



## Proyecto de Grado II

FACULTAD DE  
CIENCIAS  
NATURALES

### Estandarización de la metodología de evaluación del pH de la piel con la sonda pH meter 905 del equipo MPA 10 Courage

María Camila Giraldo Rodríguez, Silvana Martínez Rodríguez, Julián A. González y Álvaro Barrera.

*Programa de Química Farmacéutica, Departamento de Ciencias Farmacéuticas Universidad Icesi, Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia*

#### INFORMACION DEL ARTÍCULO

#### RESUMEN

#### PALABRAS CLAVES:

*pH, pH meter, foto tipos de piel, mediciones.*

Colombia es un país en desarrollo caracterizado por su diversidad, esto se debe a la multiplicidad de climas, flora y fauna que posee, dándole un gran atractivo potencial para industrias que se encuentren interesadas en el desarrollo de nuevos productos. Sin embargo, la falta de legislación y estudios frente a productos como los cosméticos está ocasionando que se presenten efectos adversos más comúnmente debido a sus usos<sup>1</sup>, por tal razón es de suma importancia establecer metodologías que permitan evaluar la eficacia y el beneficio de este tipo de productos.

El objetivo del proyecto es estandarizar una metodología para evaluar el pH de la piel, para esto se valoraron diferentes zonas del cuerpo humano (esternal, escapula superior, brazo, antebrazo, pantorrilla; y en el rostro la zona T y la zona U), comparándolas entre sí; también se comparó el comportamiento del pH de la piel entre géneros, los fototipos establecidos (II, III, V y VI), horarios, días y semanas de medición, con el fin de establecer las mejores condiciones para realizar los análisis. Con respecto a los resultados de los análisis estadísticos realizados, se presentaron diferencias significativas en variables como el género, fototipos, zonas anatómicas, días y semanas de mediciones; mientras que en el horario de medición (mañana, medio día y tarde) no se encontraron diferencias significativas. Estas diferencias podrían ser causadas por factores fisiológicos, hormonales, y exógenos.

## 1. INTRODUCCIÓN

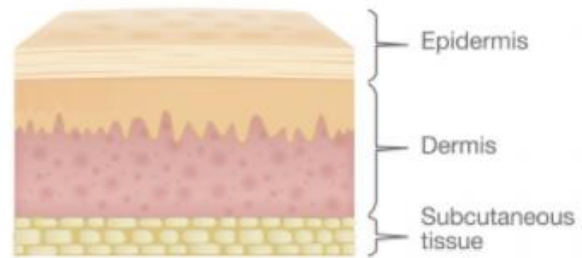
Debido a la gran demanda en el mercado cosmético, se han originado productos nuevos con el fin de mejorar o cuidar el aspecto de las personas. Un ejemplo de estos productos son aquellos que en su etiqueta poseen un pH específico, como por ejemplo algunas cremas, jabones y hasta desodorantes. Cada pH especificado les confiere efectos distintos sobre la piel humana, es por esto importante conocer el tipo de piel que se posee y así mismo evaluar que tan adecuados son algunos productos según los tipos de piel. La problemática se debe a la gran demanda del mercado cosmético y a la poca oferta de laboratorios a nivel nacional que prestan el servicio de evaluación de cosméticos.

Por lo anterior es necesario conocer los principios de los órganos a los que están destinados estos productos, en este proyecto se realizará la estandarización de una metodología de evaluación de pH de la piel y así se conocerán las diferencias en los valores de pH que puede poseer la piel humana, según los diferentes fototipos de piel, el género, las zonas del cuerpo y el horario de día.

### 1.1 La piel: componentes y sus funciones

La piel es el órgano más extenso del cuerpo. Es un órgano sensorial que posee múltiples funciones; indicar el estado de salud humana, evitar la pérdida de fluidos, actuar como barrera frente a agentes exógenos, mantener integrada la estructura humana y conservar la

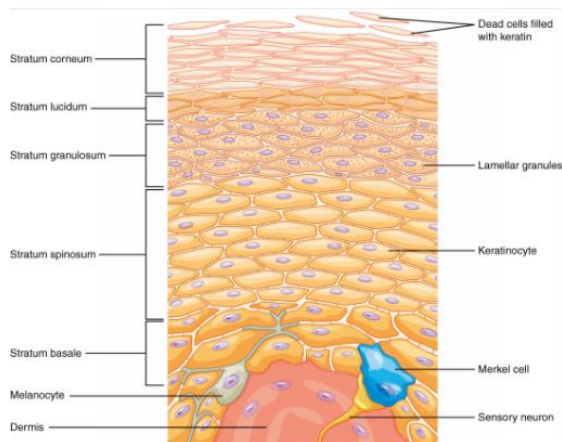
temperatura corporal<sup>2</sup>. Las funciones nombradas anteriormente se deben a las tres capas principales que componen la piel, la epidermis, la dermis y el tejido subcutáneo o hipodermis (ver figura 1). Cada una de estas capas tiene una función específica y además se compone de células diferentes según su función.



**Figura 1.** Capas de la piel<sup>3</sup>.

La epidermis es la capa más externa de la piel y funciona como una capa impermeable. Se compone de cinco capas (ver figura 2) y, al ser la capa más externa, se encuentra en constante actividad y contacto con el exterior, por lo que necesita renovarse constantemente. Este proceso de renovación inicia desde la capa más interna, la cual se conoce como el estrato basal y se compone de células de Merkel, encargadas de funcionar como receptores para la estimulación de los nervios sensoriales; de melanocitos, que se encargan de producir la melanina que se caracteriza por proveer el pigmento a la piel y cabello y funciona como barrera de protección para las células vivas del cuerpo ante la radiación ultravioleta; y de células precursoras de queratinocitos, las cuales son mitóticamente activas<sup>4</sup>. Sobre esta capa se encuentra el estrato espinoso, que es la capa que posee mayor cantidad de queratinocitos, los cuales se encargan de almacenar y producir la proteína queratina que provee dureza y resistencia ante agentes exógenos a

la piel. Los queratinocitos migran por las demás capas de la dermis, estrato granuloso, estrato lucido hasta que finalmente llegan al estrato corneo en forma de células anucleadas o escamosas que se desprenden constantemente de la piel siendo instantáneamente reemplazadas por otras<sup>5</sup>.



