



“Incrementar la competitividad del sector pesca artesanal y acuicultura en la bahía de Sechura a través del fortalecimiento institucional y organizacional, la adopción de tecnologías y la sostenibilidad ambiental” 2019-2021

INFORME TÉCNICO

7.3. EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DEL PROCESO DE CONCHA DE ABANICO Y PROPUESTAS DE MEJORA.

Versión: 2

Última actualización: 30/01/2020

Autor: ANFACO

Responsable: ANFACO

Participantes: Ayuda en Acción, PRODUCE, SANIPES y CETMAR

Financiado por:



Socios:



Socios locales:



CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES.....	2
1.1.	Descripción general.	2
1.2.	Cuántía y tipología de los residuos.	3
2.	MARCO LEGAL	4
3.	TRABAJOS PREVIOS LLEVADOS A CABO EN PERÚ.	12
3.1.	Proyectos de investigación.....	12
3.2.	Estudios teóricos.....	14
3.2.1.	Fabricación de bloques.	14
3.2.2.	Fabricación de cemento.....	14
4.	MODELOS IMPLEMENTADOS DE GESTIÓN ALTERNATIVA.	15
4.1.	INNTA S.A.C	15
4.2.	FIMORS SRI	16
5.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y NECESIDADES	17
5.1.	Desde el punto de vista legal.....	17
5.2.	Desde el punto de vista técnico y económico.....	18
6.	ANÁLISIS DAFO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	19
7.	PROPUESTAS DE ACTUACIÓN DE MAYOR URGENCIA	20
7.1.	Medidas para el cumplimiento de la ordenación legal vigente.	20
7.2.	Medidas para facilitar la valorización de los RCA.....	22
7.2.1.	Separación en origen	22
7.2.2.	Constitución de un ente de gestión	22
8.	PROPUESTAS DE ACTUACIÓN	23
8.1.	Fracción orgánica.....	23
8.2.	Fracción mineral.	25
8.2.1.	Fabricación de hormigón (concreto)	25
8.2.2.	Fabricación de morteros.	28
8.2.3.	Otros usos en construcción	29
8.2.4.	Conclusiones y recomendaciones.	29
8.3.	Esquema de la propuesta.....	31
9.	BIBLIOGRAFÍA	32

1. ANTECEDENTES.

1.1. Descripción general.

Los residuos sólidos generados en el procesado de concha de abanico (en adelante RCA) están constituidos por una parte inorgánica (valva) y otra orgánica (gónadas, vísceras y manto). Estos residuos son desechados de forma incontrolada y sin criterios de gestión en un terreno habilitado por la municipalidad, denominado botadero (Figura 1). Se trata de un recinto abierto, sin ningún tipo de control o vigilancia, hecho este que, aporta un problema adicional al de la propia gestión y ausencia de tratamiento, dado que, al no haber un acceso restringido a este espacio, pobladores de bajos recursos se dedican a rebuscar entre los residuos restos de carne para uso alimentario, lo que supone un gran riesgo para la salud. Como puede apreciarse en la Figura 2 (imagen derecha), que muestra una pequeña porción de los residuos acumulados en el botadero, la ausencia de tratamiento y la presencia de materia comestible en origen, propicia este tipo de prácticas de alto riesgo.



Figura 1. Imágenes del botadero.

Como medida para evitar estas prácticas, las autoridades han exigido a las plantas procesadoras la trituración de los RCA antes de ser vertidos al botadero. Sin embargo, como puede deducirse de la imagen mostrada en la Figura 2 (tomada en el mes de junio de 2019 en el propio botadero), esta medida no ha sido implementada, y a pesar de que algunas empresas han adquirido sistemas de trituración, en general no están siendo empleados, hecho constatado por las visitas realizadas en las misiones llevadas a cabo por técnicos de ANFACO-CECOPESCA.



Figura 2. Gente haciendo acopio de alimento en el botadero (izquierda) y aspecto de una pequeña porción de los RCA vertidos al botadero (derecha).

En la última misión llevada a cabo por los técnicos de ANFACO-CECOPESCA en Sechura (noviembre 2019), se ha evidenciado un cambio de tendencia por parte de algunas empresas, consistente en enterrar los residuos, en lugar de enviarlos al botadero.

1.2. Cuantía y tipología de los residuos.

Durante la ejecución de esta actividad se ha solicitado información a los distintos actores que componen la cadena productiva, sobre la cuantía de RCA generada, si bien, dichas solicitudes han resultado infructuosas. Es por ello que se ha recurrido a fuentes bibliográficas para intentar realizar una estimación.

En este sentido, en el trabajo elaborado por Carrillo-Siancas¹ se menciona una cantidad promedio anual de 70.000 TM, aunque no se cita la fuente o la metodología de estimación. En este mismo documento se menciona que el RCA constituye el 85% del peso total de la materia prima, siendo el 15% la parte comestible explotada.

