

# Evaluación de los cambios en la piel tras la aplicación de una emulsión facial con sales de la capuchina mediante métodos de bioingeniería cutánea

M<sup>a</sup> Lourdes MOURELLE<sup>(1)</sup>, José Manuel CARBAJO<sup>(2-3)</sup>, M<sup>a</sup> Isabel LÓPEZ-DELGADO<sup>(4)</sup>, Carmen P. GÓMEZ<sup>(1)</sup>, Francisco MARAVER<sup>(2-5)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Física Aplicada. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Vigo. Campus As Lagoas Marcosende s/n, 36310 Vigo (España).

<sup>(2)</sup> Departamento Medicina Física y Rehabilitación. Hidrología Médica. Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid. Plaza Ramón y Cajal s/n, 28040 Madrid (España).

<sup>(3)</sup> Laboratorios Skinwine S.L. Avd. Puerta del Sur s/n, 11408 Jerez de la Frontera, (España)

<sup>(4)</sup> Servicio Médico. Balneario de Lanjarón. Avda. de la Constitución s/n, 18420 Lanjarón, Granada (España).

<sup>(5)</sup> Escuela Profesional de Hidrología Médica e Hidroterapia. Facultad de Medicina. Universidad Complutense de Madrid. Plaza Ramón y Cajal s/n, 28040 Madrid (España).  
fmaraver@med.ucm.es

## Resumen

Se estudió la eficacia de dos preparados dermatológicos formulados a base de sales obtenidas del peloide generado por el agua mineromedicinal “La Capuchina” del Balneario de Lanjarón: una Emulsión Hidratante y una Máscara Facial. Se determinó el grado de eficacia a través de tres técnicas de bioingeniería cutánea: corneometría, sebumetría y cutometría sobre 47 voluntarios sanos con una media de edad de  $38,5 \pm 8,6$  años.

Los resultados determinaron que el empleo diario durante 28 días de la Emulsión Hidratante mejoró un 20,4% ( $p < 0,001$ ) la humectación cutánea. Asimismo, la aplicación en días alternos durante 28 días de la Máscara Facial disminuyó un 22,7% ( $p < 0,001$ ) distensibilidad cutánea, esto es, aumentó la turgencia de la piel, aumentó la elasticidad bruta un 2,9% (n.s.), la elasticidad neta un 9,9% ( $p < 0,005$ ), aunque aumentó el módulo plástico de la viscoelasticidad un 13,8% ( $p < 0,001$ ). De la misma manera descendió la fatiga cutánea un 8,9% ( $p < 0,005$ ).

En conclusión, la aplicación tópica de formulaciones a base del peloide generado por el agua mineromedicinal “La Capuchina” del Balneario de Lanjarón, mejora el estado general de la piel ayudando a su conservación y mejorando tanto en el grado de humectación así como las propiedades biomecánicas de la misma.

**Palabras claves:** Cosmética osmótica, Piel, In vivo, Métodos no invasivos, Agua mineral Lanjarón-Capuchina

## Evaluation of the skin response to osmotic skin care elaborated with mud made from la Capuchina mineral water care by cutaneous bioengineering methods

### Abstract

We studied the efficacy of two formulated based dermatological preparations obtained from the peloid salts generated by the mineral water "La Capuchina" from Lanjaron spa: Moisturizing Emulsion and Face Mask. We determined degree of efficiency through three skin bioengineering techniques: corneometry, cutometry and sebumetry on 47 healthy volunteers with a mean age of  $38.5 \pm 8.6$  years.

The results showed that daily use for 28 days Moisturizing Emulsion improved by 20.4% ( $p < 0.001$ ) skin moisture. Also, the application of the Facial Mask on alternate days for 28 days decreased 22.7% ( $p < 0.001$ ) skin distensibility, ie increased skin firmness, and increased a 2.9% (n.s.) gross elasticity, net elasticity of 9.9% ( $p < 0.005$ ), but increased the plastic modulus of viscoelasticity a 13.8% ( $p < 0.001$ ). Similarly, skin fatigue fell by 8.9% ( $p < 0.005$ ).

In conclusion, topical application of formulations on the basis of mineral water peloid generated by "La Capuchina" from Lanjaron Spa, improves the overall condition of the skin, helping to preserve and improve both degree of wetting and biomechanical properties of it.

**Key words:** Osmotic cosmetic, Skin, In vivo, Non-invasive methods, Lanjarón-Capuchina mineral water

### REFERENCIA NORMALIZADA

Mourelle ML, Carbajo JM, López-Delgado MI, Gómez CP, Maraver F. Evaluación de los cambios en la piel tras la aplicación de una emulsión facial con sales de la capuchina mediante métodos de bioingeniería cutánea. (Evaluation of the skin response to osmotic skin care elaborated with mud made from la Capuchina mineral water care by cutaneous bioengineering methods). *Anal Hidrol Med*, 2008-2010, vol. 3, 61-77.

## INTRODUCCIÓN

La función "de barrera" de la piel es esencial para el mantenimiento de un adecuado comportamiento biomecánico "*in vivo*"<sup>1-2</sup>. Fisiológicamente, las características biomecánicas de la piel *in vivo* son indicadores normofuncionales muy importantes y la cantidad de sebo y agua presentan una notable influencia. La edad, el sexo, la raza, el lugar anatómico, así como diversos factores como el fotoenvejecimiento tienen una notable importancia en la biomecánica cutánea<sup>3</sup>.

El comportamiento biomecánico de la piel es principalmente atribuido a las fibras de colágeno y de elastina presentes en la dermis; el colágeno dérmico es frecuentemente identificado como el determinante principal de la biomecánica global de la piel<sup>4-5</sup>. Sin embargo, los tejidos conjuntivos de soporte y las capas más superficiales de la piel deben contribuir igualmente a las propiedades reológicas que aquí reconocemos.

