

# Morfología de la Piel de los Salmónidos

## Morphological Characteristics of Salmonid Skin

Mariana Rojas<sup>1</sup>; Ingrid Romero<sup>2</sup> & Francisca Unda<sup>3</sup>

---

**ROJAS, M.; ROMERO, I. & UNDA, F.** Morfología de la piel de los salmónidos. *J. health med. sci.*, 4(2):131-134, 2018.

**RESUMEN:** La piel de los peces es la primera línea de defensa contra la invasión de patógenos ambientales acuáticos. El moco producido por las células secretoras de la epidermis evita la colonización de agentes infecciosos capturando partículas extrañas, bacterias y virus, que luego son removidos por el agua circundante. La presencia de moco representa una adaptación evolutiva al medio acuático, ya que está poblado por diferentes especies bacterianas que pueden ser comensales u oportunistas, y que desempeñan un papel clave en el desarrollo del sistema inmune del huésped. La piel no solo tiene la propiedad de autoregenerarse, sino también interviene y gatilla la formación de rayos óseos o lepidotriquias en las aletas. El objetivo de este trabajo fue analizar la bioestructura de la piel de salmones, para facilitar la evaluación de vacunas y tratamientos contra parásitos.

**PALABRAS CLAVES:** piel, epidermis, células secretoras, moco.

---

## INTRODUCCIÓN

El medio acuático es muy rico en organismos patógenos, por lo tanto, la piel de los peces es la primera línea de defensa contra la invasión de patógenos ambientales. Corresponde a la envoltura que separa y protege al pez de su entorno, sus componentes pueden ser importantes en la protección, comunicación, percepción sensorial, locomoción, respiración, regulación iónica, excreción y regulación térmica (Whitewar, 1986; Jensen, 2015).

La piel está formada por epidermis, dermis y una capa externa de moco. La epidermis es un derivado ectodérmico formada por un epitelio estratificado plano, que varía en grosor de aproximadamente 3 a 20 capas celulares (Ferguson, 1989). El espesor de la epidermis es mayor en la cabeza y aletas, donde no hay escamas. La dermis está compuesta por dos capas, la primera de ellas comprende una red de colágeno y fibras de reticulina con células pigmentarias, la segunda capa está formada por una matriz densa de fibras colágenas. Las escamas son placas acelulares de origen dérmico y están compuestas de una matriz mineralizada ancladas en bolsillos dérmicos (Meruane & Rojas, 2012).

Características generales de la epidermis de los peces. En peces adultos la epidermis está compuesta de un estrato superficial, un estrato intermedio y un estrato basal. El estrato superficial está compuesto de una capa de células, cubierta por una abundante cantidad de mucina, la cual protege del roce y del ataque de bacterias, hongos y parásitos. El estrato intermedio está compuesto de una capa variable de células poligonales que incluye células secretoras de moco y células indiferenciadas que sirven de reserva ya que se dividen cuando es necesario. La tercera región en profundidad de la epidermis es la capa basal, cuya función es anclar el epitelio a la membrana basal. Durante el desarrollo estas células cumplen funciones adicionales, tales como, producción precoz del colágeno dérmico e interactuar con el mesénquima subyacente para el desarrollo de las escamas (Meruane & Rojas).

Las células muertas se desprenden regularmente de la superficie epidérmica, las cuales, son reemplazadas por células vivas. La epidermis tiene varias capas celulares y presenta mitosis en todas ellas. El número de capas varía según la especie, según la re-

<sup>1</sup>Programa de Anatomía y Biología del Desarrollo, Laboratorio de Embriología Comparada, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

<sup>2</sup>Programa de Doctorado en Ciencias Morfológicas, Facultad de Medicina, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

<sup>3</sup>Escuela de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales, Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

gión del cuerpo, edad, sexo, y momento del ciclo del pez. Las células cambian dependiendo de su posición en la epidermis. Las células basales son cuboidales o columnares, mientras que las células superficiales a menudo son planas. Las células superficiales también presentan microcrestas, que forman patrones parecidos a huellas dactilares, ayudando a mantener secreciones mucosas en la superficie de la piel. Además, las células epiteliales superficiales son capaces de migrar rápidamente y cubrir las heridas después del daño mecánico (Bullock *et al.*, 1978; Elliott & Elliot, 2010).