La producción de concha de abanico en la Bahía de Sechura ha sido muy variable en los últimos años, oscilando entre las 56.000 TM en 2013 y las 7.400 TM en 2016². En cualquier caso, estos valores contradicen la cantidad promedio de RCA indicada por Carrillo-Siancas.

A este respecto, en el informe de situación realizado por CETMAR² en noviembre de 2018, se indica una generación anual de RCA de 25.000 TM, cuantía más en concordancia con las cifras de producción de materia prima aportadas.

Por lo que respecta a los requisitos legales que establecen la declaración de la cantidad de RCA generados por parte de los productores, según la Dirección General de Asuntos Ambientales Pesqueros y Acuícolas, órgano de línea, con autoridad técnica a nivel nacional, responsable de promover el uso sostenible de los recursos hidrobiológicos, la protección del ambiente, la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático en las actividades pesqueras y acuícolas, en 2017 había un importante porcentaje de empresas acuícolas que no presentaban su Declaración de Manejo de Residuos Sólidos (DRMS).

Dicha declaración (DRMS 2017) debió presentarse tal y como establecía el Art. 115 del Decreto Supremo N°057-2004-PCM - Reglamento de Ley General de Residuos Sólidos³. Se desconoce cuál es la situación actual a este respecto.

En relación con la distribución de los materiales que componen los RCA (parte orgánica e inorgánica), podemos emplear los datos de Encomendero y Uchpa⁴, quienes afirman que los subproductos blandos de concha de abanico corresponden al 15% del peso húmedo de la cosecha, el producto comestible al 31% y las valvas al 54%. Entonces, según estos valores, ciñéndonos sólo a los RCA (obviando la parte comestible), la parte orgánica correspondería al 22% y la parte inorgánica al 78%.

2. MARCO LEGAL.

La legislación que aplica a la regulación de la acuicultura en Perú es la siguiente:

- Decreto Legislativo N° 1195. Ley General de Acuicultura y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2016 – PRODUCE.
- Ley N° 2446. Ley Nacional de evaluación de impacto ambiental y su Reglamento.
- Ley N° 39325. Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- Ley N° 26821. Ley Orgánica de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.
- Ley N° 26839. Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica.
- Decreto Supremo N° 012-2019 – PRODUCE que aprueba el Reglamento de gestión ambiental de los subsectores Pesca y Acuicultura.

En el caso concreto de los residuos sólidos, es de aplicación la siguiente legislación:

- Decreto Legislativo N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM y modificaciones.

En relación con la última legislación citada sobre la gestión de residuos sólidos, se destacan los siguientes artículos, o fragmentos de artículos, que son de interés por su directa aplicación en el ámbito del estudio desarrollado:

Artículo 4.- Material de descarte proveniente de actividades productivas.

Se considera material de descarte a todo material resultante de los procesos de las actividades productivas de bienes y servicios, siempre que constituya un insumo directamente aprovechable en la misma actividad, otras actividades productivas, la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y materiales a nivel nacional.

Artículo 5.- Regla para el aprovechamiento del material de descarte.

En caso los titulares de las actividades productivas, a que se refiere el párrafo precedente, requieran realizar procesos complementarios para aprovechar el material de descarte, estos deben ser realizados dentro de sus instalaciones industriales o productivas, áreas de la concesión o lote del titular.

Artículo 6.- Transporte del material de descarte.

El material de descarte se transporta bajo cualquier modalidad, desde el lugar de su generación hacia las instalaciones de la actividad productiva donde se aprovechará, sin que le sea aplicable la normativa sobre residuos sólidos.

El transporte de material de descarte debe regirse según la normativa que regula el transporte de mercancías o materiales, establecida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y otras entidades competentes, según corresponda.

Artículo 11.- Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos.

El Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos es un instrumento técnico elaborado por las municipalidades, a través del cual se formulan estrategias para la segregación en fuente y el diseño de la recolección selectiva de los residuos sólidos generados en su jurisdicción, teniendo en consideración un enfoque que incluya la participación de las organizaciones de recicladores formalizados.

Artículo 15.- Requisitos para la presentación de los instrumentos de gestión ambiental de proyectos de inversión de infraestructura de residuos sólidos.

Todo proyecto de inversión de infraestructura de residuos sólidos debe contar con un instrumento de gestión ambiental (IGA) aprobado por el SENACE, el Gobierno Regional o la Municipalidad Provincial, según corresponda, en el marco de las normas del SEIA.

Artículo 17.- Modificación de Instrumento de Gestión Ambiental.