Las sales en general, además de ejercer actividad osmótica, son capaces de aportar por su composición y características, algunas cualidades a la salud cutánea. Cuando se emplean medios hipertónicos el agua celular tiende a salir al exterior, la estructura de la célula se contrae y pierde viabilidad. En este caso se ocasiona sobre la piel un efecto exfoliante/renovador por eliminación de las capas más superficiales de la epidermis. Este fenómeno es muy indicado en pieles envejecidas, fotoenvejecidas, psoriásicas, atópicas y en general todos aquellos epitelios que necesiten una regeneración.

Las células de la piel poseen membranas semipermeables sensibles a los cambios de la presión osmótica externa. Para mantener la viabilidad, las células tienen que regular su hidratación y volumen celular. Las células se adaptan a la presión osmótica externa a través de la acumulación de iones inorgánicos de bajo peso molecular y moléculas orgánicas que regulan su contenido de agua denominadas osmolitos.

Estos osmolitos son capaces de garantizar la constancia del volumen celular que requieren los queratinocitos en cada nivel de la epidermis y se previenen así las alteraciones del metabolismo celular, incluso en concentraciones de sales elevadas. Estas moléculas han demostrado efectividad frente a la salinidad, el calor, la deshidratación y el congelamiento<sup>6</sup>, incluso frente al estrés oxidativo<sup>7</sup>, daños originados por la radiación ultravioleta (RUV)<sup>8</sup> y en los procesos de cicatrización<sup>9</sup>.

Las aguas termales del manantial de la Capuchina del Balneario de Lanjarón son de fuerte mineralización y por sedimentación y evaporación de radón, generan un peloide. Su composición es perfectamente conocida y se muestra en la tabla 1.

El agua de La Capuchina es clorurada sódica, cálcica, ferruginosa y carbogaseosa. En ella se encuentran también trazas no despreciables de magnesio y litio. Por todo ello, el peloide de las aguas de este manantial es ideal en el tratamiento tópico de todo tipo de pieles, especialmente en pieles con sensibilidad alterada.

Este hecho se corrobora con diversos estudios que determinaron que las fuerzas osmóticas de las aguas cloruradas sódicas tienen un papel muy importante en la pérdida transepidérmica de agua (TEWL)<sup>10</sup>, favoreciendo la capacidad regenerativa de la piel y facilitando la recuperación de la función barrera cutánea.

Wiedow y col.<sup>11</sup> demostraron que el choque hiperosmótico de aguas salinas origina la liberación de una elastasa leucocitaria que tiene la capacidad de inhibir los procesos irritantes. Esta propiedad fue atribuida a la concentración en cloruro de sodio y potasio, siendo independiente de su contenido en cloruro de cálcico y magnesio<sup>12-13</sup>.

Tabla 1 – Composición en sales del agua del manantial de Lanjarón-Capuchina

pH de emergencia		6,4
Temperatura	°C	20,5
Conductividad	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	28.280,00
Dureza ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ )	mg/L	5.116,30
Cloruros	mg/L	8.556,00
Fluoruros	mg/L	0
Bicarbonatos	mg/L	1.769,00
Nitritos	mg/L	0
Sulfatos	mg/L	384,7
Sodio	mg/L	3.257,20
Potasio	mg/L	274,9
Litio	mg/L	19,9
Calcio	mg/L	1.624,50
Magnesio	mg/L	257,4
Hierro Total	mg/L	29,9
Anhídrido Carbónico	mg/L	400,9
Radón	Bq/L	4

Las aguas del manantial de La Capuchina son ricas en calcio y magnesio. Como se conoce, el calcio y magnesio regulan la homeostasis cutánea y los queratinocitos expresan canales para el calcio, que tiene una notable influencia en la formación del cemento existente entre las células de la epidermis<sup>14</sup>.

Es más, el calcio epidérmico determina el estado de la función barrera cutánea. La disminución de la proporción de calcio intraepidérmico y la disminución del pH son los principales factores influyentes en la mejora de la función barrera cutánea<sup>15</sup>.

Está demostrado que las sales de magnesio aplicadas tópicamente disminuyen el grado de descamación<sup>16-17-18-19</sup>. Parece que el mecanismo se establece por inhibición de algunas poliamidas cutáneas que tienen una actividad pro-psoriásica<sup>20</sup> y que la molécula de magnesio, por competencia celular con calcio, origina vasodilatación<sup>21</sup>.

Las aguas del manantial de la Capuchina pierden su transparencia y precipitan el peloide con el que se formularon los preparados dermatológicos por dos fenómenos: la insolubilización de sus sales por la pérdida de Radón y CO<sub>2</sub> y, al tratarse de aguas minerales ferruginosas bicarbonatadas que tienen un pH cercano a 7, en concreto 6,4, se favorece la oxidación del hierro, que pasa de Fe<sup>2+</sup> a Fe<sup>3+</sup> que es más insoluble y precipita.

Esta oxidación del hierro proporciona al peloide del agua de La Capuchina una alta capacidad antioxidante, con potencial inhibidor de radicales libres, por desequilibrio en las reacciones productoras de radicales libres propuestas por Fenton y Haber-Weiss.

Como ha quedado demostrado, durante los últimos años se han introducido en la investigación dermatológica y cosmética, equipos que permiten la evaluación cuantitativa de determinados parámetros relacionados con las funciones cutáneas. Entre ellos, la cuantificación del grado de hidratación cutánea que se ha popularizado debido a su facilidad de uso y a la fiabilidad de los resultados<sup>22-23</sup>. El estudio de la elasticidad cutánea está sujeto, en cambio, a numerosas variables, siendo la cutometría el método más usado por los distintos autores<sup>24-25-26</sup>, de manera que, dependiendo del equipo, se pueden obtener valores de elasticidad absoluta y relativa, propiedades viscoelásticas y distensibilidad (relacionada con la firmeza y grosor de la piel).