**Figura 2.** Capas de la epidermis <sup>5</sup>.

A continuación, está la dermis, que compone la mayor parte de la piel. Las células de esta zona sintetizan fibras de colágeno y elastina. El colágeno le confiere protección al cuerpo de daño mecánico y la elastina, por otro lado, mantiene la elasticidad de la piel <sup>6</sup>.

Finalmente se tiene la hipodermis, un órgano endocrino que varía su grosor según las diferentes zonas del cuerpo. Se compone de células grasas o lipocitos separados por grandes vasos sanguíneos y colágeno. Le proporciona flotabilidad al cuerpo y funciona como un almacén de energía <sup>7</sup>.

### 1.2 pH de la piel, diferencias y uso de cosméticos.

La barrera de pH se encuentra sobre el estrato corneo y es ampliamente conocida como

manto hidrolipídico. El pH puede variar entre 4.0 y 7.0, dependiendo de la zona anatómica, este pH ácido se debe a diversos componentes, principalmente el sudor y el sebo que secreta la piel mediante las glándulas sudoríparas y sebáceas respectivamente <sup>8</sup>. Sin embargo, hay otros factores que de igual manera contribuyen a la acidez del pH, como productos de las vías de ácidos grasos libres de fosfolípidos, protones de sodio, el ácido láctico producido por procesos metabólicos, el ácido urónico, y hasta ácidos grasos generados por lipasas de bacterias; es importante resaltar que la presencia de bacterias en la piel puede variar según las zonas del cuerpo <sup>9</sup>.

Inicialmente se creía que el manto hidrolipídico se comportaba únicamente como un mecanismo de defensa frente a organismos invasores, sin embargo, se ha demostrado que es una pieza clave en procesos que incluyen la síntesis y mantenimiento de una barrera de piel competente, así como procesos bioquímicos, pigmentación, homeostasis, el comportamiento de las células en la epidermis, tiene actividad buffer, entre otros<sup>10,11</sup>.

#### 1.2.1 Diferencias en el pH de la piel.

Teóricamente se encuentran rangos de valores de pH según las zonas del cuerpo. La tabla 1. Presenta algunos de estos rangos y las zonas establecidas según la literatura.

**Tabla 1.** Valores de pH obtenidos de las mediciones en diferentes zonas del cuerpo humano <sup>10,12</sup>.

Zona del cuerpo	pH de la superficie
Frente	4.0-5.5
Mejillas	4.0-5.5

<b>Nariz</b>	4.0-7.0
<b>Antebrazo</b>	5.4-5.9
<b>Brazo</b>	4.4-5.1

Aunque en estudios pasados se han reportado diferencias entre los valores de pH en los diferentes tipos de piel (razas), estas diferencias no han sido muy significativas por lo que se puede obtener rangos generales del pH. Sin embargo, no todos los estudios se han realizado teniendo en cuenta todos los tipos de razas, por lo que podrían variar los resultados <sup>13</sup>.

Otra variable importante es el género, en donde hay gran variación de los resultados obtenidos en diferentes estudios y que algunos muestran diferencias entre estos y otros no. Por lo cual todavía no es claro si hay o no hay una diferencia y así mismo las razones de estas <sup>13</sup>.

También, se pueden encontrar variables como la edad, en la cual no se han demostrado diferencias significativas, sino solamente en los neonatos (justo después del parto) debido al proceso de adaptación, y después de los 70 años debido a razones de envejecimiento <sup>14</sup>.

Finalmente se presentan factores como la variación genética que pueden generar cambios en la acides de pH, la presencia de patología y el uso de cosméticos o productos en la piel.

### 1.2.2 Uso de cosméticos.

El manto hidrolipídico es importante ya que un pH óptimo y una buena capacidad buffer, pueden determinar la estabilidad de un ingrediente activo y los excipientes, y además pueden aumentar la absorción de especies no ionizadas ácidas o básicas del ingrediente

activo. Asimismo, puede generar oportunidades para que se modifique o corrija el pH en la piel y por lo tanto acelerar la recuperación de la barrera y mantener o mejorar la integridad de la barrera. Sin embargo, así como el manto hidrolipídico puede afectar la absorción o estabilidad de cosméticos, podría suceder lo contrario. En donde los cosméticos pueden alterar su pH y así mismo sus funciones y la colonización bacteriana <sup>10</sup>.

### 1.3 Clasificación de la piel

La escala de Fitzpatrick es un sistema de clasificación que se utiliza para conocer el riesgo que posee una persona de padecer quemaduras de sol. Fue desarrollada por el Dr. Thomas Fitzpatrick en 1975. Según esta clasificación se pueden encontrar seis tipos de piel, que se clasifican en números romanos del I al VI. De acuerdo a su respuesta frente a la radiación UV, como se observa en la tabla 2 <sup>15</sup>.

Para realizar la clasificación se tienen en cuenta diferentes aspectos como lo son el color de ojos, cabello, además de la capacidad de la piel para quemarse o broncearse <sup>16</sup>.

