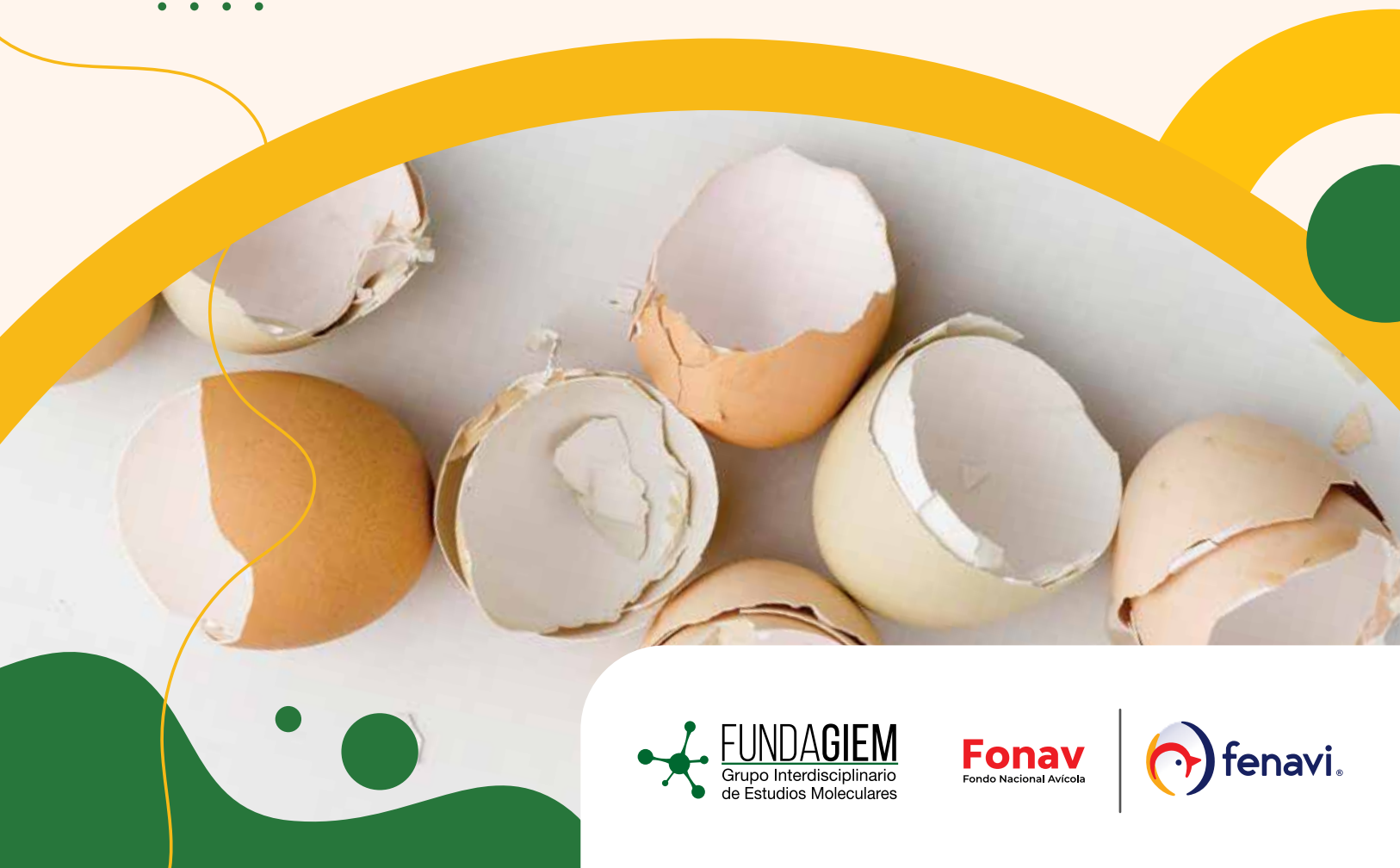




CARACTERIZACIÓN
Y VALORACIÓN DE

CÁSCARA DE HUEVO

EN EL SECTOR AVÍCOLA



FUNDAGIEM
Grupo Interdisciplinario
de Estudios Moleculares

Fonav
Fondo Nacional Avícola



¡ESTAMOS TRANSFORMANDO

la manera de conectarnos contigo!

Síguenos en nuestras nuevas redes oficiales.