El objetivo principal de esta investigación es evaluar la eficacia de dos productos de la línea cosmética del Balneario de Lanjarón: Emulsión Hidratante y Mascarilla Facial. Para ello se emplearon técnicas de bioingeniería cutánea, realizando las determinaciones de: grado de hidratación, sebo cutáneo y medidas de viscoelasticidad cutánea, sobre voluntarios seleccionados entre los habitantes del entorno del balneario.

## MATERIAL Y METODOS

Se realizó en el Balneario de Lanjarón un estudio experimental en 47 voluntarias sanas sin ninguna patología o antecedentes cutáneos relevantes, con edades entre de 18 años y 55 años, con una media de edad de  $38,5 \pm 8,6$  años. Los panelistas fueron distribuidos en dos grupos en función de la edad, 20 voluntarios menores de 35 años ( $29,9 \pm 4,3$ ) y 27 voluntarios mayores de 35 años ( $49,9 \pm 4,2$ ). Además cada grupo se dividió en tres subgrupos en función de su tipo de piel: grasa (13: 4+9), normal/mixta (19: 11+8) y seca (10: 4+6). Algunos voluntarios no se incluyeron en ninguno de estos tres subgrupos. Todos se aplicaron durante 28 días la Emulsión Hidratante en la parte interna del antebrazo cada día y en días alternos la Mascarilla Facial sobre el rostro, cuyas composiciones se indican en la tabla 2. Los voluntarios no se aplicaron otros cosméticos ni preparados tópicos durante la experiencia,

aunque se les permitió el empleo de cosméticos decorativos de ojos y labios y colorete en polvo.

Tabla 2. Composición de los preparados tópicos empleados.

<b>Emulsión Hidratante Lanjarón</b>	AQUA, AQUA (CAPUCHINA SPRING WATER), PARAFFINUM LIQUIDUM, PENTYLENEGLYCOL, PETROLATUM, GLYCERIN, PROPYLENEGLYCOL, STEARIC ACID, CETEARYL ALCOHOL, CETEARYL ETHYLHEXANOATE, DIMETHICONE, CYCLOPENTASILOXANE, SALES (CAPUCHINA SALES), ISOPARAFFIN, CARBOMER, POLYACRYLAMIDE, TRIETHANOLAMINE, ETHYLHEXYLGLYCERIN, CETEARETH-12, DIETHYLHEXYL ADIPATE, AMONIUM LACTATE, CETYL ALCOHOL, PARFUM, BENZYL SALICILATE, CITRONELLOL, GERANIOL, HEXYL CINNAMIC ALDEHYDE, LIMONENE, LINALOOL, LAURETH-7, SODIUM CHLORIDE
<b>Mascarilla Facial Lanjarón</b>	AQUA, AQUA (CAPUCHINA SPRING WATER), SALES (CAPUCHINA SALES), HYDROXYETHYL ACRYLATE/SODIUM ACRYLOYLDIMETHYL TAURATE COPOLYMER, PROPYLENE GLYCOL, GLYCERIN, PEG-8, PENTYLENE GLYCOL, POLYSORBATE 20, ETHYLHEXYL GLYCERIN, PARFUM, BENZYL SALICILATE, CITRONELLOL, GERANIOL, HEXYL CINNAMIC ALDEHYDE, LIMONENE, LINALOOL.

Los contenidos del protocolo experimental fueron comunicados y explicados con antelación a cada uno de los voluntarios que expresaron, ante este conocimiento, su consentimiento escrito a la ejecución del mismo.

Los controles se realizaron en un ambiente de laboratorio controlado (temperatura y humedad) tras asegurarse la adaptación de los voluntarios al mismo (en reposo de 30 minutos).

Las constantes se determinaron antes de la experiencia y al finalizar el tratamiento. En estas condiciones han sido determinados los valores de referencia (basales) de las variables seleccionadas para caracterizar los cambios inducidos en la piel:

- Determinación de la humectación cutánea en unidades arbitrarias con un Corneometer® CM 825 (CK electronics, Germany). El principio de medición es la capacitancia cutánea. Se determino en tres puntos fijos del antebrazo y se estableció la media como valor objetivo.
- Determinación del sebo cutáneo en unidades arbitrarias con un Sebumeter SM 815 (CK electronics, Germany). El principio de medición es el método fotométrico. Se determino la cantidad de sebo en un punto determinado del entrecejo de los panelistas.