**Tabla 2.** Escala de Fitzpatrick (FZ) según el fototipo de la piel<sup>16</sup>.

Fototipo de piel	Características
<b>FZ I : piel blanca</b>	siempre se quema, nunca se broncea
<b>FZ II: piel blanca</b>	siempre se quema, bronceado mínimo
<b>FZ III: piel blanca</b>	se quema mínimamente, se broncea moderada y gradualmente
<b>FZ IV: piel marrón claro</b>	quemaduras mínimamente, se broncea bien
<b>FZ V: piel marrón</b>	rara vez se quema, se broncea profundamente
<b>FZ VI: piel marrón oscuro / negro</b>	nunca se quema, se broncea profundamente

#### 1.4 Equipo de medición

Para realizar la medición del pH presente en el manto hidrolipídico se utilizó un electrodo plano de vidrio conectado a un medidor por voltaje. El equipo es un sistema MPA 10 (Multi Probe Adapter), con la sonda skin pH-meter PH 905 (Courage + Khazaja electronic GmbH, Alemania) adherida<sup>17</sup>.



**Figura 3.** Equipo MPA 10 Courage. Con nueve sondas acopladas<sup>17</sup>.

La sonda pH-meter 905 es una herramienta que permite medir el pH de la piel o el cuero cabelludo. Debido a que la mayoría de las sustancias que excreta la piel son de comportamiento acuoso la medición de pH con este equipo se puede realizar de manera

directa en la superficie de la piel. El valor de pH se determina debido a las concentraciones de iones de hidrogeno y de iones de hidróxido, que se encuentran en el medio.

Sin embargo, es importante resaltar que lo que se medirá con la sonda pH meter es un pH aparente de la piel ya que los hidrogeniones en esta capa no están en una solución pura, sino que pueden afectarse por otros factores incluyendo el agua aplicada en la superficie por el electrodo<sup>8</sup>.

La sonda consiste en un electrodo de referencia y un electrodo de medición, que se encuentra solo en contacto eléctrico con la piel sobre el diafragma para así igualar el potencial. El electrodo de medición se encuentra en contacto directo con la piel y se ubica en la membrana de vidrio; la cual se compone de sodio y litio. Cuando se presenta un valor de pH bajo los iones de hidrogeno libre pueblan la cuadrícula por lo que los iones de litio y sodio se ven obligados a moverse (subir) desplazándose hacia la zona interna de la membrana lo cual genera un potencial medible. Por otro lado, un pH alto en la concentración de iones hidrógenos en el electrodo de medición predomina por lo que el proceso es el contrario y el potencial surge con un signo algebraico diferente<sup>18</sup>.

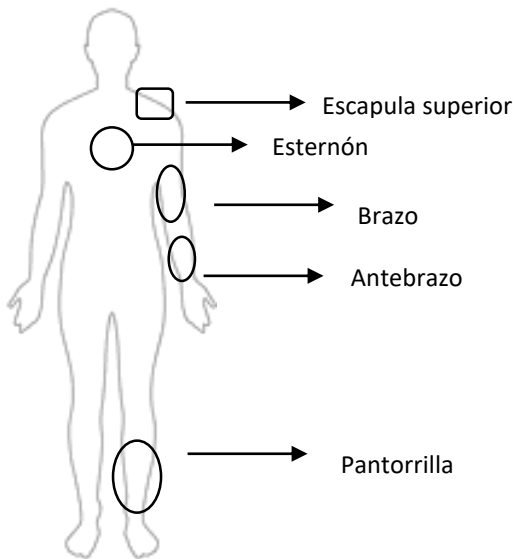
## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Equipos y materiales

- Sonda pHmeter 905
- Equipo MPA10
- Toallas desechables
- Sistema buffer (4.0 y 7.0)
- Agua destilada
- Cloruro de potasio
- Guantes de nitrilo

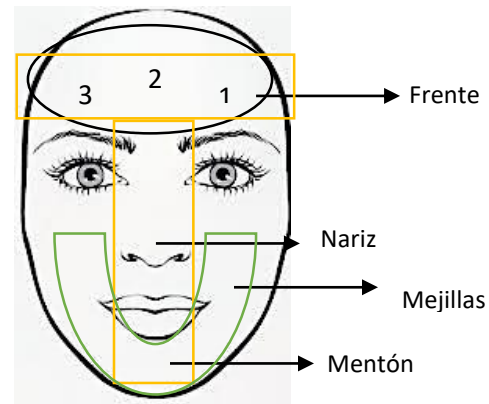
## 2.2 Generalidades

El estudio fue realizado con la finalidad de estandarizar la metodología de evaluación del pH en la piel. Inicialmente, se ejecutó una revisión bibliográfica con el objetivo de desarrollar un protocolo, el cual fue presentado al comité de ética de investigación en seres humanos para su debida aprobación, posteriormente se llevó a cabo la selección de 18 voluntarios con base a criterios de inclusión como la edad (18-50 años), el fototipo de piel (II, III, V y VI) y criterios de exclusión como la presencia de patologías cutáneas, tatuajes y cicatrices. Estos voluntarios se dividieron en nueve mujeres y nueve hombres, a su vez se clasificaron en cuatro fototipos de piel diferentes. Con la ayuda de la sonda pH meter 905 acoplada al equipo MPA 10 Courage se realizaron dos lecturas semanales, durante dos semanas en tres horarios diferentes (mañana, medio día y tarde). Estas mediciones se ejecutaron por triplicado sobre diversas zonas anatómicas; rostro (zona T y zona U), extremidades superiores e inferiores, esternón y escapula superior, como se muestra a continuación.



**Figura 4.** Ilustración de las zonas anatómicas del cuerpo en donde se realizaron las mediciones.

Aunque en la figura anterior no se puede apreciar bien la escapula superior, cabe resaltar que esta es un hueso plano de forma triangular que se encuentra en la parte superior y posterolateral del tórax <sup>19</sup>.