@Fenavicolombia



@Fenavicolombia



@Fenavicolombia



@Fenavi



@Fenavicolombia



Fonav
Fondo Nacional Avícola





CARACTERIZACIÓN
Y VALORACIÓN DE

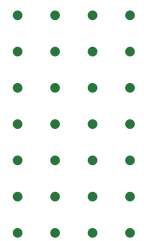
CÁSCARA DE HUEVO

EN EL SECTOR AVÍCOLA



www.fenavi.org

©2025





Caracterización y valoración de **cáscara de huevo** en el sector avícola

**Federación Nacional de
Avicultores de Colombia**
Fondo Nacional Avícola

PRESIDENTE EJECUTIVO
DE FENAVI
Gonzalo Moreno Gómez

DIRECTOR PROGRAMA SOSTENIBILIDAD
Carlos Duque

Revisión y validación FENAVI

COORDINADORA DE SOSTENIBILIDAD
Stefanía Escobar

LÍDER AMBIENTAL
Mónica Sánchez Quitian

AUTORES, TEXTOS Y FOTOGRAFÍAS
Diego Londoño Arango
Carlos Peláez-Jaramillo
Nora Restrepo-Sánchez*
Zulma Silva Salamanca
John Uribe Vanegas†

FILIACIÓN
Fundación de apoyo a la Investigación en el
Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares,
Heliconia, Antioquia, Colombia.

Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares,
Instituto de Química, Facultad de Ciencias
Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia,
Calle 70 No 52-21, Medellín, Colombia.

*Autor de correspondencia:
neugenia.restrepo@udea.edu.co

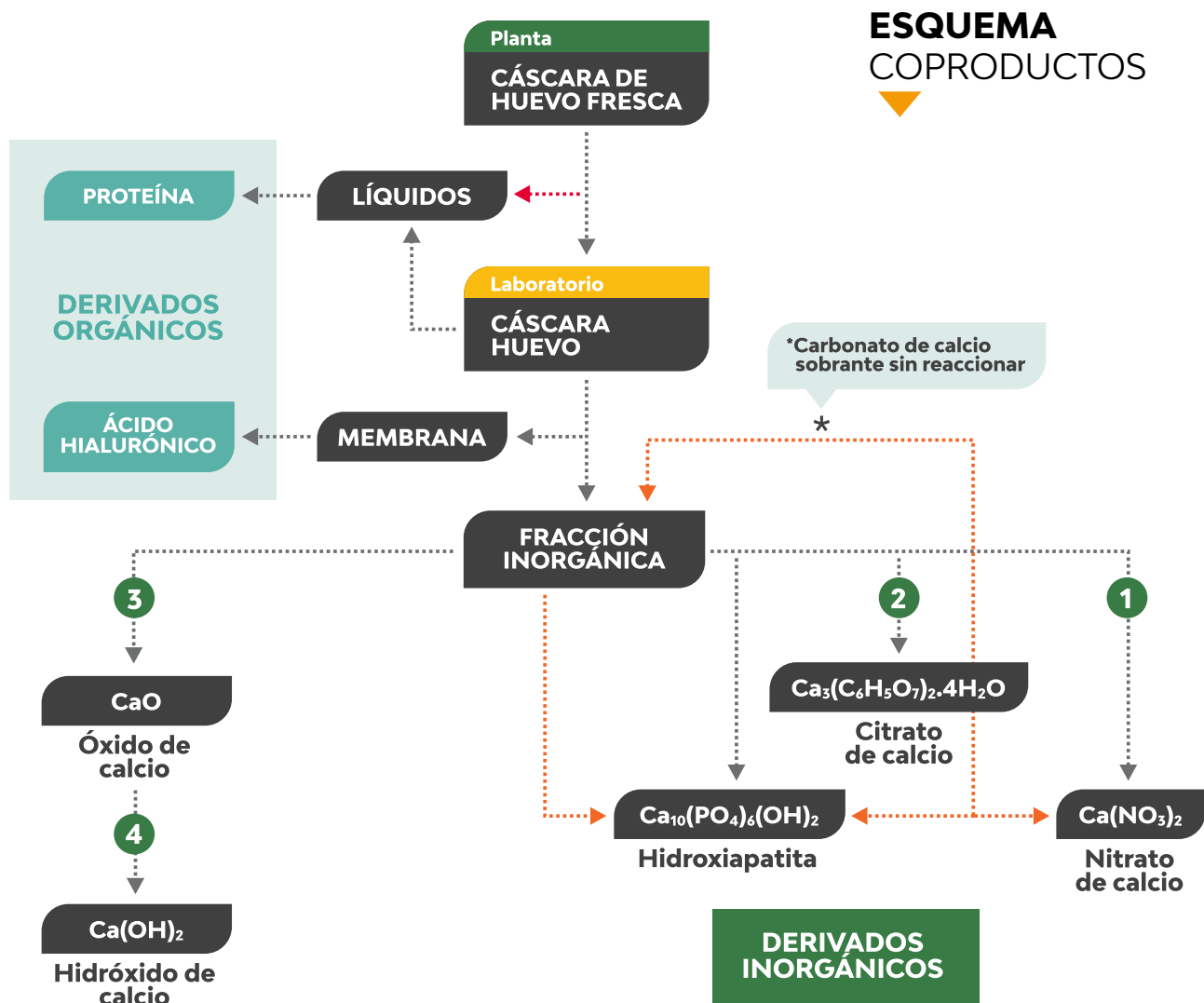
Bogotá, Colombia

©2025





Contexto



La cáscara residual resultante de la producción de huevo de incubación y del procesamiento en las plantas de ovoproductos para obtención de huevo líquido, representa grandes retos por su manejo ambiental en un marco de viabilidad financiera. En la actualidad, en Colombia, así como en la mayoría de países estos residuos son incorporados a procesos de compostaje. Considerando las limitaciones con res-