Figura 1. Parámetros biomecánicos determinados por cutometer

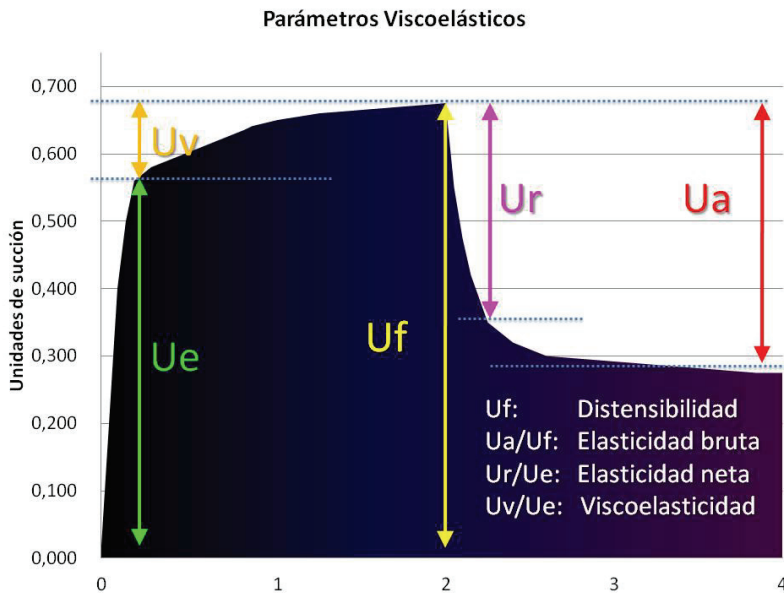
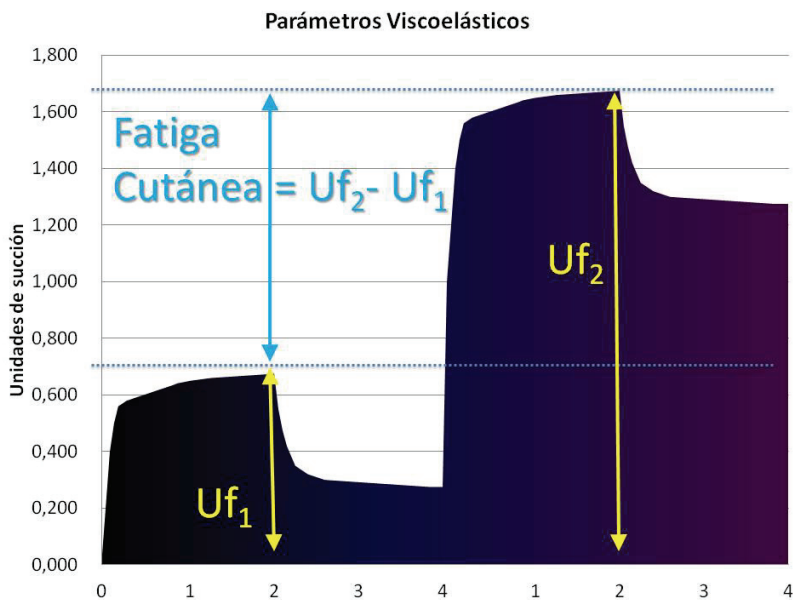


Figura 2. Parámetros para la determinación de la fatiga cutánea.



- Los indicadores biomecánicos fueron obtenidos a través de un método de succión (*Cutometer* MPA 850 de *CK electronics, Germany*), con una abertura de sensor de 2 mm a una presión de 450 mbar/ciclo de succión, para tiempos de succión y reposo alternantes de 2 seg, 10 repeticiones. Los indicadores biomecánicos (ver Figura 1 y 2) escogidos han sido:
  - $U_f$ : Extensibilidad máxima (total) de la piel. Cuanto menor sea el parámetro más resistencia a la deformación emite la piel.
  - $U_a/U_f$ : Elasticidad total de la piel. Porción entre amplitud máxima y capacidad de redefinición de la piel (elasticidad bruta). Cuanto más se aproxime este valor a 1 (100%) más elástica será la curva.
  - $U_r/U_e$ : Elasticidad neta de la piel. Cuanto más se aproxime el valor a 1(100%) mayor será la elasticidad de la curva.
  - $U_v/U_e$ : Determina la viscoelasticidad con respecto a la parte elástica de la curva. A valores más bajos, mayor elasticidad.
  - $U_{f10}-U_{f1}$ : Fatiga cutánea, que pone de manifiesto los efectos de falta de resistencia de la piel tras repetidas operaciones de succión. Cuanto menor sea el valor de la medición, menor será la fatiga cutánea y mayor la resistencia a distenderse.

Se ha realizado estadística descriptiva (media y desviación estándar) y test de Student para datos apareados en referencia a la basal y se ha adoptado un nivel de significación de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tablas 3, 4 y 5 compendian los resultados obtenidos en el conjunto total de los voluntarios y los porcentajes de aumento o disminución de los valores.

El análisis de los datos de corneometría determina que tras la aplicación del tratamiento aumentó la humectación cutánea global de los voluntarios un 20'4% ( $p < 0,001$ ) de  $40,88 \pm 7,40$  a  $51,37 \pm 13,33$ . Siendo aunque homogéneas, más notable este aumento de humectación en las pieles normales/mixtas con un 25'4% ( $p < 0,005$ ) de aumento, de  $40'00 \pm 6'59$  a  $53'62 \pm 17,83$ . Los valores para pieles grasas y secas pueden considerarse similares, respectivamente un 17'3% ( $p < 0,002$ ) de  $44'17 \pm 6'73$  a  $53'38 \pm 9'59$  y un 16'3% ( $p < 0,01$ ) de  $38,39 \pm 7'88$  a  $45'87 \pm 5'78$ .



Tabla 3. Resultados de la evolución de humectación cutánea determinada por corneometría. Variables registradas antes del tratamiento (BASAL) y a la finalización del tratamiento. (ns: no significativo; \*:  $p < 0.05$ )

	Antes	Después	Diferencia		
Resultados Globales	40,9	51,37	10,49	20,40%	$p < 0,001$
<i>ds</i>	7,4	13,33	12,86		
PIEL GRASA	44,2	53,38	9,22	17,30%	$p < 0,002$
<i>ds</i>	6,73	9,59	8,47		
PIEL NORMAL	40	53,62	13,61	25,40%	$p < 0,005$
<i>ds</i>	6,59	17,83	16,98		
PIEL SECA	38,4	45,87	7,49	16,30%	$p < 0,01$
<i>ds</i>	7,88	5,78	8,45		

Tabla 4. Resultados de la evolución de la cantidad de sebo cutáneo determinada por sebume-tría registradas antes del tratamiento (BASAL) y a la finalización del tratamiento. (ns: no significativo; \*:  $p < 0.05$ )