Los titulares de las actividades productivas, extractivas y de servicios que decidan implementar infraestructuras para el manejo de residuos sólidos provenientes de sus actividades dentro de sus instalaciones, áreas de concesión o lote del titular, deben modificar previamente su IGA aprobado ante la autoridad competente, de conformidad con las normas del SEIA y sus normas complementarias.

Artículo 19.- Segregación en la fuente.

El generador de residuos municipales debe realizar la segregación de sus residuos sólidos de acuerdo a sus características físicas, químicas y biológicas, con el objeto de facilitar su valorización y/o disposición final.

Dicha actividad solo está permitida en la fuente de generación, centros de acopio de residuos sólidos municipales y plantas de valorización de residuos sólidos municipales y no municipales, debidamente autorizados y que cuenten con certificación ambiental, según corresponda.

Las municipalidades deben regular el proceso de segregación de residuos sólidos municipales en la fuente en su jurisdicción, en el marco del Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos.

Artículo 34.- Cobros diferenciados por prestaciones municipales.

Las municipalidades deben garantizar la prestación de los servicios de recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos municipales hasta los 150 litros diarios por fuente generadora. En caso el generador tuviese regularmente un volumen diario de residuos sólidos mayor a 150 y hasta los 500 litros diarios, la municipalidad podrá cobrar derechos adicionales, el mismo que reflejará el costo efectivo del servicio. De superarse los 500 litros diarios, el generador de residuos sólidos debe contratar a una EO-RS para que se encargue de realizar la recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos.

Artículo 46.- Aspectos Generales.

Los generadores de residuos sólidos no municipales deben contemplar en el Plan de Minimización y Manejo de Residuos Sólidos No Municipales, la descripción de las operaciones de minimización, segregación, almacenamiento, recolección, transporte, valorización y disposición final de los residuos sólidos generados como resultado del desarrollo de sus actividades productivas, extractivas o de servicios.

El manejo de los residuos sólidos no municipales se realiza a través de las EO-RS, con excepción de los residuos sólidos similares a los municipales.

Artículo 47.- Residuos no municipales similares a los municipales.

Los generadores de residuos sólidos no municipales podrán entregar los residuos sólidos similares a los municipales, en un volumen de hasta 150 litros diarios al servicio municipal de su jurisdicción. En caso de que el volumen supere esta cantidad, se procederá de acuerdo a lo establecido en el artículo 34 del presente Reglamento.

Artículo 48.- Obligaciones del generador no municipal.

48.1 Son obligaciones del generador de residuos sólidos no municipales:

Los generadores de residuos sólidos no municipales que no cuenten con IGA son responsables de:

a) Manejar los residuos sólidos que generen, teniendo en cuenta lo establecido en el literal a) del artículo 55 del Decreto Legislativo N° 1278;

b) Conducir el registro interno sobre la generación y manejo de los residuos sólidos en sus instalaciones, con la finalidad de disponer de la información necesaria sobre la generación, minimización y manejo de los residuos sólidos;

c) Contratar a una EO-RS para el manejo los residuos sólidos fuera de las instalaciones industriales o productivas, áreas de la concesión o lote del titular del proyecto;

d) Brindar las facilidades necesarias a las autoridades competentes para el adecuado cumplimiento de sus funciones;

e) Adoptar medidas para la restauración y/o rehabilitación y/o reparación y/o compensación ambiental por el inadecuado manejo de residuos sólidos no municipales de su actividad;

f) Establecer e implementar las estrategias y acciones conducentes a la valorización de los residuos como primera opción de gestión.

Adicionalmente a las obligaciones antes señaladas, los generadores de residuos sólidos no municipales que cuenten con IGA son responsables de:

g) Presentar la Declaración Anual sobre Minimización y Gestión de Residuos Sólidos No Municipales -también denominada Declaración Anual de Manejo de Residuos Sólidos-a través del SIGERSOL;

h) Presentar el Manifiesto de Manejo de Residuos Peligrosos a través del SIGERSOL;

i) Asegurar el tratamiento y/o disposición final de los residuos sólidos mediante el seguimiento de las obligaciones y compromisos asumidos en el Plan de Minimización y Manejo de Residuos Sólidos;

j) Incluir el Plan de Minimización y Manejo de Residuos Sólidos dentro del IGA, el cual debe considerar estrategias y acciones orientadas a la prevención y/o minimización y/o valorización de residuos sólidos;

k) Considerar previamente en el IGA los cambios que impliquen el aprovechamiento del material de descarte proveniente de actividades productivas o realizar procesamiento, conforme a lo establecido en el Decreto Legislativo N° 1278 y el presente Reglamento;

l) En caso de que los generadores de residuos sólidos no municipales se encuentren ubicados en zonas en las cuales no exista infraestructura de residuos sólidos autorizada y/o EO-RS, deben establecer e implementar alternativas de gestión que garanticen la adecuada valorización y/o disposición final de los residuos sólidos, las cuales deben ser considerados en el IGA;

m) Cumplir con las disposiciones establecidas en la normatividad vigente.

