por parte de la base acondicionadora, las irregularidades de los bordes de las células queratinizadas se hacen menos evidentes cuando el cabello es tratado con los acondicionadores que contienen los activos bajo estudio. De acuerdo con esto, es posible sugerir que la funcionalidad de los activos cosméticos evaluados depende de su capacidad para interactuar con el complejo celular de membrana, incorporarse dentro de la fibra capilar y promover la unión entre las células de la cutícula capilar.

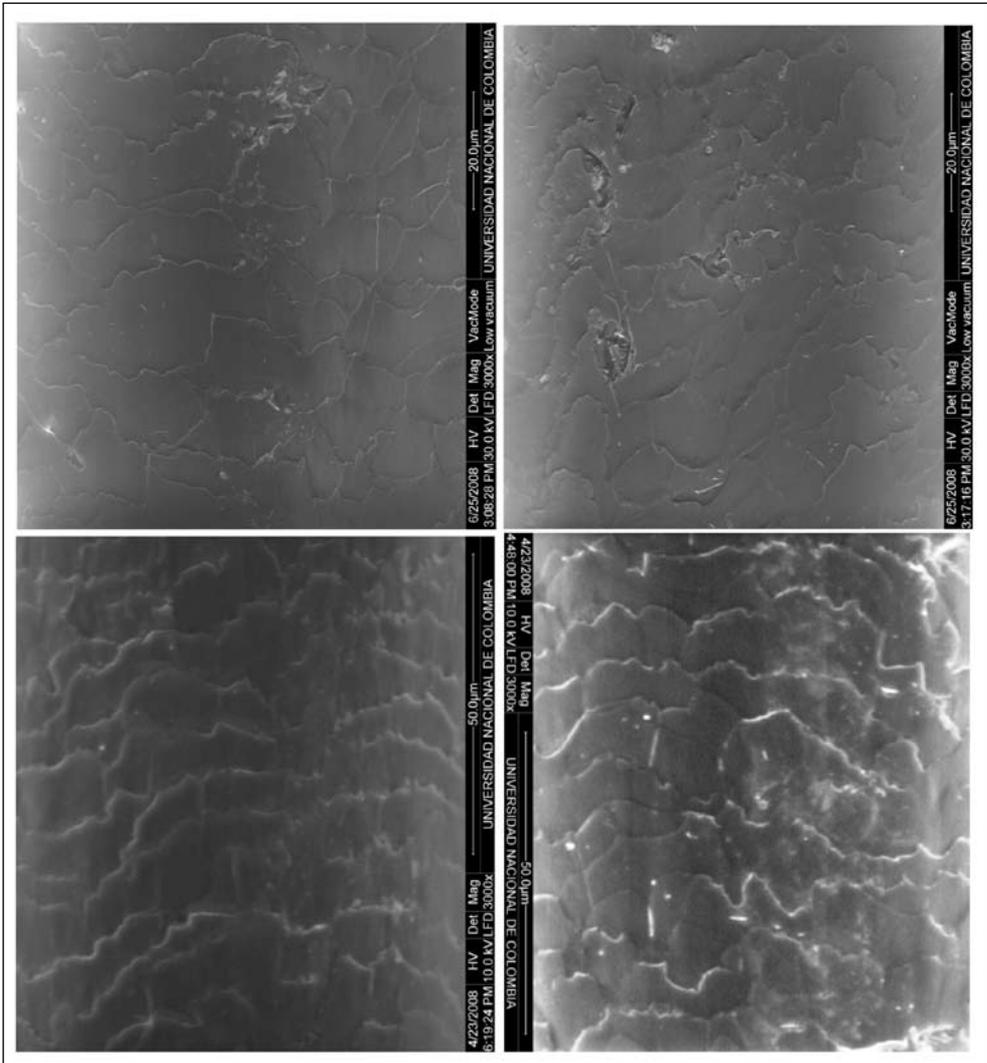


Figura 5. Efecto de los activos restauradores sobre la cutícula capilar de cabello sometido a decoloración. Arriba: muestras tratadas con champú; abajo: muestras tratadas con acondicionador. Izquierda: muestras tratadas con el activo A; derecha: muestras tratadas con el activo B.

A pesar de las magnificaciones de una imagen que pueden lograrse a través de la técnica SEM, resulta difícil conceptuar acerca de cuál de los activos logra una mayor afinidad con el complejo celular de membrana y como consecuencia, cuál permite un mayor beneficio cosmético. Por tal razón, la presente investigación exploró la posibilidad de determinar la composición atómica de las superficies de cabello, utilizando un detector de rayos X inducidos —EDX—, como una herramienta que genera datos cuantitativos

sobre los cuales es posible inferir el desempeño cosmético de los activos. Los resultados obtenidos para el caso particular del cabello sometido a tratamiento de decoloración son presentados en la figura 6. Como referentes, se han incluido los datos correspondientes al cabello virgen.