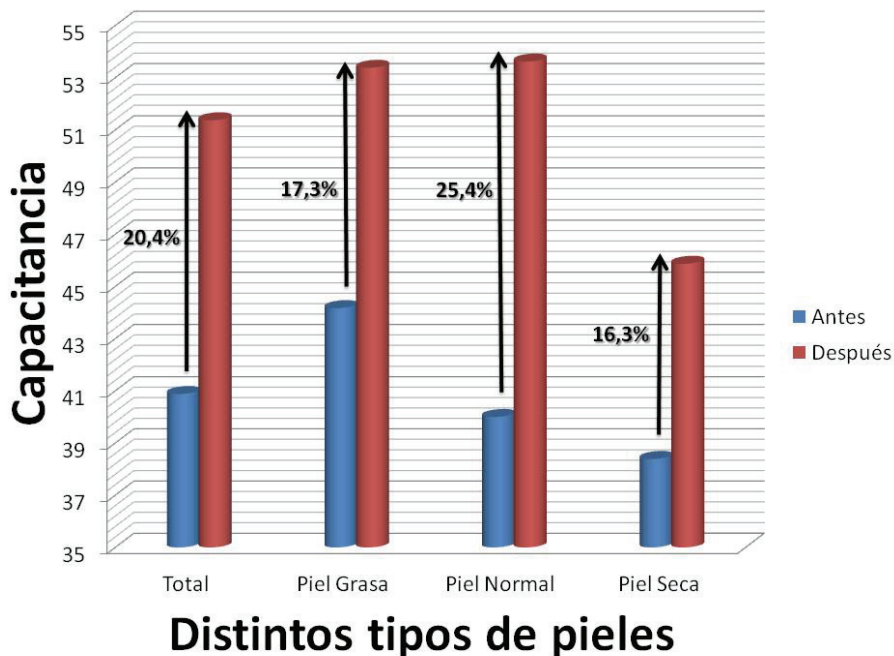
	Antes	Después	Diferencia		
Resultados Globales	169	172,6	3,63	2,10%	n.s.
<i>ds</i>	68,73	68,73	84,82		
PIEL GRASA	214,3	193,2	-21,13	-10,90%	n.s.
<i>ds</i>	56,86	52,31	46,32		
PIEL NORMAL	147,8	148	0,22	0,20%	n.s.
<i>ds</i>	71,48	72,22	85,04		
PIEL SECA	144,5	180,8	36,29	20,10%	n.s.
<i>ds</i>	56,87	77,68	110,27		

Tabla 5. Resultados de la evolución de las propiedades biomecánicas cutáneas determinadas por cutometría registradas antes del tratamiento (BASAL) y a la finalización del tratamiento. (ns: no significativo; \*: p < 0.05)

	R0 = Uf Distensibilidad	R1	R2 = Ua/Uf Elasticidad bruta	R3	R4	R5 = Uf/Ue Elasticidad neta	R6 = Uv/Ue Viscoelasticidad	R7	R8	R9 = R3-R0 Fatiga cutánea	n = nº de pancletas	Antes Edad+DS	Pancletas	Tipo de piel
DESPUES-ANTES=	-0,0570	-0,0255	0,0187	-0,0580	-0,0479	0,0494	0,0741	0,0169	-0,0315	-0,0058	47	38,5	13	Piel Grasa
dé	-0,0007	-0,0093	-0,0035	-0,0003	-0,0096	-0,0302	-0,0016	-0,0167	0,0060	0,0008		8,6	19	Piel Normal
% desviación	-22,7	-28,5	2,9	-18,3	-27,5	9,9	13,8	5,2	-19,4	-8,9			10	Piel Seca
p=	0,000	0,000	0,113	0,000	0,000	0,004	0,000	0,040	0,000	0,002			5	Desconocida
DESPUES-ANTES=	-0,0657	-0,0267	0,0152	-0,0671	-0,0535	0,0567	0,0959	0,0165	-0,0391	-0,0065	20	29,9	4	Piel Grasa
dé	0,0016	-0,0150	-0,0081	-0,0024	-0,0178	-0,0384	-0,0274	-0,0207	0,0109	0,0008		4,5	11	Piel Normal
% desviación	-24,9	-31,6	2,2	-20,5	-31,4	11,4	20,0	4,9	-21,7	-10,5			4	Piel Seca
p=	0,000	0,001	0,426	0,000	0,000	0,045	0,002	0,199	0,000	0,020			1	Desconocida
DESPUES-ANTES=	-0,0506	-0,0246	0,0213	-0,0512	-0,0438	0,0440	0,0580	0,0171	-0,0260	-0,0052	27	44,9	9	Piel Grasa
dé	-0,0007	-0,0072	-0,0024	0,0024	-0,0064	-0,0269	0,0247	-0,0154	0,0068	0,0006		4,2	8	Piel Normal
% desviación	-20,9	-26,4	3,4	-16,6	-24,7	8,9	10,0	5,5	-17,4	-7,8			6	Piel Seca
p=	0,000	0,000	0,166	0,000	0,000	0,048	0,033	0,117	0,001	0,044			4	desconocida

Estos resultados coinciden globalmente con la experiencia de otros autores<sup>27</sup>. (Figura 3) La humectación y el valor de pérdida transepidérmica de agua tienen influencia sobre la función barrera cutánea y consecuentemente sobre absorción a través de la piel, influyendo también, notablemente, sobre las propiedades biomecánicas de la piel<sup>28</sup>.