pecto a su manejo como abono, dado el volumen de residuo generado, Fenavi-Fonav y la Fundación de Apoyo a la Investigación en el Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (FundaGLEM), se embarcaron en la exploración de otras estrategias de manejo y valorización de la cáscara de huevo residual. El proceso se desarrolló a través de los convenios de cooperación CS035-2023 (cáscara de incubación) y No CE080-2020,

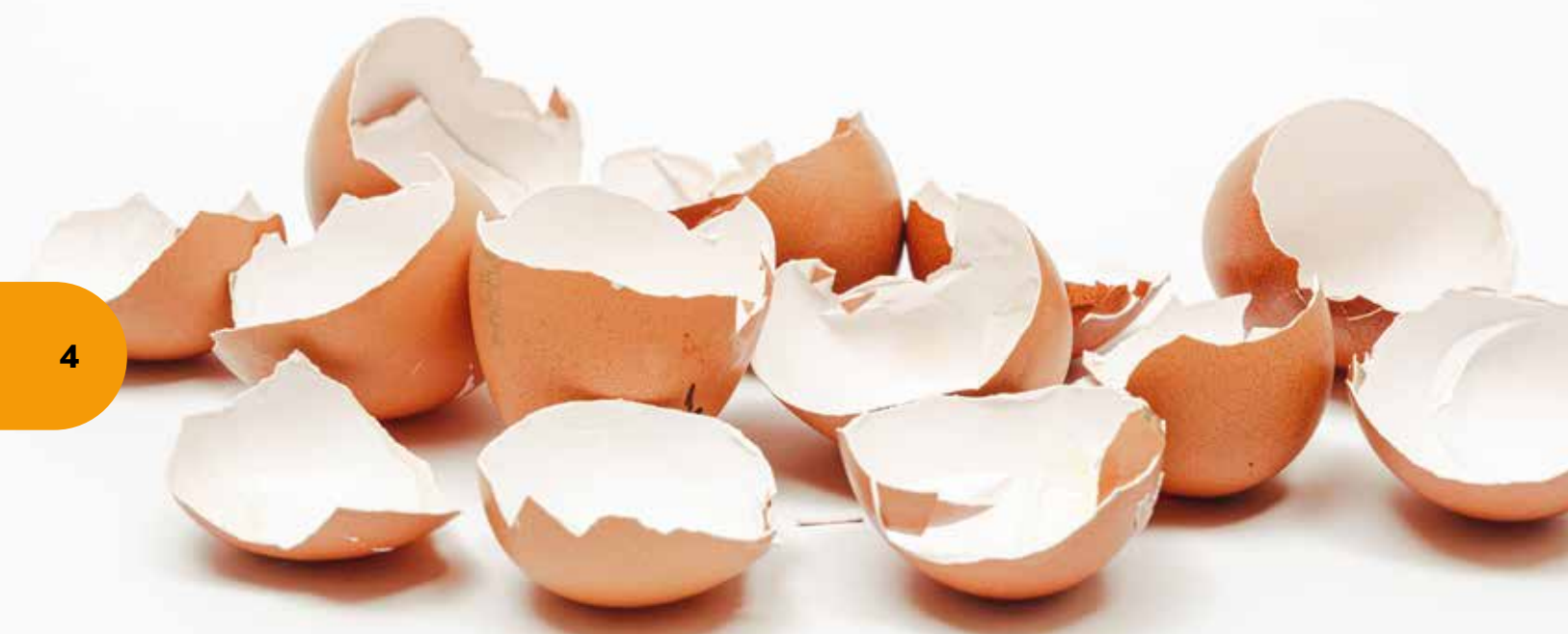


No 059-2021 (cáscara de plantas de ovoproductos). Los materiales utilizados se obtuvieron del Grupo Bios, para el caso de incubadoras, y de Avícola Kakaraka en lo que corresponde a plantas de ovoproductos.

La cáscara de huevo de gallina presenta la posibilidad de ser una fuente renovable para la extracción de sustancias cálcicas, suplementos nutricionales, componentes cosméticos e ingredientes farmacéuticos; industrias para las que la extracción de calcio se logra generalmente por medio de la minería, la cual no es una alternativa renovable y es perjudicial para la sostenibilidad ambiental. El aprovechamiento de este residuo reduce la cantidad de desechos llevados a rellenos sanitarios, aportando a extender su vida útil. Al utilizar la cáscara de huevo en lugar de materiales de minería, se reduce el uso de recursos no renovables disminuyendo la huella ecológica a la vez que se cierra el ciclo natural del nutriente calcio. El uso de un residuo como materia prima para generar productos para industrias, como la farmacéutica, la cosmética y la alimentaria, puede generar oportunidades

económicas para nuevas empresas o líneas de negocio.