Al comparar los porcentajes en peso de los átomos de carbono de las diferentes muestras de cabello decolorado, con los porcentajes presentes en el cabello virgen tratado con el champú o el acondicionador base, se encuentra que éste incrementa ligeramente cuando los activos están presentes en el producto. Esto evidenciaría el depósito de algunos de los componentes de las formulaciones sobre la superficie capilar, especialmente cuando se emplea acondicionador. Sin embargo, los valores obtenidos se encuentran dentro de un estrecho rango (70-80%), lo que no permite ser concluyentes respecto al desempeño cosmético de los activos.

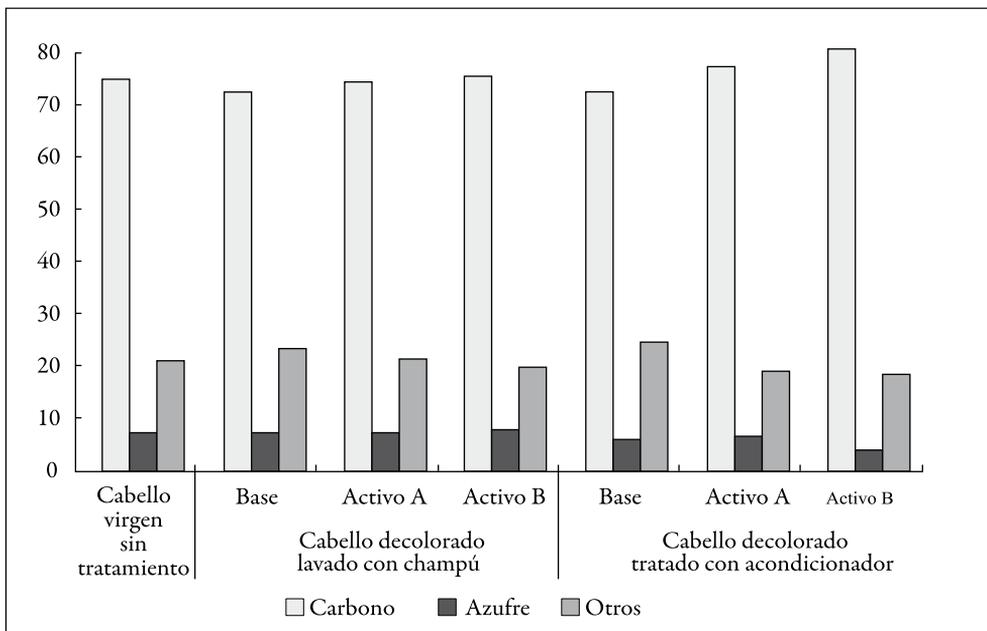


Figura 6. Resultados del análisis por detector de rayos X inducidos EDX, de las muestras observadas por SEM. Otros: corresponde a otros elementos tales como O (principalmente), Al, Ca, N, Si, P. n = 3.

Por el contrario, los datos correspondientes a los porcentajes de átomos de azufre cuando los activos son vehiculizados en el champú y en el acondicionador, sí pueden ser utilizados con este propósito. En este sentido, es evidente que cuando la forma cosmética corresponde a champú, ninguno de los activos demuestra ventaja entre sí o respecto

al producto base. No obstante, cuando éstos se vehiculizan en el acondicionador, los resultados revelan una disminución de la detección de azufre cercana al 50% cuando el cabello es decolorado y tratado con el acondicionador que contiene el activo B. Tal disminución puede estar asociada a la formación de una mayor capa de producto sobre la superficie del cabello, debido probablemente a una mayor afinidad de los componentes del activo B con el complejo celular de membrana, y como consecuencia, se logra una protección más eficiente del contenido proteínico de la cutícula.

Comparación de los resultados obtenidos por SEM frente al análisis sensorial

Los resultados cualitativos obtenidos en la evaluación sensorial (tabla 2), muestran que los mechones decolorados tratados con acondicionador, independientemente del activo, presentan incremento del brillo y mejora en la sensación táctil. No obstante, no es posible detectar diferencias significativas para los dos tipos de activos, lo que sugiere que esta evaluación por sí sola, no aporta un criterio de decisión para seleccionar uno de los materiales trabajados como la mejor opción para la reparación de la cutícula.

Tabla 2. Resultados de la evaluación sensorial efectuada al cabello decolorado tratado con acondicionador que incluye activos restauradores.

Nombre	Brillo	Sensación táctil
Decolorado condiciones normales	Patrón de referencia	
Decolorado tratado con acondicionador base	No hay cambio	Mejora la sensación
Decolorado tratado con acondicionador activo A	Tiene más brillo	Mejora la sensación
Decolorado tratado con acondicionador activo B	Tiene más brillo	Mejora la sensación

Por otro lado, al encontrar que sí existe una mejora sensorial sobre el mechón de cabello, se comprueba que los resultados obtenidos, empleando la técnica SEM, están relacionados con los beneficios cosméticos de la fórmula y, a su vez, permiten seleccionar el activo que presenta un mejor comportamiento en cuanto a la reparación de la cutícula.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el desarrollo de la presente investigación, confirman la aplicación de la microscopía electrónica de barrido como una herramienta para el aná-

lisis de la superficie del cabello. Con esta técnica, se logró determinar que las bases acondicionadoras (emulsiones) son los vehículos más adecuados para la formulación de activos cosméticos restauradores de la cutícula capilar y se demostró que los dos activos estudiados presentan actividad restauradora, diferenciándose por un mayor desempeño cosmético del activo B. Además, los resultados generados presentan correlación con la evaluación sensorial realizada a los mechones de cabello decolorado, tratados con acondicionadores que incluyen en su composición activos restauradores de la cutícula.