Figura 3. Representación gráfica de los resultados de corneometría

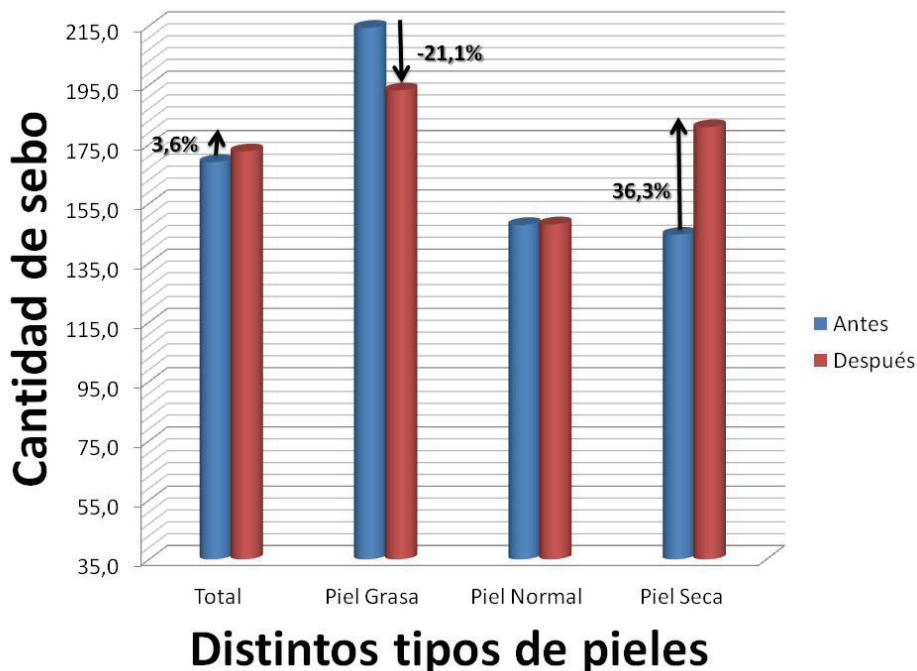


Este resultado puede esperarse por el poder de solvatación de las sales de La Capuchina y su capacidad de retención de la humedad y, como es lógico, se retiene más cantidad de agua sobre la superficie cutánea. El resultado indica que no existe pérdida de la función barrera cutánea por la acción del cosmético y no se produce una reacción irritativa como consecuencia de componentes inadecuados o por extra-hidratación<sup>29</sup>.

El análisis de los datos de Sebumetría determina que tras la aplicación del tratamiento se regula la cantidad de sebo. En lo que respecta a las determinaciones faciales tras la aplicación de la máscara facial, puede decirse que de forma global los resultados de sebo cutáneo no mostraron diferencias apreciables antes y después del tratamiento, aumentando un 2,1% (n.s.), pasando de  $169'00 \pm 68'73$  a  $172'63 \pm 68'73$ . Si bien los datos obtenidos no tienen significancia estadística, cabe destacar el descenso del 10,9% de la cantidad de sebo en las pieles grasas y el

aumento del 20,1% en las pieles secas. La influencia sobre las pieles normales es prácticamente, insignificante. (Figura 4)

Figura 4. Representación gráfica de los resultados de sebometría (n.s.)



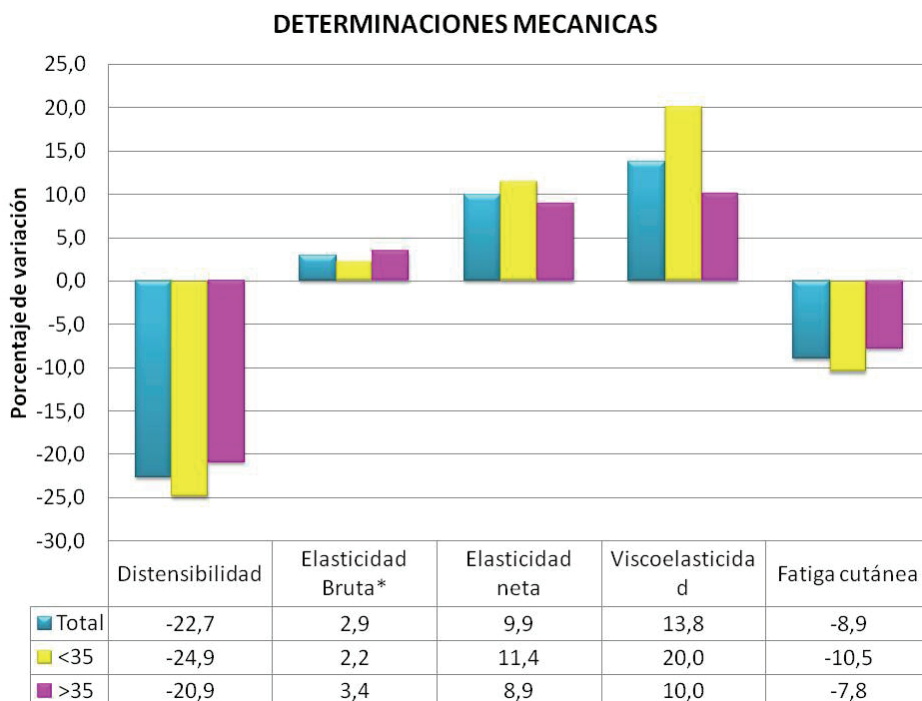
En lo que respecta a los indicadores biomecánicos, hay que tener especial cuidado con los resultados obtenidos, pues por un lado, no representan el comportamiento de un material estrictamente elástico, no teniendo por lo tanto un equivalente fisiológico directo y por otro, envuelven no sólo la epidermis y dermis sino también los tejidos subyacentes de soporte<sup>30</sup>.

De los parámetros directos e indirectos proporcionados por el sistema, hemos optado por considerar únicamente la  $U_f$  (extensibilidad total de la piel), la relación  $U_a/U_f$  (elasticidad máxima de la piel), la elasticidad neta  $U_r/U_e$ , la viscoelasticidad cutánea  $U_v/U_e$ , así como la fatiga a la succión, esto es, la diferencia entre los valores de  $U_f$  tras diez succiones frente al valor inicial.

Excepto en un caso, de los indicadores biomecánicos en estudio todos los resultados obtuvieron resultados estadísticamente significativos con el tratamiento efectuado, lo que está en concordancia con algunos resultados anteriormente publicados<sup>31</sup>, en los que se sugiere la mejoría de las propiedades mecánicas de la piel cuando se trata con cosméticos. (Tabla V)

Con relación a la extensibilidad máxima de la piel (Uf), el efecto es significativo globalmente y en los tres grupos, lo que sugiere que el tratamiento, provoca una disminución de la extensibilidad total de la piel. (Figura 5) Ello significa que la epidermis opone una mayor resistencia a la deformación por succión<sup>32</sup>.