El estudio se fundamentó en el potencial de transformación a través de procesos químicos, tanto del carbonato de calcio como de la fracción orgánica asociada a la cáscara, esto es; membrana y líquido remanente. El carbonato de calcio (CaCO_3) se evaluó en la obtención de coproductos derivados de calcio con aplicaciones en los sectores médico e industrial. Es decir, diferentes sales derivadas de calcio tales como óxido, hidróxido, citrato y nitrato, así como fosfato en la forma de hidroxiapatita. Desde la membrana y la fracción líquida se evaluó la producción de proteína y aminoácidos, y otros derivados de uso tanto cosmético como médico (ácido hialurónico). Se evaluó también el uso de la cáscara molida, como material para retirar metales pesados contaminantes de una matriz acuosa. El objetivo fue encontrar procesos adecuados para la transformación de los residuos de la cáscara de huevo, en productos de alto valor agregado bajo el principio de sostenibilidad y de economía circular.





Introducción

La cáscara de huevo es un material de baja porosidad que tiene como constituyente principal el carbonato de calcio de fórmula química CaCO_3 . La cáscara se compone de entre un 94-97% de CaCO_3 , así como bajos contenidos de sales de magnesio y fósforo. Adicionalmente se tiene la fracción de materia orgánica que puede representar alrededor de un 3% de proteína y contenidos menores de carbohidratos y lípidos, entre otros componentes

menores. El CaCO_3 se encuentra también como componente principal de la roca caliza, el cual por tanto es una materia prima obtenida por procesos extractivos de minería. Por su parte, el carbonato de calcio presente en la cáscara de huevo se clasifica como un material de origen biogénico, con carácter renovable, lo que le confiere un valor relevante como insumo para derivados del sector cosmético, farmacéutico, agrícola y médico.

PRODUCTO	SECTOR DE APLICACIÓN	TIPO DE APLICACIÓN
AMINOÁCIDOS LIBRES	Agrícola	Formulación de fertilizantes
ÁCIDO HIALURÓNICO	Farmacéutico, cosmético, médico	Material viscoelástico, regeneración de tejidos
ÓXIDO DE CALCIO	Industria química, agrícola	Tratamiento de aguas, acondicionador de pH en suelos.
HIDRÓXIDO DE CALCIO	Agrícola, construcción, ambiental	Acondicionador de pH en suelos, tratamiento de aguas residuales, materiales de construcción.
CITRATO DE CALCIO	Alimentario, farmacéutico	Conservante, suplemento alimenticio, coadyuvante en enfermedades óseas
NITRATO DE CALCIO	Agrícola, construcción, ambiental	Fertilizantes, acelerador de fraguado, tratamiento aguas residuales
HIDROXIAPATITA	Cosmético, médico	Firmeza de la piel, higiene e implantes dentales, prótesis articulares
CÁSCARA ACTIVADA	Remediación ambiental	Adsorbente de contaminantes



La contaminación de cuerpos de agua con iones metálicos provoca diversos impactos sobre el medio ambiente y la salud humana, por lo cual se viene trabajando a nivel global en el desarrollo e implementación de diferentes métodos de biorremediación.¹

La adsorción se presenta como un proceso barato y sencillo para eliminar estos contaminantes del agua. El uso de residuos como adsorbentes puede representar que el proceso sea aún más sostenible. En este sentido la cáscara de huevo se convierte en material de interés por su alto contenido de un composite de carbonato de calcio con capacidad adsorbente.²