**Figura 5.** Ilustración de las zonas del rostro en donde se realizaron las mediciones.

Con el fin de obtener mayor variabilidad de datos y resultados robustos se escogieron fototipos de piel II-III y V-VI, con lecturas en diferentes horarios del día y zonas anatómicas.

## 2.2 Preparación de equipo y voluntarios

La metodología utilizada en el proyecto se basó en el cumplimiento del protocolo y consentimiento informado revisado y aprobado con antelación por parte del comité de ética de la universidad Icesi.

### 2.2.1 Preparación del equipo

Al realizar las mediciones, la sonda se encontraba en contacto directo con la piel, en posición vertical, manteniendo un ángulo de 90°. Es importante mencionar que la sonda

debía limpiarse con toallas desechables antes y durante las mediciones, ya que de esta manera se eliminaría el exceso de grasa que se pudiera adherir a la misma, además se consideró que lo más oportuno era realizar la limpieza con toallas de papel húmedas y no con agua ya que una gran cantidad de agua durante las mediciones podría generar lecturas erróneas del pH, debido a la cantidad de hidrogeniones en el medio que aporta el agua.

Por otro lado, para verificar el correcto funcionamiento de la sonda, antes de iniciar las mediciones y durante el cambio de los voluntarios se emplearon los buffers 4.0 y 7.0 para realizar la calibración.

### **2.2.2 Preparación de los voluntarios**

Para realizar la selección de los 18 voluntarios se tuvieron en cuenta los criterios de inclusión y exclusión expuestos anteriormente. El proceso de selección de los participantes a partir de estos criterios fue soportado por un dermatólogo, que a su vez determinó si la persona presentaba algún riesgo al participar en el estudio. A los voluntarios seleccionados se les informó sobre su participación en el estudio, la metodología a realizar, los riesgos y ya conociendo estos factores procedieron a firmar el consentimiento informado.

Posteriormente, en la toma de mediciones se tuvieron en cuenta las condiciones ambientales, por lo que al ingresar al laboratorio de Biofarmacia y Biocosmética los voluntarios debían permanecer 15 minutos en reposo, con el fin de climatizarse y alcanzar una temperatura corporal coherente con las condiciones ambientales del laboratorio (T: 22-24°C y HR: 40-60%).

### **2.3 Análisis de datos**

Se busca estudiar los comportamientos de los tratamientos de un factor mediante un análisis de varianza, el objetivo es saber si, los tratamientos presentan una diferencia significativa entre sí. Inicialmente se establece si el factor a estudiar es o no es un factor independiente, si lo es, lo que se busca es determinar si su variación durante el experimento tiene un efecto en la variable de respuesta la cual es una variable dependiente<sup>20</sup>.

Ya una vez decidido lo anterior debía, establecerse si la variable era cualitativa o cuantitativa; en el caso del pH, esta es una variable cuantitativa. Finalmente, ya con esto se decide hacer una prueba estadística de normalidad de los datos, la cual como resultado mostro que los datos tienen normalidad, por lo que se decide, para realizar las comparaciones entre las variables, realizar una prueba de ANOVA, seguido de un análisis comparativo de Fisher. En donde se compararon los géneros, los valores de las dos semanas de mediciones, los fototipos evaluados, la diferencia entre los días y horarios de medición y finalmente la diferencia entre las zonas anatómicas en donde se realizaron las mediciones.

## **3. RESULTADOS**

En el estudio participaron personas de ambos géneros ya que es un estudio preliminar en el que se quiere estandarizar una metodología para evaluar el pH. La selección inicial de voluntarios fue de 16 personas (8 hombres y 8 mujeres) en los cuales al finalizar la toma de lecturas se tuvo una deserción de una mujer, por tal razón el estudio se concluyó con 15 voluntarios (8 hombres y 7 mujeres).

Al finalizar las mediciones ninguno de los voluntarios presento alguna inconformidad o efecto adverso del proceso.

Inicialmente, se realizó una prueba de normalidad Ryan-Joiner, en la que se obtuvo como resultado un valor p de 0,010, lo cual confirma el cumplimiento de la hipótesis nula aplicada, es decir que existe normalidad en los datos. Posteriormente, se exponen las tablas que representan si hay o no diferencia significativa entre las variables estudiadas. Los resultados se obtuvieron por medio del programa estadístico Minitab versión 18, mediante la utilización de una prueba de comparación de parejas de Fisher.

**Tabla 3.** Relación de los pH's entre los fototipos evaluados.

Fototipo	Media	Agrupación
II	5,3067	A
III	5,2887	A
V	5,25166	B
VI	5,2261	B

Valor P: 0,000; Nivel de significancia: 0,05

**Tabla 4.** Relación de los pH's entre los géneros estudiados.

Genero	Media	Agrupación
Mujer	5,31388	A
Hombre	5,22889	B

Valor P: 0,000; Nivel de significancia: 0,05

**Tabla 5.** Relación de los pH's entre los horarios de medición.

Horario	Media	Agrupación
Mañana	5,2741	A
Medio día	5,27310	A
Tarde	5,2588	A

Valor P: 0,479; Nivel de significancia: 0,05

**Tabla 6.** Relación de los pH's entre los días de medición.

Día de medición	Media	Agrupación
día 2	5,3622	A
día 1	5,2940	B
día 3	5,2366	C
día 4	5,1694	D

Valor P: 0,000; Nivel de significancia: 0,05

**Tabla 7.** Relación de los pH's estudiados durante dos semanas.

Semana	Media	Agrupación
1	5,32643	A
2	5,20528	B

Valor P: 0,000; Nivel de significancia: 0,05

Como se pudo observar anteriormente, hay una diferencia significativa entre los géneros, por esta razón el análisis de las zonas anatómicas se realizó para mujeres y hombres de manera separada.