La epidermis de los peces, está completamente cubierta por moco. Tanto la composición como la estructura y el grosor de la capa de moco, puede variar dependiendo del lugar del cuerpo y de las condiciones fisiológicas, inmunológicas o ambientales. El moco es producido por las células secretoras de moco que se encuentran en la epidermis (Fig. 1) y contienen diversos factores inmunes humorales contra la infiltración de patógenos, incluyendo inmunoglobulinas, factores del complemento, proteína C reactiva, lectinas, lisozima, enzimas proteolíticas, péptidos antimicrobianos, fosfatasas y esterases en *Paralichthys olivaceus* (Palaksha *et al.*, 2008; Esteban, 2012).

El moco es secretado y reemplazado continuamente. Esto evita la colonización por potenciales agentes infecciosos; además, es considerado como el más significativo de los mecanismos innatos de defensa inmune presentes en las superficies mucosas de la piel (Esteban). Las principales moléculas presentes en el moco son de alto peso molecular y glucoproteínas altamente glicosiladas llamadas mucinas. De hecho, las mucinas actúan como barrera mecánica al servir como filtros para patógenos (Roussel & Delmotte, 2004).

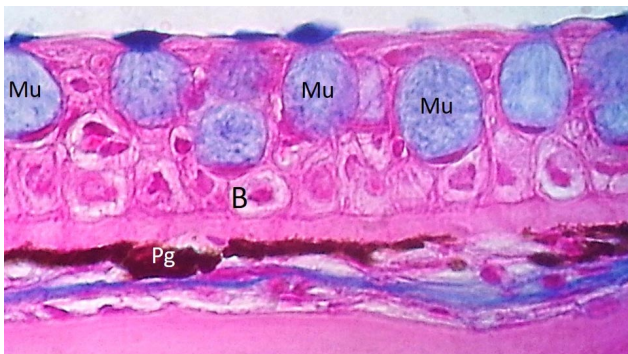


Fig. 1. Larva o alevín de salmón (*Salmo salar*) sin saco vitelino. Células secretoras de moco (Mu), células basales (B) sobre una membrana basal. Bajo la membrana basal se observan células pigmentarias (Pg). Tinción HE - azul de Alcian, 1000X.

La capa de moco como barrera contra patógenos. El gel de moco que cubre las células epiteliales vivas, es continuamente secretado y reemplazado, lo que evita la colonización de agentes infecciosos. Este moco captura partículas extrañas, bacterias y virus, que luego son removidos por el agua circundante. Debido a este efecto los patógenos se inmovilizan antes de que puedan adherirse o hacer contacto con las células epiteliales. El moco requiere tener una viscoelasticidad bien regulada, que se controla por hidratación. Si el moco es ligeramente más hidratado, el fluido podría tener una viscoelasticidad marcadamente inferior y sería fácilmente penetrable por las bacterias móviles (Jensen).

La presencia de moco representa una adaptación evolutiva al medio acuático. El moco está poblado por diferentes especies bacterianas que pueden ser comensales u oportunistas, y que desempeñan un papel clave en el desarrollo del sistema inmune del huésped (Xu *et al.*, 2013). La capacidad de los peces para mantener un equilibrio saludable entre las bacterias comensales y las oportunistas, es un factor clave para preservar su salud (Gómez & Balcázar, 2007).

El moco de los peces contiene péptidos antimicrobianos también llamados péptidos de defensa del huésped (AMP). Estos péptidos son moléculas de aminoácidos de cadena corta cargadas positivamente involucradas en la defensa del huésped. Su valor en la inmunidad innata reside en su capacidad para funcionar sin especificidad ni memoria. En la piel de los peces, se han encontrado varios AMPs como hiposina, piscidina, pleurocidina, parasin, defensina y hepcidina (Najafian & Babji, 2012). Son antimicrobianos potentes y de amplio espectro con poca o ninguna toxicidad para las células huésped. Además, inhiben la síntesis de ADN, ARN y proteínas. En la piel, los AMPs previenen la colonización por patógenos, y se producen y almacenan en gránulos de células fagocíticas, donde matan directamente a los patógenos fagocitados. También están implicados en la neutralización de endotoxinas, quimiotaxis de leucocitos, inmunomodulación, angiogénesis, metabolismo de hierro y reparación de heridas.