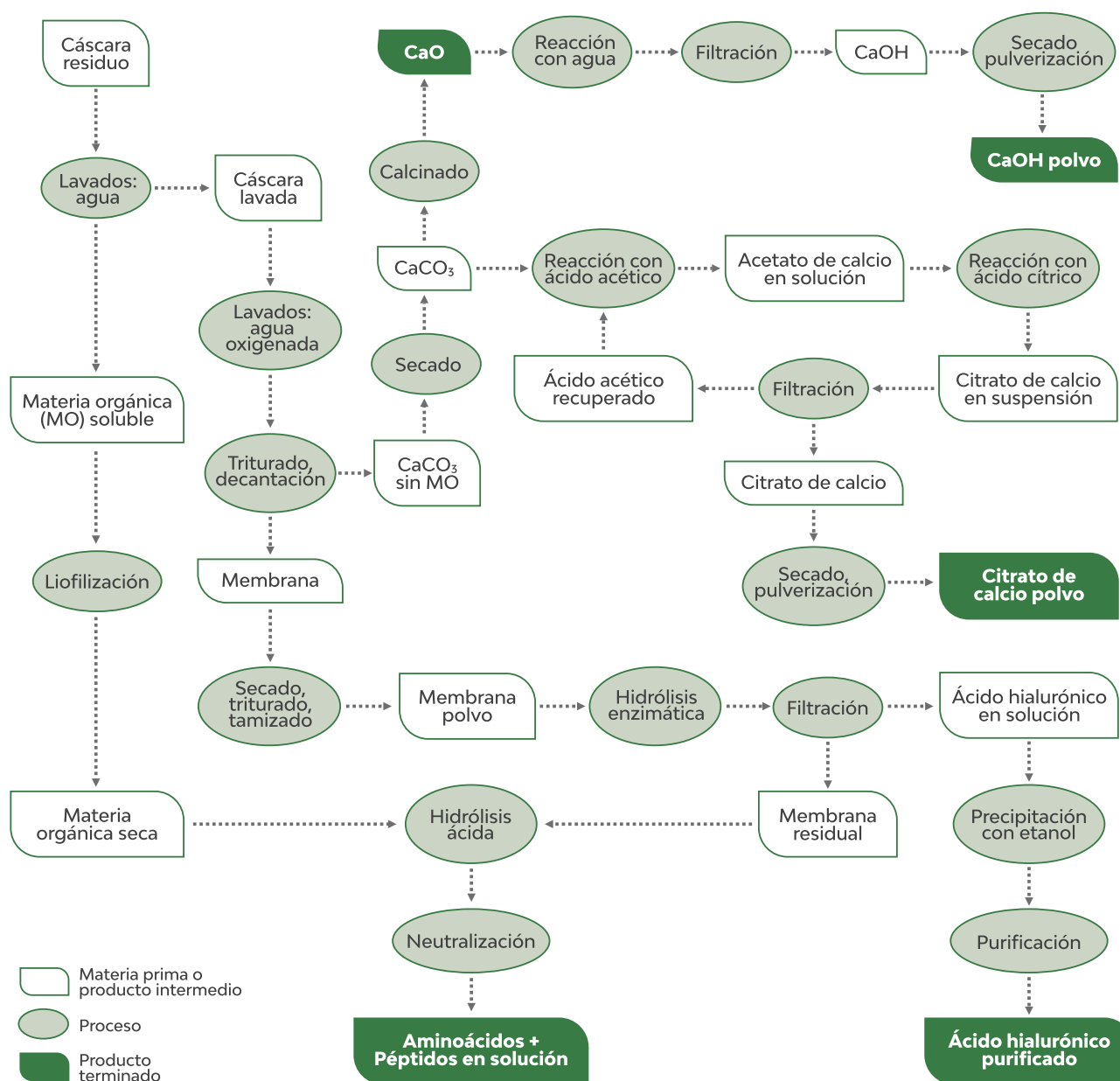
1. <https://www.nature.com/articles/s41545-021-00127-0>

2. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772782322000213#:~:text=Eggshells%20have%20a%20high%20amount,et%20al.%2C%202022>



Desarrollo Experimental y Resultados

En el diagrama de flujo se resume todo el proceso de aprovechamiento de la cáscara, que deriva en la obtención de los coproductos resaltados en verde, el cual describiremos detalladamente a continuación.





En una primera etapa se trabajó con la cáscara proveniente de plantas de ovoproductos. El material recibido de la planta se sometió a lavados con recirculación de agua con el fin de separar y cuantificar la materia orgánica contenida en los líquidos la cual representa una fuente de proteína. Los líquidos se llevaron a liofilización para eliminar el agua, obteniendo un sólido quebradizo de coloración entre amarillo y rosado (Imagen 1). Este material será utilizado para la evaluación de proteína y obtención de aminoácidos.^{3,4}



Imagen 1. Material orgánico extraído por lavado de la cáscara de huevo y secado por liofilización.

La cáscara, después de retirados los líquidos, se lava con agua oxigenada para eliminar restos de sustancias orgánicas solubles, y se procede a la separación de la membrana. Para ello la cáscara se muele y suspende en agua para hacer separación por decantación, ya que la membrana liberada y el material inorgánico (carbonato de calcio) tienen diferente densidad. Se repite el proceso suspendiendo varias veces en agua hasta extraer toda la membrana, la cual es secada en horno a 50°C; en tanto la cáscara se pone a secar a temperatura ambiente con flujo continuo de aire.



Imagen 2. Membrana y cáscara de huevo seca, listas para procesar.

3. Villa, v. 2015. Cuaderno de laboratorio Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares . resultados no publicados.

4. Mendoza, N. 2017. Obtención de fertilizante foliar a partir del hidrolizado proteico de la membrana de la cascara de huevo. Trabajo de grado para optar al título de Magister en ciencias farmacéuticas y alimentarias. Universidad de Antioquia.