Por otro lado, al evaluar el contenido de átomos sobre la superficie de la cutícula por medio de la emisión de rayos X, se encuentra una relación entre la concentración de átomos de carbono existente sobre ella y el efecto cosmético observado. Esto representa una ventaja para la técnica SEM, puesto que permite la diferenciación en términos cuantitativos, del desempeño cosmético de cada uno de los activos bajo estudio.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan su agradecimiento a la empresa Cosmetic Fashion Co., por la financiación del presente proyecto desarrollado dentro del marco del programa de Especialización en Ciencia y Tecnología Cosmética, de la Universidad Nacional de Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

1. R. Dawber, Hair: Its structure and response to cosmetic preparations, *Clinics in dermatology*, **14**, 105 (1996).
2. C. Zviak, R.P.R. Dawber, "The science of hair care", Informa Health Care, New York, 1986, p. 5.
3. L.N. Jones, Hair structure anatomy and comparative anatomy, *Clinics in Dermatology*, **19**, 95 (2001).
4. J. Bellare, R. Iyer, A.R. Mainkar, C.I. Jolly, A study on the conditioning effects of natural shampoos using the scanning electron microscope, *Int. J. Cosmet. Sci.*, **23**, 139 (2001).
5. G. Wei, B. Bhushan, P. Torgerson, Nanomechanical characterization of human hair using nanoindentation and SEM, *Ultramicroscopy*, **105**, 248 (2005).
6. M.L. Tate, Y.K. Kamath, S.B. Ruetsch, H.D. Weigmann, Quantification and prevention of hair damage, *J. Soc. Cosmet. Chem.*, **44**, 347 (1993).

7. B. Bhushan, Nanoscale characterization of human hair and hair conditioners, *Prog. Mat. Sci.*, **53**, 585 (2008).
8. Y.Y. Grams, S. Alaruikka, L. Lashley, J. Caussin, L. Whitehead, J.A. Bouwstra, Permeant lipophilicity and vehicle composition influence accumulation of dyes in hair follicles of human skin, *Eur. J. Pharm. Sci.*, **18**, 329 (2003).
9. M. Fougère, R. Vargiolu, C. Pailler-Mattei, H. Zahouani, Study of hair topography modification by interferometry, *Wear*, **266**, 600 (2009).
10. J.T. Guthrie, A. Kazlauciusas, L. Rongong, S. Rush, The characterisation of treated and dyed hair, *Dyes and Pigments*, **29**, 23 (1995).
11. P.J. Goodhew, F.J. Humphreys, R. Beanland, "Electron microscopy and analysis", Taylor & Francis, Londres, 2001, p. 122.
12. C.R. Robbins, C. Kelly, Amino acid analysis of cosmetically altered hair, *J. Soc. Cosmet. Chem.*, **20**, 555 (1969).
13. H.I. Leidreiter, B. Grüning, D. Kaseborn, Amphoteric surfactants: processing, product composition and properties, *Int. J. Cosmet. Sci.*, **19**, 239 (1997).
14. G. Ran, Y. Zhang, Q. Song, Y. Wang, D. Cao, The adsorption behavior of cationic surfactant onto human hair fibers, *Colloid Surf. B*, **68**, 106 (2009).
15. Z.D. Draelos. En "Hair growth and disorders", ed. por U. Blume-Peytavi, A. Tosti, R.M. Trüeb, Springer Berlin-Heidelberg, Berlin, 2008, pp. 499-513.
16. C. Bolduc, J. Shapiro, Hair care products: Waving, straightening, conditioning and coloring, *Clinics in dermatology*, **19**, 431 (2001).
17. J. Gray, Hair care and hair care products, *Clinics in dermatology*, **19**, 227 (2001).
18. Y. Masukawa, H. Tanamachi, H. Tsujimura, A. Mamada, G. Imokawa, Characterization of hair lipid images by argon sputter etching-scanning electron microscopy, *Lipids*, **41**, 197 (2006).
19. I.P. Seshadri, B. Bhushan, In situ tensile deformation characterization of human hair with atomic force microscopy, *Acta Materialia*, **56**, 774 (2008).
20. C. La Torre y B. Bhushan, Investigation of scale effects and directionality dependence on friction and adhesion of human hair using AFM and macroscale friction test apparatus, *Ultramicroscopy*, **106**, 720 (2006).