La lisozima es una enzima bactericida que presenta actividad lítica contra bacterias gram positivas y gram negativas. Se comporta como una opsonina (moléculas que actúan como potenciadores de la unión para el proceso de fagocitosis) y activa el sistema del complemento y las células fagocíticas, las cuales contribuyen colectivamente a la defensa del huésped contra la infección bacteriana. Se ha demostrado que la actividad de la lisozima varía significativamente dependen-



Fig. 2. Aleta caudal de larva o alevín (*Salmo salar*) sin saco vitelino. Se observa epitelio de revestimiento (E) y a continuación rayos óseos o lepidotriquias (R). En la zona interrayos (I) se observa tejido conectivo laxo. Tinción HE - azul de Alcian, 400X

do de muchas propiedades ambientales, tales como, la estación, el fotoperíodo, la temperatura del agua, el pH y las toxinas. La actividad también varía según sus propiedades intrínsecas del pez, incluyendo el sexo, la edad, el tamaño, las infecciones y los factores de estrés (Subramanian *et al.*, 2007; Saurabh & Sahoo, 2008).

El equilibrio saludable de la microbiota puede verse alterado por factores de perturbación como el estrés o los antibióticos. Los eventos estresantes incluyen redes, clasificación y transporte (Iversen *et al.*, 2009). Todas estas prácticas podrían reducir la biodiversidad bacteriana, promoviendo la proliferación de bacterias oportunistas (Jones *et al.*, 2014; Tomasello *et al.*, 2016). Estudios recientes sobre los taxones bacterianos que viven en las superficies mucosa de la piel de los peces informaron un cambio en el microbioma como consecuencia de la exposición a estrés prolongado, lo que aumenta el crecimiento de bacterias potencialmente patógenas (Boutin *et al.*, 2013; Carlson *et al.*, 2015).

El espesor del moco está determinado por el equilibrio entre la velocidad de secreción y la velocidad de degradación y desprendimiento. Las sustancias tóxicas e irritantes pueden estimular la secreción mucosa, aumentando el espesor del moco. De manera similar, muchos agentes infecciosos pueden modular el espesor, o alterar la consistencia de la capa mucosa. Este efecto es particularmente evidente en infecciones parasitarias. Se sabe que una capa de moco es segregada por célu-

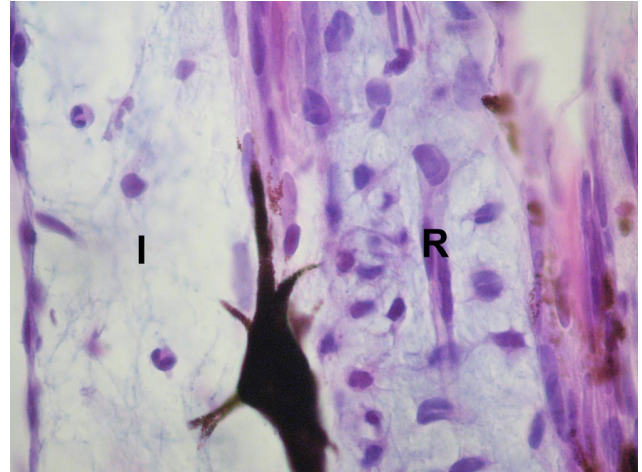


Fig. 3. Aleta caudal de larva o alevín (*Salmo salar*) sin saco vitelino. La aleta caudal presenta el blastema de un rayo óseo (R) y una zona interrayo (I). La célula estrellada corresponde a melanomacrófago. Tinción HE - azul de Alcian, 1000X.

las secretoras, inmediatamente después del primer contacto con patógenos. Se han demostrado claras diferencias en la susceptibilidad entre las especies. Fast *et al.* (2002) midieron varios parámetros humorales no específicos en la trucha arcoiris, el salmón coho y el salmón del Atlántico y encontraron que este último tenía la actividad más baja de la lisozima y proteasa mucosas, la epidermis más delgada y la distribución más escasa de las células mucosas.