Aminoácidos

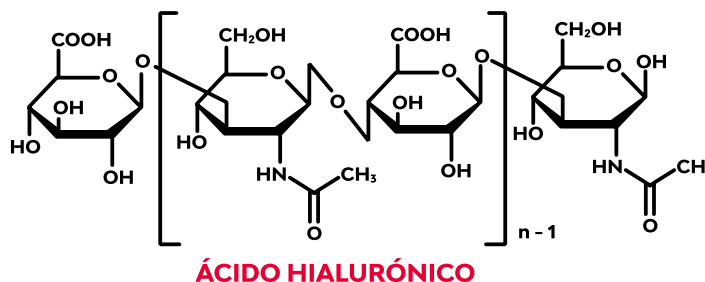
Un potencial uso de la membrana es la obtención de aminoácidos libres para la formulación de fertilizantes foliares. En este caso se hizo hidrólisis de la membrana aislada en el paso anterior, luego de triturar y tamizar hasta 0,6 mm. El material se mezcló con ácido sulfúrico en un sistema a presión de 15 psi y temperatura entre 100°C y 120°C. La neutralización del hidrolizado se hizo con hidróxido de potasio, de modo que el material quede enriquecido en potasio dada su aplicación en la formulación de fertilizantes. El material líquido obtenido, el cual contiene aminoácidos libres y péptidos, se ilustra en la imagen.



Imagen 3. Proceso de hidrólisis de la membrana para la obtención de los aminoácidos.

Ácido Hialurónico

El ácido hialurónico, cuya estructura se presenta a continuación, es utilizado para tratar problemas de articulaciones, rellenos dérmicos, y formulación de cosméticos. Este polímero es un polisacárido que se encuentra fijado en la red de proteína presente en la membrana de la cáscara.



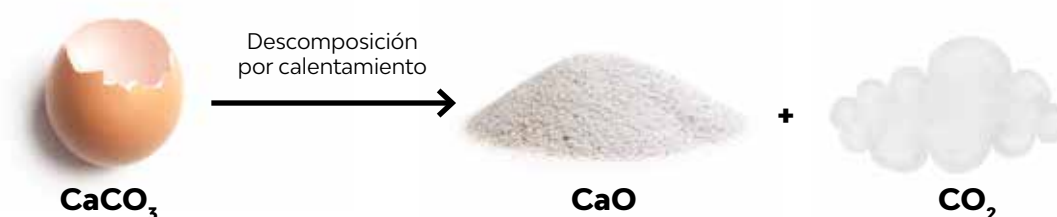
Para su extracción a partir de la membrana se utilizó hidrólisis enzimática, que rompe enlaces de las proteínas que fijan el ácido hialurónico. La enzima pepsina se mezcló con la membrana pulverizada, y se dejó reaccionar a una temperatura 40°C por 5 horas. El ácido hialurónico (HA) liberado pasa a la fase líquida como una sustancia soluble en agua, por lo que se separa del resto de membrana sólida por filtración. Luego la solución se enfría y se adiciona etanol para disminuir la solubilidad del producto (HA), de modo que es aislado por filtración.

El producto HA así obtenido se purificó redisolviendo en presencia de algunas sales, y por adición de otros materiales sólidos que retienen impurezas (sílica y carbón activado). El producto finalmente se volvió a precipitar y se secó para su caracterización.



Óxido de calcio - Hidróxido de calcio

Se calcinó la cáscara de huevo en una rampa de temperatura de 650°C - 2 horas, 950°C - 5 horas. En este proceso se descompone el carbonato de calcio (CaCO_3), liberándose dióxido de carbono (CO_2) y dejando el óxido de calcio sólido (CaO).



El CaO es un producto en sí mismo, además de ser la materia prima para la obtención de hidróxido de calcio. Este se genera por medio de la reacción del óxido de calcio (CaO) en adición lenta a un exceso de agua, obteniendo un producto pastoso, el cual se deja reposar hasta que termine el desprendimiento de calor, en la preparación se procedió de la siguiente manera, se tomaron 500 mL de agua y se le adicionó poco a poco los 175 g de óxido de calcio, preparado anteriormente (el sistema se debe tener en baño de agua fría para controlar el desprendimiento de calor), al completar la reacción, este se llevó a secar en estufa a 80°C, para finalmente pulverizar el producto.



Imagen 4. Producción de hidróxido de calcio a partir del óxido de calcio de la cáscara de huevo.

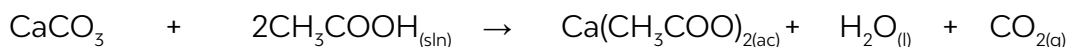
Tanto el óxido de calcio como el hidróxido de calcio generados son de buena calidad y resultan de interés por provenir de una fuente renovable. Sin embargo, no se consideran como productos prioritarios en la línea de producción, ya que, por el alto consumo energético de la primera etapa, se desestima su producción en el esquema de sostenibilidad que se busca en la presente ruta, toda vez que implica alto consumo de energía y el costo de venta no resulta atractivo.