**Tabla 8.** Relación de los pH's entre las zonas anatómicas en las mujeres.

Zona anatómica	Media	Agrupación
mejilla derecha	5,5060	A
mejilla izquierda	5,4787	A
mentón	5,4411	A B
rostro 2	5,3719	B C
Escapula superior	5,3703	B C
rostro 3	5,3627	B C
nariz	5,2942	C D
rostro 1	5,2652	D E
Esternal	5,2050	E F
Brazo	5,1602	F
Antebrazo	5,1584	F
Pantorrilla	5,1398	F

Valor P: 0,000; Nivel de significancia: 0,05



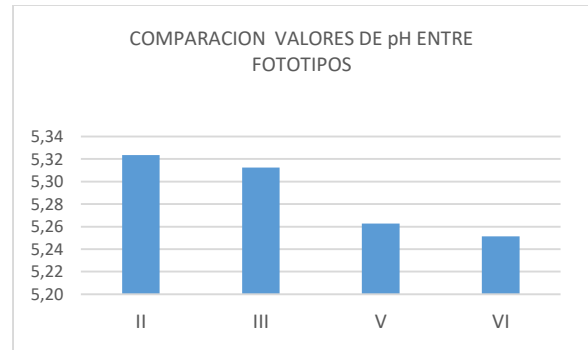
**Tabla 9.** Relación de los pH's entre las zonas anatómicas en los hombres.

Zona anatómica	Media	Agrupación
mejilla izquierda	5,4064	A
menton	5,3887	A
mejilla derecha	5,3546	A B
Escapula superior	5,3061	B C
rostro 3	5,2520	C D
rostro 2	5,2218	D
Brazo	5,2055	D E
Esternal	5,1862	D E
AnteBrazo	5,1848	D E F
rostro 1	5,1379	E F
nariz	5,0883	F
Pantorrilla	5,0033	G

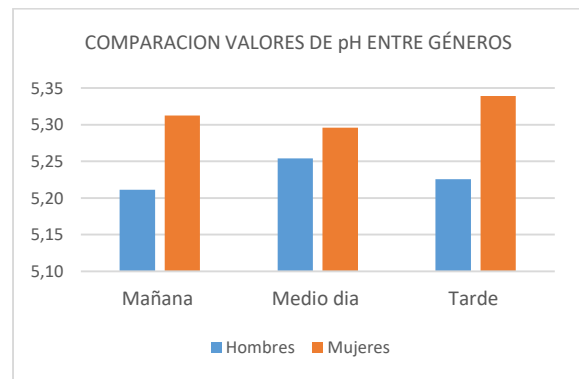
Valor P: 0,000; Nivel de significancia: 0,05

Con respecto a las mediciones realizadas, se observa que se presentó una diferencia entre algunas de las zonas anatómicas estudiadas, entre los géneros, algunos de los fototipos, y hasta las semanas de mediciones; por otro lado, no se encontró una diferencia significativa entre las medias de los horarios en los que se realizaron las mediciones.

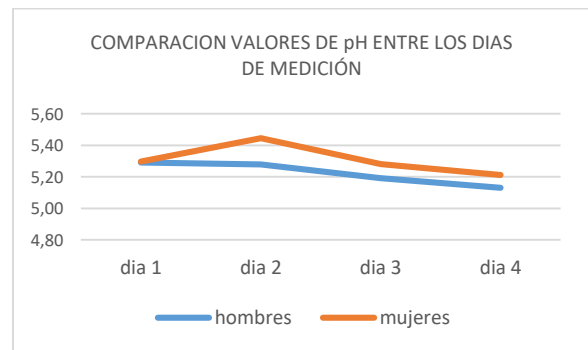
Los gráficos que se presentan a continuación, hacen promedio a los valores de pH obtenidos de todas las mediciones de voluntarios según las variables que se quieren estudiar. En el eje X se pueden observar las variables estudiadas las cuales cambian en los gráficos; Por otro lado, en el eje Y se muestran los valores de pH obtenidos según cada variable, es importante resaltar que este eje no cambia entre gráficos.



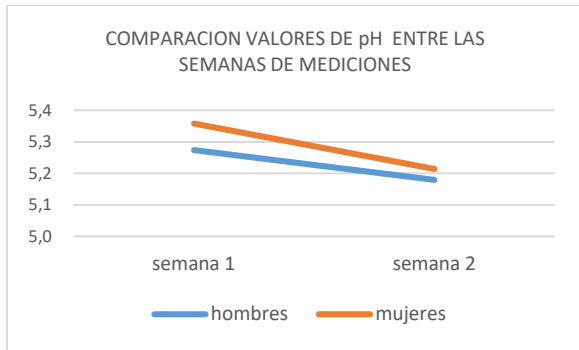
**Gráfico 1.** Comparación de los promedios obtenidos de las mediciones de pH entre los fototipos estudiados en ambos géneros.



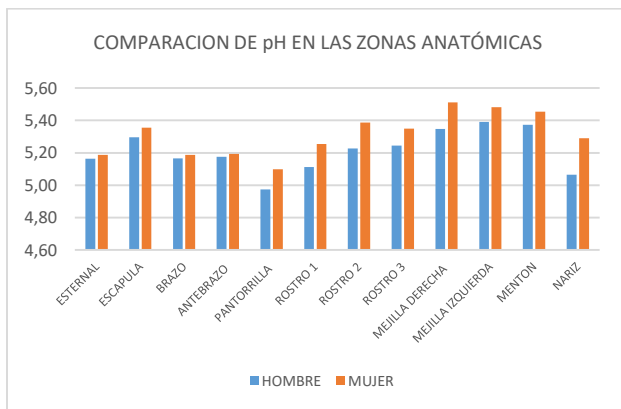
**Gráfico 2.** Comparación de los promedios obtenidos de las mediciones de pH entre género y horarios de medición.