La piel de las aletas presenta un rol importante en la regeneración de ellas. Las aletas tienen la capacidad de regenerarse completamente si estas son amputadas (Marí-Beffa & Murciano, 2010; Rolland-Lagan *et al.*, 2012). La piel puede formar los distintos tipos celulares (células basales, células secretoras de moco y células de sostén) (Fig. 2); además, puede formar otras estructuras como son las lepidotriquias o (rayos de las aletas). Las aletas están constituidas por rayos e interrayos (Becerra *et al.*, 1983) se encuentran revestidas por un epitelio de revestimiento pluriestratificado constituido por una capa de células basales, (pluripotentes) células intermedias y superficiales con muchas células secretoras de moco ricas en GAGs. Entre el epitelio y mesénquima se evidencia una membrana basal. Este epitelio se invagina formando columnas donde se forman las lepidotriquias o rayos. La formación de las lepidotriquias se inicia, por lo tanto, en contacto con la epidermis y alcanza al interior de la dermis (Rojas *et al.*, 2015). Entre las lepidotriquias se encuentran los interrayos formados por mesénquima laxo (Fig. 3).

## CONCLUSIONES

El salmón y los peces en general presentan características tisulares que le permiten estar protegidos frente a las distintas noxas. La piel tiene células secretoras de moco con antimicrobianos potentes y de amplio espectro sin toxicidad para las células huésped. En los peces, se puede regenerar a diferencia de los mamíferos que cicatrizan después de una injuria. La piel de las aletas tiene la capacidad de formar varios tipos celulares y generar una aleta completa.

**ROJAS, M.; ROMERO, I. & UNDA, F.** Morphological characteristics of salmonid skin. *J. health med. sci.*, 4(2):131-134, 2018.

**ABSTRACT:** The fish skin is the first line of defense against the invasion of aquatic environmental pathogens. The mucus produced by the secretory cells of the epidermis prevents the colonization of infectious agents by capturing foreign particles, bacteria and viruses, which are then removed by the surrounding water. The presence of mucus represents an evolutionary adaptation to the aquatic environment, since it is populated by different bacterial species that can be commensal or opportunistic, and that play a key role in the host's immune system development. The skin not only has the property of self-regeneration, but also intervenes and triggers the formation of bony rays or lepidotriquis in the fins. The aim of this work was to analyze the salmon skin bio-structure, to facilitate the evaluation of vaccines and treatments against parasites.