Figura 5. Representación gráfica de los resultados biomecánicos. (\* n.s.)



La elasticidad máxima  $U_a/U_f$  determina la porción entre amplitud máxima y capacidad de redefinición de la piel. En nuestro estudio aumenta ligeramente en los tres casos aunque no presenta significancia estadística<sup>33</sup> (Figura 5).

La elasticidad neta valora la capacidad que tiene la piel de volver a su estado inicial en función de estiramiento producido. La aplicación del preparado consigue aumentar significativamente un 9,9% ( $p < 0,005$ ) la elasticidad bruta cutánea, comportándose de forma homogénea tanto en el grupo total como los menores y mayores de 35 años.

La viscoelasticidad cutánea ( $U_v/U_e$ ) estudia la porción de la viscoelasticidad con respecto a la parte elástica de la curva. De tal forma que cuando sus valores son más bajos, mayor es el módulo elástico cutáneo. En consecuencia, el tratamiento con la máscara de capuchina estimula el módulo plástico cutáneo en detrimento del elástico.<sup>45</sup> Se ve favorecida entonces la turgencia frente a la elasticidad. (Figura 5)

La fatiga cutánea por succión reiterada pone de manifiesto los efectos del cansancio de la piel tras repetidas operaciones de succión por diferencia, en este estudio, de los valores de  $U_f$  tras 10 succiones en comparación con el valor inicial. Cuanto mayor sea el valor obtenido de la resistencia a la fatiga, la piel tendrá menor la fatiga cutánea<sup>34</sup>.

En nuestro caso, los resultados son muy adecuados para un tratamiento cosmético. (Figura 5) Después de implantar tratamiento se reduce la fatiga cutánea el 8,9% ( $p < 0,003$ ), esto es, aumenta en la resistencia a la fatiga cuyo valor pasa de una  $U_f$  basal de  $0,0649 \pm 0,0113$  a  $0,0591 \pm 0,0122$  y se corrobora este buen resultado en ambos subgrupos, especialmente en los menores de 35 años. Estos resultados corroboran estudios anteriormente publicados para higroscópicos<sup>35</sup>.

Cabe destacar que en todas las determinaciones biomecánicas los voluntarios menores de 35 años resultaron siempre más sensibles a todas las determinaciones, excepto en la elasticidad bruta, que resultó no significativa.

## CONCLUSIONES

El presente estudio permitió demostrar que es posible condicionar el comportamiento biomecánico de la piel a través de la superficie epidérmica. El tratamiento con la Emulsión Hidratante y la Mascarilla Facial de sales de La Capuchina del Balneario de Lanjarón demostró tener un efecto positivo sobre la emulsión epicutánea y las propiedades biomecánicas de la piel. Esto es, combate adecuadamente algunos de los principales síntomas del envejecimiento cutáneo.

Se sugiere además una relación directa de la actividad de los preparados dermatológicos con la mejora de las características de la piel humana *in vivo*:

1. Aumenta considerablemente la humectación cutánea. Esto es, se favorece la función barrera cutánea con la aplicación de la emulsión de capuchina.

2. En lo que respecta a las propiedades biomecánicas de la piel y la influencia de la máscara de capuchina, los resultados son significativos en su globalidad. La implantación del tratamiento origina:

- Una aumento de la resistencia de la piel a la succión (turgencia) del 22,7%.
- Aumenta considerablemente la elasticidad neta de la piel, que se cifra en un 9,9%.
- En referencia al módulo plástico/elástico de la viscoelasticidad cutánea, se desplaza discretamente hacia el primer parámetro (13,8%).

- La aplicación de la máscara facial disminuye considerablemente la fatiga cutánea ocasionada por succión reiterada. Esta disminución de la fatiga cutánea se cifra en el 8,9% respecto al valor basal.

Globalmente, la aplicación del tratamiento, normaliza la cantidad de sebo cutáneo, sin alterar a grandemente la ecología y función barrera cutánea, favoreciendo de forma clara las propiedades biomecánicas de la piel, especialmente los parámetros que se modifican por el paso del tiempo.

El empleo diario durante 28 días de la Emulsión Hidratante formulada con sales de La Capuchina mejora notablemente la humectación cutánea. Asimismo, la aplicación en días alternos durante 28 días de la Mascarilla Facial elaborada con las sales de La Capuchina mejora la distensibilidad cutánea, aumentando la turgencia y viscoelasticidad de la piel, lo que se traduce en una disminución considerable de la fatiga por estrés a la succión.

### **Agradecimientos.**

Esta investigación ha sido financiada por el Balneario de Lanjarón S.A. (BALSA, S.A.).

Agradecemos al Departamento de Medicina de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de la Coruña por facilitar el instrumental para poder desarrollar el trabajo.

### **BIBLIOGRAFIA**

1. Rawlings AV, Harding CR. Moisturization and skin barrier function. *Dermatol Ther.* 2004; 17 Suppl 1, 43-8.
2. Bouwstra JA, Ponc M. The skin barrier in healthy and diseased state. *Biochim Biophys Acta.* 2006; 1758(12), 2080-95.
3. Ryu HS, Joo YH, Kim SO, Park KC, Youn SW. Age and regional differences on skin elasticity. *Skin Research and Technology* 2008; 14: 354–358.
4. Piérard, G and the EEMCO Group, EEMCO guidance to the in vivo Assessment of tensile functional properties of the skin: Part 1, *Skin Pharmacol Appl Skin Physiol* 12:352-362, 1999.
5. Piérard GE, Mechanical properties of aged skin: Indentation and Elevation experiments, in JL Lévêque & P.Agache Eds. “Aging Skin”, Marcel Dekker Inc., Ch.5; 1993.
6. Welch WJ, Brown CR. Influence of molecular and chemical chaperones on protein folding. *Cell Stress Chaperones* 1. 1996;109-15.
7. Yancey PH, Clark ME, Hand SC, Bowlus RD, Somero GN. Living with water stress: evolution of osmolyte systems. *Science.* 1982;217: 1214-22.