**Gráfico 3.** Comparación de los promedios obtenidos de las mediciones de pH durante los cuatro días de mediciones.

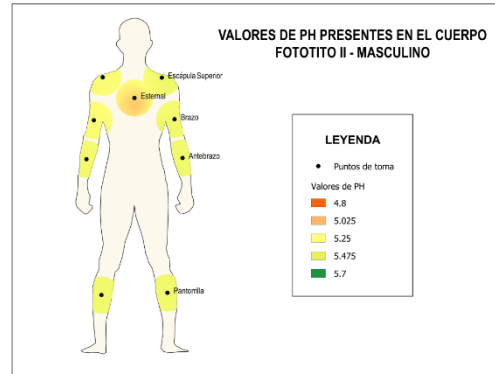


**Grafico 4.** Comparación de los promedios obtenidos de las mediciones de pH en las dos semanas de medición.

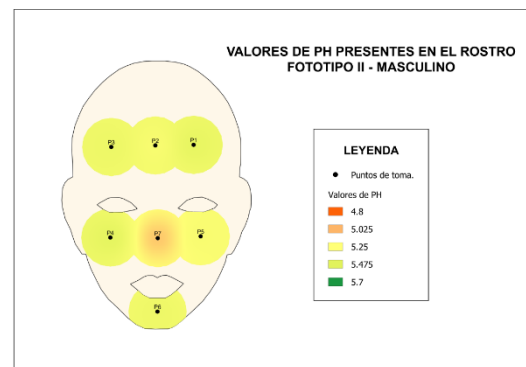


**Grafico 5.** Comparación de los promedios obtenidos de las mediciones en las distintas zonas anatómicas entre hombres y mujeres.

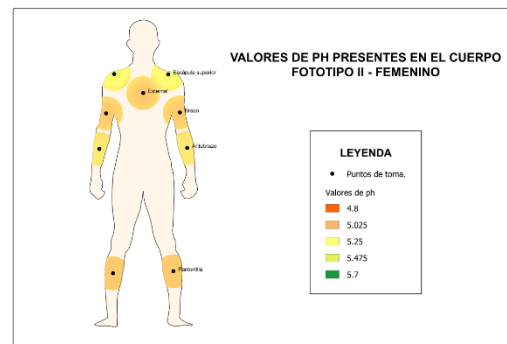
Finalmente, se demuestran a manera de ejemplo unas figuras, las cuales representan el comportamiento del pH según las zonas de piel estudiadas para cada fototipo de piel. Estos valores de pH se obtuvieron realizando un promedio de las mediciones realizadas a los voluntarios que participaron en el estudio para obtener un prototipo de comportamiento del pH según cada fototipo. Los colores representan los valores de pH establecidos al lado derecho de cada imagen, y se escogieron según la escala de color asignada al pH, en donde tonos rojo-naranja-amarillo representan pH's ácidos y colores de la gama azul-morado representan pH's básicos



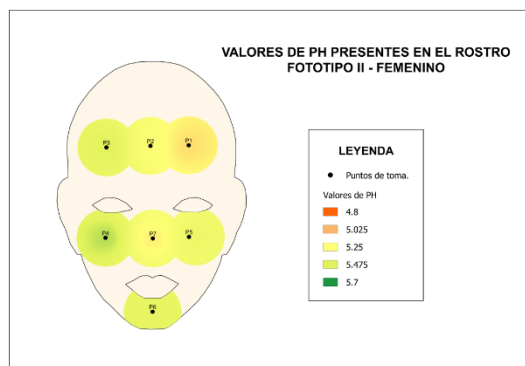
**Figura 6.** Representación comportamiento del pH en zonas del cuerpo, de hombres con fototipo II.



**Figura 7.** Representación comportamiento del pH en el rostro, de hombres con fototipo II.



**Figura 8.** Representación comportamiento del pH en zonas del cuerpo, de mujeres con fototipo II.



**Figura 9.** Representación comportamiento del pH en el rostro, de mujeres con fototipo II.

#### 4. DISCUSIÓN

Se evaluaron diferentes variables que fueron consideradas como las que podrían mostrar una variación del pH de la piel, entre estas se encuentra el fototipo de piel, el género, el horario de medición, día de medición, semana de medición y finalmente la zona anatómica. Entre las zonas anatómicas que se evaluaron en el estudio se encuentran las establecidas por las figuras 4 y 5. De esta manera se evaluó la diferencia que se presenta en los valores de pH en las variables antes mencionadas. En el estudio participaron voluntarios de ambos géneros, sin embargo, el análisis realizado para las zonas anatómicas se estableció de manera individual para cada uno. En cuanto a los criterios de inclusión se establecieron los mismos para todos los voluntarios ya que en estudios previos, no era claro si se podía encontrar o no una diferencia entre los valores de pH.

El fototipo de piel es una de las variables a considerar más importantes, ya que por medio de esta clasificación es posible evaluar el comportamiento de la piel. Así que, a través del análisis estadístico aplicado, se

lograron agrupar por medio de letras los cuatro fototipos evaluados (II-III-V-VI). Como se muestra en la tabla 4, aquellos que no comparten letra son significativamente diferentes, es decir, el fototipo II y III difieren totalmente de V y VI. Por otro lado, el gráfico 1 nos permite analizar los mismos resultados, representando los valores de pH relacionados con cada fototipo en donde II y III evidencian menor grado de acidez. Este comportamiento es posible explicarlo a partir de la actividad sebácea o por actividades exógenas. Es relevante mencionar que el sebo es una mezcla de lípidos compuesta por ácidos grasos, ésteres de glicerol, escualeno, cera y colesterol que le confieren acidez al medio (manto hidrolipídico) debido a la estructura molecular. El sebo permite lubricar la piel y es secretado por medio de las glándulas sebáceas, las cuales juegan un papel muy importante en la termorregulación y en el impedimento de la deshidratación. Según algunos estudios, la pérdida de agua transepidermal es mayor en pieles oscuras, así como la cantidad de capas celulares en el estrato córneo<sup>13</sup>.