**KEY WORDS:** skin, epidermis, secretory cells, mucus.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Esteban, M. A. An overview of the immunological defenses in fish skin. *ISRN immunology*, 2012:29, 2012.
- Becerra, J.; Montes, G. S.; Bexiga, S. R. & Junqueira, L. C. Structure of the tail fin in teleosts. *Cell Tissue Res.*, 230(1):127-37, 1983.
- Boutin, S.; Bernatchez, L.; Audet, C. & Derôme, N. Network analysis highlights complex interactions between pathogen, host and commensal microbiota. *PLoS One*, 8(12):e84772, 2013.
- Bullock, A. M.; Marks, R. & Roberts, R. J. The cell kinetics of teleost fish epidermis: Epidermal mitotic activity in relation to wound healing at varying temperatures in plaice (*Pleuronectes platessa*). *J. Zool.*, 185(2):197-204, 1978.
- Carlson, J. M.; Hyde, E. R.; Petrosino, J. F.; Manage, A. B. & Primm, T. P. The host effects of *Gambusia affinis* with an antibiotic-disrupted microbiome. *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol.*, 178:163-8, 2015.
- Elliott J. M. & Elliott J. A. Temperature requirements of Atlantic salmon *Salmo salar*, brown trout *Salmo trutta* and Arctic charr *Salvelinus alpinus*: predicting the effects of climate change. *J. Fish Biology*, 77(8):1793-817, 2011.
- Fast, M. D.; Ross, N. W.; Mustafa, A.; Sims, D. E.; Johnson, S. C.; Conboy, G. A.; Speare, D. J.; Johnson, G. & Burka, J. F. Susceptibility of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, Atlantic salmon *Salmo salar* and coho salmon *Oncorhynchus kisutch* to experimental infection with sea lice *Lepeophtheirus salmonis*. *Dis. Aquat. Org.*, 52(1):57-68, 2002.
- Ferguson, H. W. *Systemic pathology of fish: A text and atlas of comparative tissue responses in diseases of teleosts*. Ames, Iowa State University Press, 1989. pp43-63.
- Gómez, G. D. & Balcázar, J. L. A review on the interactions between gut microbiota and innate immunity of fish. *FEMS Immunol. Med. Microbiol.*, 52(2):145-54, 2007.
- Iversen, M.; Eliassen, R. A. & Finstad, B. Potential benefit of clove oil sedation on animal welfare during salmon smolt, *Salmo salar* L. transport and transfer to sea. *Aquacult. Res.*, 40(2):233-41, 2009.
- Jensen, L. *Nutritional and environmental impacts on skin and mucus condition in Atlantic salmon (Salmo salar L)*. Thesis to obtain the degree of Philosophiae Doctor (PhD), Bergen, University of Bergen, 2015.
- Jones, M. L., Martoni, C. J., Ganopolsky, J. G., Labbé, A., & Prakash, S. The human microbiome and bile acid metabolism: dysbiosis, dysmetabolism, disease and intervention. *Expert. Opin. Biol. Ther.*, 14(4):467-82, 2014.
- Mari-Beffa, M. & Murciano, C. Dermal skeleton morphogenesis in zebrafish fins. *Dev. Dyn.*, 239(11):2779-94, 2010.
- Meruane, M. & Rojas, M. Desarrollo de la piel y sus anexos en vertebrados. *Int. J. Morphol.*, 30(4):1422-33, 2012.
- Najafian, L. & Babji, A. S. A review of fish-derived antioxidant and antimicrobial peptides: their production, assessment, and applications. *Peptides*, 33(1):178-85, 2012.
- Palaksha, K. J.; Shin, G. W.; Kim, Y. R. & Jung, T. S. Evaluation of non-specific immune components from the skin mucus of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Fish Shellfish Immunol.*, 24(4):479-88, 2008.
- Rojas, M.; Pellón, M. & del Sol, M. Desarrollo de la aleta caudal del salmón (*Salmo salar*). *Int. J. Morphol.*, 33(2):514-21, 2015.
- Rolland-Lagan, A. G.; Paquette, M.; Tweedle, V. & Akimenko, M. A. Morphogen-based simulation model of ray growth and joint patterning during fin development and regeneration. *Development*, 139(6):1188-97, 2012.
- Roussel, P. & Delmotte, P. The diversity of epithelial secreted mucins. *Curr. Org. Chem.*, 8(5):413-37, 2004.
- Saurabh, S. & Sahoo, P. K. Lysozyme: an important defence molecule of fish innate immune system. *Aquacult. Res.*, 39(3):223-39, 2008.
- Subramanian, S.; Mackinnon, S. L. & Ross, N. W. A comparative study on innate immune parameters in the epidermal mucus of various fish species. *Comp. Biochem. Physiol. B Biochem Mol. Biol.*, 148(3):256-63, 2007.
- Tomasello, G.; Mazzola, M.; Leone, A.; Sinagra, E.; Zummo, G.; Farina, F.; Damiani, P.; Cappello, F.; Gerges Geagea, A.; Jurjus, A.; Bou Assi, T.; Messina, M. & Carini, F. Nutrition, oxidative stress and intestinal dysbiosis: Influence of diet on gut microbiota in inflammatory bowel diseases. *Biomed. Pap. Med. Fac. Univ. Palacky Olomouc Czech Repub.* 4(4):461-6, 2016.
- Xu, Z.; Parra, D.; Gómez, D.; Salinas, I.; Zhang, Y. A.; von Gersdorff Jørgensen, L. & Sunyer, J. O. Teleost skin, an ancient mucosal surface that elicits gut-like immune responses. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A.*, 110(32):13097-102, 2013.
- Whitear, M. *Epidermis*. In: Bereiter-Hahn, J.; Matoltsy, A. G. & Richards, K. S. (Eds.). *Biology of the Integument*. Berlin, Springer, 1986. pp. 8-38.

Dirección para correspondencia:  
Dra. Mariana Rojas  
Programa de Anatomía y Biología del Desarrollo  
Laboratorio de Embriología Comparada  
Facultad de Medicina - Universidad de Chile  
Santiago - CHILE

Email: mrojasr@u.uchile.cl

Recibido : 27-02-2018  
Aceptado: 16-03-2018