Citrato de Calcio

Para el caso de la cáscara de incubación, se contempló la obtención de coproductos a partir de la fracción inorgánica, en particular la producción de citrato de calcio como suplemento alimenticio y carbonato de calcio⁵ como material adsorbente de metales pesados. En la síntesis se pone a reaccionar el carbonato de calcio de la cáscara de huevo con ácido acético, para producir acetato de calcio en medio acuoso, el cual es soluble en agua, por lo que se filtra sin problemas para eliminar restos de membrana y materiales sólidos remanentes.

Reacción 1



carbonato de calcio

ácido acético

acetato de calcio



Imagen 5. Vertimiento de cáscara de huevo (lavada) sobre solución de ácido acético (reacción 1).



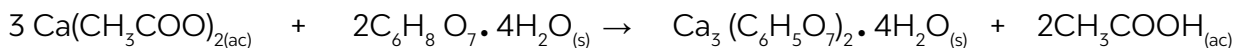
Imagen 6. Filtración del producto de la reacción 1, para separar la cáscara que no reaccionó de la solución de acetato de calcio (forma soluble de calcio).

5. Londoño, D. 2017. Desarrollo de procesos en la obtención de productos de alto valor agregado a partir de cáscara de huevo, con posible implementación industrial. Trabajo de grado para optar al título de químico. Universidad de Antioquia.



Esta solución acuosa de acetato de calcio se pone a reaccionar con ácido cítrico para obtener el citrato de calcio, el cual al ser insoluble en agua se obtiene como un sólido que se puede aislar por filtración.

Reacción 2



acetato de calcio

ácido cítrico

citrato de calcio

ácido acético

Con el fin de no generar residuos, el proceso se realiza con un exceso de cáscara de huevo, de modo que todo el ácido cítrico se consuma. La cáscara que queda sobrante siempre se puede reciclar para un siguiente lote de producción, en tanto el consumo total del ácido cítrico representa además eficiencia en el costo de materias primas.

Al reemplazar el ion acetato por el ion citrato en esta segunda reacción, se libera ácido acético, el cual es la misma materia prima de la primera reacción. Este ácido acético, subproducto de la reacción 2, se recicla a la reacción 1 en un nuevo lote, manteniendo el criterio de mínima generación de residuos.



Imagen 7. Reacción del acetato de calcio con ácido cítrico, y decantación de la solución para separar el citrato de calcio precipitado y recuperar el ácido acético.



Imagen 8. Citrato de calcio (a) decantado, (b) secado y (c) molido.

El citrato de calcio obtenido se caracterizó teniendo en cuenta la norma que establece la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)⁶, teniendo en cuenta su posible uso como producto de consumo nutricional para animales. Para ello se determina el contenido de humedad, el cual no debe ser más del 2,5%, el producto debe ser ligeramente soluble en agua e insoluble en etanol.

El proceso de obtención de citrato de calcio se realizó por triplicado, con lotes distintos de cáscara de huevo entregada por una incubadora. La pureza del producto obtenido fue superior al 87%, según se determinó cuantificando el contenido de citrato por método de titulación con ácido etilendiaminotetraacético. Este método consiste en atrapar los iones calcio presentes en la muestra, con un reactivo de concentración conocida, y de esta manera determinar indirectamente el contenido de calcio y a su vez la pureza del producto obtenido.



6. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/jecfa_additives/docs/monograph4/additive-077-m4.pdf



Cáscara de Huevo como Material Adsorbente

La composición de la cáscara de huevo cumple con la función de adsorber los metales pesados, lo cual se puede hacer empaquetando la cáscara de huevo triturada en tubos para usarlos como filtros.⁷ En la elaboración del material adsorbente la cáscara de huevo se muele y suspende en agua para separar la membrana por un proceso de decantado, ya que la membrana liberada y el material inorgánico tienen diferente densidad. Se repite el proceso resuspendiendo varias veces hasta extraer toda la membrana en un tamiz. La cáscara se pone a secar a temperatura ambiente con flujo continuo de aire.



Imagen 9. Preparación del material adsorbente. Molienda – separación de membrana – secado de la cáscara.

7. Mendoza, N. 2011. Remediación de metales pesados (Cd^{2+} y Zn^{2+}) con CaCO_3 proveniente de la cáscara de huevo. Trabajo de grado para optar al título de química. Universidad de Antioquia.



Determinación de la adsorción de metales pesados

Los ensayos de retención de metales pesados se realizaron usando una solución acuosa preparada en el laboratorio, con contenidos conocidos de sales de cadmio y plomo. Se puso la cáscara en contacto con la muestra acuosa contaminada con los cationes de metales pesados, y se dejó la mezcla heterogénea en agitación por 12 horas. Con el fin de evaluar el efecto del tamaño de partícula, se evaluaron dos tamaños de triturado de la cáscara de huevo; 1 mm y 0,15 mm.



Imagen 10. Tamizado de cáscara de huevo pulverizada para obtener tamaño de partícula de 0.15 mm.