Como se ha establecido anteriormente, no han sido claras las diferencias de los valores de pH entre géneros de individuos estudiados en investigaciones previas<sup>21</sup>, estas variaciones en los resultados pueden deberse a la metodología utilizada, por ejemplo: en investigaciones se reportaba el uso agua para realizar las mediciones; en algunos estudios se limpiaba la zona de medición removiéndose el estrato córneo; en otros solicitaban a los voluntarios que no se realizaran limpiezas en la piel hasta 12 horas antes llevar a cabo las mediciones<sup>21</sup>; en nuestro caso, aunque se buscaba encontrar la mejor metodología para realizar la evaluación del pH no se le limpió la piel a los voluntarios en ningún momento aunque en las primeras mediciones se agregó agua en el sitio de medición, se consideró importante

retirar el exceso de grasa que podía quedar en la sonda tras mediciones ya que generaba grandes variaciones en la toma de medidas, además, se le solicitó a los voluntarios durante todo el tiempo de mediciones que se bañaran o limpiaran la piel hasta mínimo 2 horas antes de la medición. De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 4 es evidente que hay una diferencia significativa en los valores obtenidos de las mediciones del pH durante este estudio. Si se observa el gráfico 2, los valores de pH de los hombres tienen un comportamiento más ácido que los valores de pH de las mujeres. Lo anterior podría deberse al mayor uso de cosméticos en mujeres que en hombres lo cual puede llegar a alterar los valores de pH correspondientes, por lo anterior es relevante mencionar que todas las mujeres del estudio utilizaban maquillaje, cremas y lociones, mientras que los hombres no lo hacían. Además, un valor con mayor acidez en hombres que mujeres puede deberse a que estos producen mayor cantidad de sebo que las mujeres, lo cual le proporciona un pH más ácido al manto hidrolipídico<sup>21</sup>.

Posteriormente, se realizaron los análisis correspondientes a los horarios, días y semanas de medición. Inicialmente se realizó el análisis estadístico para establecer si se presentaba una diferencia significativa en cuanto a los diferentes horarios en los que se realizó el estudio, mañana, mediodía y tarde. De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 5, no hay una diferencia significativa en los valores de pH para los diferentes horarios del día, y esto mismo se puede constatar en el gráfico 2, en donde se observa que la diferencia no es significativa ni para hombres ni para mujeres. Sin embargo, puede variar el horario del día en el que el pH presente un comportamiento más ácido.

La diferencia que se puede observar entre los días y las semanas se puede deber a que a

medida que se iban efectuando las mediciones se establecen las mejores condiciones para realizar las mismas. Por tal razón se puede observar que en el primer día los valores de medición son más ácidos que los del día dos y después se observa de nuevo una tendencia a la acidez. Durante las primeras mediciones, es decir día 1, se agregó agua destilada en el lugar de medición ya que, de acuerdo al manual de la sonda, está no podía permanecer seca, sin embargo, no era apropiado ya que para que se obtuviera un pH coherente y no solamente unos valores aparentes de pH, debido a los hidrogeniones que aportaba el agua, debía estandarizarse la cantidad de agua que se agregaba en cada zona para realizar el análisis. En las siguientes mediciones, se realizó algo diferente, en donde las mediciones se realizaron con la sonda seca, sin embargo, se percibió un patrón en donde el pH tendía a disminuir, esto debido a la cantidad de sebo que quedaba pegado en la membrana de vidrio que contiene el electrodo de medición de la sonda. Por tal razón, durante las siguientes semanas, se decidió que la mejor opción era limpiar la sonda con un paño húmedo, de esta manera no se iba a agregar una gran cantidad de hidrogeniones en el medio y las mediciones podrían ser consistentes.

Debido a lo anterior se entiende el por qué los resultados de las semanas también son diferentes, observándose que los valores de la semana 1 son menos ácidos que los de la semana 2. Sin embargo, cabe resaltar que durante la segunda semana de mediciones el equipo presentó una serie de fallas, lo cual retrasó el estudio más de lo esperado. Estas fallas ocasionaban que el equipo generara valores de pH atípicos como lo eran de cero o de 14.

La piel, aunque es un solo órgano, posee diferentes características morfológicas y

funcionales, lo que genera que las diversas zonas de la piel se comporten de maneras distintas. En estudios anteriores reportados por otros investigadores se observó particularmente un mayor valor de pH en áreas intertriginosas, como lo son las axilas, ingle y zona infra mamaria <sup>14</sup>, Estas zonas no se encuentran expuestas a la luz, ni al aire por lo que tienen un pH diferente al de las regiones anatómicas evaluadas en el presente estudio, que por el contrario están sometidas a situaciones agrestes, y su manto ácido está expuesto a generar cambios. Así que, al evaluar el gráfico 1 se logra evidenciar una gran similitud entre los promedios de las zonas identificadas, esto se debe a la igualdad de condiciones a las que se encuentran expuestas. Sin embargo, cabe resaltar que en la tabla 8 y 9 el denominado rostro 1 se encuentra totalmente excluido de la agrupación a la que pertenece rostro 2 y 3, esto gracias a que el rostro 1 segmentado en el hemisferio izquierdo presenta un pH con mayor carácter ácido <sup>22</sup>.