8. Rosette C, Karin M. Ultraviolet light and osmotic stress: activation of the JNK cascade through multiple growth factor and cytokine receptors. *Science*. 1996;274:1194-7.
9. Degim Z, Celebi N, Sayan H, Babul A, Erdogan D, Take G. An investigation on skin wound healing in mice with taurine-chitosan gel formation. *Aminoacids*. 2002;22:187-98.
10. Patricia M. van Kemenade, Mark M. J. Houben, Jacques M. Huyghe and Lucien F. A. Douven: Do osmotic forces play a role in the uptake of water by human skin? *Skin Res Technol*. 2004; 10(2):109-12.
11. Wiedow O, Streit V, Christophers E, Stander M. Liberation of human leukocyte elastase by hypertonic saline baths in psoriasis. *Hautartz* 1989; 40: 518–522.
12. Yoshizawa Y, Tanojo H, Kim SJ, Maibach HI. Sea water or its components alter experimental irritant dermatitis in man. *Skin Res Technol*. 2001;7(1):36-9.
13. Levin CY, Maibach HI.: Do cool water or physiologic saline compresses enhance resolution of experimentally-induced irritant contact dermatitis? *Contact Dermatitis* 2001; 45(3):146-50.
14. Denda M, Fuziwarra S, Inoue K. Influx of calcium and chloride ions into epidermal keratinocytes regulates exocytosis of epidermal lamellar bodies and skin permeability barrier homeostasis. *J Invest Dermatol*. 2003; 121(2): 362-7.
15. Said L, Serup J, Rebel C. Epidermal calcium release (ECR) in vivo sampled with a simple washout chamber technique. *Skin Res Technol*. 2002; 8(4): 219-26.
16. Greiner J, Diezel W.: [La capacidad del magnesio para inhibir la reacción inflamatoria en las reacciones de dermatitis de contacto] *Hautarzt* 1990; 41(11):602-5.
17. Korting GW, Holzmann H, Morsches B: [Sobre las diferencias en el contenido de magnesio en los eritrocitos en pacientes con eczema endógeno e ictiosis vulgaris] *Arch Klin Exp Dermatol* 1967; 229:2, 126-30.
18. Hanada K, Akita N, Hashimoto I.: [Dermatitis por deficiencia de magnesio, cambios en el nivel de leucotrienos y efectos del cloruro de ofazelaestina sobre la dermatitis y leucotrienos B4] *Nippon Hifuka Gakkai Zasshi*, 1990; 100:7, 757-60.
19. Hanada K, Mitsuhashi Y, Hashimoto I.: Inhibitory effect of the leukotriene B4 receptor antagonist against hypomagnesian diet-induced dermatitis in hairless rats. *J Dermatol* 1992; 19(8):456-60.
20. Lowe NY, Breeding Y, Russel D. Cutaneous polyamines in psoriasis. *Br J Dermatol* 1982; 107: 21–26.



21. Shani J, Kushelevsky AP, Harari M, Even-Paz Z. Sustained decreased of blood pressure in psoriatic patients during treatment at the Dead Sea. *Pharmacol Res* 1995; 31: 355–359.
22. Fujita H, Hirao T, Takahashi M. A simple and non-invasive visualization for assessment of carbonylated protein in the stratum corneum. *Skin and Research and Technology* 2007; 13: 84-90.
23. Berardesca E. EEMCO guidance for the assessment of stratum corneum hydration: electrical methods. *Skin and Research and Technology* 1997; 3: 126-132..
24. Ambroisine L, Ezzedine K, Elfakir A, Gardinier S, Latreille J, Mauger E, Tenenhaus M, Guinot C. Relationships between visual and tactile features and biophysical parameters in human facial skin. *Skin and Research and Technology* 2007; 13: 173-186.
25. Dobrev H. Application of cutometer area parameters for study human fatigue. *Skin and Research and Technology* 2005; 11: 120-122.
26. Hashmi F, Malone-Lee J. Measurement of skin elasticity on the foot. *Skin and Research and Technology* 2007; 13: 252-258.
27. van Kemenade PM, Houben MM, Huyghe JM, Douven LF. Do osmotic forces play a role in the uptake of water by human skin. *Skin Res Technol.* 2004; 10(2) 109-12.
28. Levin J, Maibach H The correlation transepidermal water percutaneous absorption- overview. *J Control Release.* 2005 103(2) 291-9.
29. Uhoda E, Piérard GE. Irritation cutanée et vitesse de propagation d'ondes ultrasonores. *Int J Cosmet Sci.* 2003; 25(1-2): 31-5.
30. Rodrigues L and the EEMCO Group. EEMCO guidance to the in vivo Assessment of tensile functional properties of the skin: Part 2, *Skin Pharmacol Appl Skin Physiol*; 14: 52-67, 2001.
31. Rodrigues LM, Pinto PC. Análisis de la influencia del grado de hidratación de la epidermis en el comportamiento biomecánico de la piel in vivo. *Ars Pharmaceutica*, 45:1; 59-71, 2004.
32. Smalls LK, Randall Wickett R, Visscher MO. Effect of dermal thickness, tissue composition, and body site on skin biomechanical properties. *Skin Res Technol.* 2006; 12(1):43-9.
33. Dobrev HP. A study of human skin mechanical properties by means of Cutometer. *Folia Med (Plovdiv).* 2002; 44(3):5-10.
34. Dobrev H. Application of Cutometer area parameters for study human skin fatigue. *Skin Res Technol* 2005, 11 (2): 120-2.
35. Overgaard Olsen L. , Jemec G. B. E. , The Influence of Water, Glycerin, Paraffin Oil and Ethanol on Skin Mechanics. *Acta Derm. Venereol (Stochk)*, 1993; 73: 404-406.