Imagen 11. Solución madre de sal de plomo y proceso de interacción con la cáscara de huevo

Una vez pasado el tiempo de contacto entre la matriz sólida adsorbente y la solución con el contaminante, se procedió a filtrar para separar la cáscara. La solución remanente se llevó a cuantificación por la técnica de absorción atómica que permite establecer el contenido de los diferentes metales pesados, en este caso en soluciones acuosas. Luego se comparó el contenido remanente de metales en la solución después de la interacción con la cáscara de huevo respecto a la concentración de las soluciones madre inicialmente preparadas.



Tabla 1. Concentración de cadmio y plomo en solución, antes y después del proceso de adsorción de la cáscara de huevo

MUESTRAS	CADMIO TOTAL ppm*	PLOMO TOTAL ppm*	CADMIO ADSORBIDO %	PLOMO ADSORBIDO %
Solución madre inicial	14,92	288,7	N.A.	N.A.
Solución 1 final- adsorbente tamaño de partícula 0,15 mm	< 0,1	< 0,5	>99,32	> 99,82
Solución 2 final- adsorbente tamaño de partícula 1 mm	0,74	27,5	95,07	90,47

*ppm = partes por millón = mg/L (unidad de concentración).

El resultado muestra cómo en la cáscara de huevo se quedó retenido un alto porcentaje de los metales inicialmente presentes en la solución. El proceso se da por adsorción del metal correspondiente sobre la cáscara de huevo. Se observa que a menor tamaño de partícula de la cáscara de huevo se favorece más la adsorción del metal, porque aumenta el área de contacto del catión correspondiente con el carbonato de calcio.



Conclusiones



La cáscara de huevo de la planta de incubación demuestra ser una excelente fuente de carbonato de calcio como materia prima en la producción de citrato de calcio, con rendimientos superiores al 97% y un nivel de pureza por encima del 87%.



Los residuos generados en la síntesis de citrato de calcio corresponden a la membrana y cáscara de huevo sin reaccionar, además de ácido acético en solución. Tanto el ácido acético como la cáscara sin reaccionar se pueden retornar al inicio de síntesis del citrato de calcio.



Los ensayos de adsorción de metales pesados muestran que la cáscara de huevo es un material efectivo para eliminar iones Cd^{2+} y Pb^{2+} contenidos en solución acuosa bajo las condiciones evaluadas, con un pretratamiento simple de la cáscara (molido y secado al aire).



El proceso se da por adsorción del metal correspondiente sobre la cáscara de huevo. Donde a menor tamaño de partícula de la cáscara de huevo se favorece más la adsorción del metal porque aumenta el área de contacto del catión correspondiente con el carbonato de calcio.



La cáscara de huevo de plantas de incubación y ovoproductos presenta un alto potencial de valorización como materia prima para procesos industriales. No obstante, su aprovechamiento a escala requiere una evaluación de prefactibilidad técnica y económica, acorde con la capacidad de los sistemas productivos, y dependerá del interés de los productores avícolas en adoptar este tipo de soluciones.



Glosario

- 
Absorción atómica: Técnica instrumental para cuantificar metales y otra serie de elementos químicos en muestras ambientales, aguas, suelos, así como muestras minerales y alimentos.
- 
Biogénico: Cualquier sustancia, material o proceso que tiene un origen biológico, es decir, derivado de organismos vivos o sus actividades naturales.
- 
Cationes: Iones de carga positiva; son átomos que han perdido electrones.
- 
Contaminaciones cruzadas: Acto de introducir por corrientes de aire, traslados de materiales, alimentos o circulación de personal, un agente biológico, químico bacteriológico o físico, no intencionalmente adicionadas al alimento, que pueda comprometer su inocuidad o estabilidad.
- 
Metales pesados: Grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta, mayor a 4 g/cm³. Son en general tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptibles de presentarse en cuerpos de agua destacamos mercurio, níquel, cobre, plomo y cromo.
- 
Hidrólisis enzimática: Degradación o rompimiento de una molécula por acción del agua y mediada por una enzima. Las enzimas son macromoléculas biológicas que actúan como catalizadores.





CARACTERIZACIÓN
Y VALORACIÓN DE

CÁSCARA DE HUEVO

EN EL SECTOR AVÍCOLA



En nuestra pagina web

www.fenavi.org

Encontrarás estadísticas, normatividad, publicaciones, eventos, campañas e información relevante para el manejo adecuado de la producción avícola y sus derivados.



Fonav
Fondo Nacional Avícola

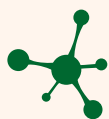




CARACTERIZACIÓN
Y VALORACIÓN DE

CÁSCARA DE HUEVO

EN EL SECTOR AVÍCOLA



FUNDAGIEM
Grupo Interdisciplinario
de Estudios Moleculares

Fonav
Fondo Nacional Avícola



www.fenavi.org