## 5. CONCLUSIONES

Las variaciones significativas del pH de la piel relacionado con los diferentes fototipos evaluados, se debe a la actividad sebácea que presentan los fototipos V y VI, ya que, al secretar mayor cantidad de sebo, la piel adquiere un carácter ácido gracias a la composición lipídica de este.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la comparación del pH del género, se puede observar una diferencia significativa en el pH presente, sin embargo, no es clara la razón de esta diferencia y se le atribuye a los hábitos cosméticos que poseen las mujeres que participaron durante el estudio.

En cuanto a los horarios, presentan poca variabilidad por lo que el pH podría valorarse

en cualquier momento del día y no se encontrara una diferencia significativa. Por otro lado, los días y semanas si presentan una diferencia significativa que puede deberse al cambio de estrategias que se estaban utilizando para realizar las mediciones.

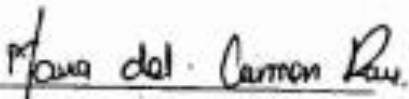
Las zonas anatómicas pueden presentar mayor variabilidad de valores de pH si se evalúan regiones que se encuentren sometidas a condiciones diferentes, es decir, aquellas zonas que experimentan frecuentemente contacto con el exterior tienen valores de pH menores en comparación con zonas intertriginosas

## 6. REFERENCIAS

1. ministerio de comercio, industria y turismo R. de C. *Colombia: El futuro de los cosmeticos.*
2. Kolarsick, Paul A. J. BS; Kolarsick, Maria Ann MSN, ARHP-C; Goodwin, Carolyn APRN-BC, F. J. of the D. N. A. *Anatomy and Physiology of the Skin | Epidermis | Skin.* Available at: <https://es.scribd.com/document/357179007/Anatomy-and-Physiology-of-the-Skin>. (Accessed: 2nd November 2018)
3. tim Newman. *Skin: Structure and function explained. MedicalNewsToday* Available at: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/320435.php>. (Accessed: 2nd November 2018)
4. Textbook Equity Edition. *Anatomy and Physiology Volume 2 of 3 - Textbook Equity Edition - Google Libros.* Available at: <https://books.google.com.co/books?id=XlxkBgAAQBAJ&pg=PA550&lpg=PA550&dq=anatomy+and+physiology.+oregon:+textbook+equity+Inc.&source=bl&ots=AWHxyz-WE&sig=5mvFC3gHdTZJV3ZufeR2y4J>

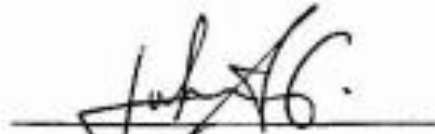
- qKAg&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwil7O\_Rw7beAhXuqFkKH7Y7ICfgQ6AEwBXoECAMQAQ#v=onep. (Accessed: 2nd November 2018)
5. Textbook Equity Edition. Anatomy and Physiology Volume 2 of 3 - Textbook Equity Edition - Google Libros.
  6. Kaim, K. & Hospital, G. *Anatomy of Skin and Physiology of Healing*.
  7. Kolarsick, Paul A. J. BS; Kolarsick, Maria Ann MSN, ARHP-C; Goodwin, Carolyn APRN-BC, F. J. of the D. N. A. Anatomy and Physiology of the Skin | Epidermis | Skin.
  8. Stefaniak, A. B. *et al.* International guidelines for the in vivo assessment of skin properties in non-clinical settings: Part 1. pH. *Ski. Res. Technol.* (2013). doi:10.1111/srt.12016
  9. Balsam MS, Gershion, S., MM Rieger, Sagarin, E. & J Stiaris. *Cosmetic, Science and Technology*. (1974).
  10. Surber, C., Abels, C. & Maibach, H. I. *pH of the skin : issues and challenges*.
  11. Farage, M. A., Hood, W., Berardesca, E. & Maibach, H. in 33–47 (2018). doi:10.1159/000489516
  12. Farage, M. A., Hood, W., Berardesca, E. & Maibach, H. in 33–47 (2018). doi:10.1159/000489516
  13. Darlenski, R. & Fluhr, J. W. Influence of skin type , race , sex , and anatomic location on epidermal barrier function. *Clin. Dermatol.* **30**, 269–273 (2012).
  14. Ali, S. M. & Yosipovitch, G. Skin pH : From Basic Science to Basic Skin Care. 261–267 (2013). doi:10.2340/00015555-1531
  15. Publications Pvt Ltd, M. *Fitzpatrick skin typing: Applications in dermatology*.
  16. Roberts, W. E. Skin Type Classification Systems Old and New. *Dermatol. Clin.* **27**, 529–533 (2009).
  17. Courage + Khazaka electronic GmbH. Courage - Khazaka Electronic, Köln - Courage - Khazaka Electronic, Köln. Available at: <https://www.courage-khazaka.de/index.php/en/component/content/article/59-english/products/scientific/128-mpa>. (Accessed: 2nd November 2018)
  18. Courage + Khazaka electronic GmbH. Courage - Khazaka Electronic, Köln - Courage - Khazaka Electronic, Köln.
  19. Descripción Cíngulo Escapular. Available at: <http://www.anatomiahumana.ucv.cl/efi/modulo2.html>. (Accessed: 2nd November 2018)
  20. usuario. *Comparaciones múltiples 3.1. Introducción*.
  21. Giacomoni, P. U., Mammone, T. & Teri, M. Gender-linked differences in human skin. *J. Dermatol. Sci.* **55**, 144–149 (2009).
  22. Lambers, H., Piessens, S., Bloem, A., Pronk, H. & Finkel, P. Natural skin surface pH is on average below 5, which is beneficial for its resident flora. *Int. J. Cosmet. Sci.* **28**, 359–370 (2006).

Aprobado por:




Maria del Carmen Rave

**Evaluadora**



(Julian A. Gonzalez)

**Tutor del proyecto**



(Alvaro Barrera)

**Co-tutor del proyecto**