48.2 Los sectores competentes, en coordinación con el MINAM, definen el alcance, condiciones y lineamientos para la presentación de la Declaración Anual sobre Minimización y Gestión de Residuos Sólidos No Municipales, también denominada Declaración Anual de Manejo de Residuos Sólidos, y Manifiesto de Manejo de Residuos Peligrosos, a través del SIGERSOL, por parte de los generadores no municipales que no cuentan con IGA.

Artículo 61.- Aspectos generales.

Los residuos sólidos no municipales podrán recibir tratamiento previo al proceso de valorización o disposición final, según corresponda. El tratamiento de residuos sólidos será realizado mediante los procesos establecidos en el artículo 62 del presente Reglamento y las normas específicas que aprueben las autoridades competentes.

Queda prohibida la quema de residuos sólidos en general.

Artículo 62.- Procesos, métodos o técnicas de tratamiento de residuos sólidos.

Los procesos, métodos o técnicas de tratamiento de residuos sólidos a cargo de las EO-RS se realizan fuera de las instalaciones del generador, en infraestructuras de valorización, disposición final u otras infraestructuras de residuos sólidos debidamente autorizados para cada fin.

Asimismo, dichos procesos, métodos o técnicas pueden ser realizados por el generador dentro de sus instalaciones, siempre que previamente estén contemplados dentro de su IGA. En este supuesto, los generadores no requieren contar con Registro de EO-RS.

El tratamiento de residuos sólidos debe regirse por las normas emitidas por la autoridad competente, de acuerdo a las características de los residuos sólidos. Los procesos, métodos o técnicas de tratamiento de residuos sólidos son:

- a) Solidificación, es el proceso que permite la integración de residuos peligrosos para generar un material sólido de alta capacidad estructural; b) Neutralización, es el proceso que permite ajustar el pH de una sustancia química corrosiva a niveles de neutralidad;*
- c) Estabilización, es el proceso que neutraliza la peligrosidad del residuo mediante procesos bioquímicos;*
- d) Incineración, es el proceso para anular las características de peligrosidad del residuo original y reducir su volumen; para lo cual se debe contar como mínimo con una cámara primaria (entre 650° - 850°C), una cámara secundaria (no menor a 1200°C); y un sistema de lavado y filtrado de gases;*
- e) Pirólisis, proceso térmico que con déficit de oxígeno transforma los materiales orgánicos peligrosos en componentes gaseosos, que se condensan formando un compuesto de alquitrán y aceite, además de generar un residuo sólido de carbón fijo y ceniza;*
- f) Esterilización por autoclave; es el proceso que utiliza vapor saturado en una cámara dentro de la cual se someten a los residuos sólidos a altas temperaturas con la finalidad de destruir los agentes patógenos;*
- g) Pretratamiento, consistente en trituración, mezcla y dosificación para producción de combustible derivado de residuos (CDR), para posterior valorización energética (por procesamiento, consideración, etc.);*
- h) Otras operaciones establecidas por las autoridades competentes.*

Artículo 65.- Disposiciones generales.

La valorización constituye la alternativa de gestión y manejo que debe priorizarse frente a la disposición final de los residuos sólidos.

Son consideradas operaciones de valorización: reciclaje, compostaje, reutilización, recuperación de aceites, bio-conversión, procesamiento, consideración, generación de energía en base a procesos de biodegradación, bochar, entre otras alternativas posibles y de acuerdo a la disponibilidad tecnológica del país.

Los generadores del ámbito de la gestión no municipal pueden ejecutar operaciones de valorización respecto de sus residuos sólidos.

Artículo 66.- Actividades de acondicionamiento de residuos sólidos no municipales.

Las actividades de acondicionamiento de residuos sólidos no municipales se pueden realizar en plantas de valorización o en las instalaciones del generador no municipal, pudiendo comprender los siguientes:

- a) Segregación;*
- b) Almacenamiento;*
- c) Limpieza;*
- d) Trituración o molido;*
- e) Compactación física;*

- f) *Empaque o embalaje;*
- g) *Procesos, métodos o técnicas de tratamiento, de corresponder y*
- h) *Otras que establezca el MINAM en coordinación con las autoridades competentes.*

Artículo 69.- Aspectos generales.

La disposición final de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos de gestión no municipal debe realizarse en celdas diferenciadas implementadas en infraestructuras de disposición final.

Los residuos sólidos no municipales similares a los municipales pueden ser dispuestos en rellenos sanitarios de gestión municipal, de conformidad con el artículo 47 del presente Reglamento.

Los residuos sólidos no peligrosos provenientes de las actividades de la construcción y demolición deben disponerse en escombreras o rellenos sanitarios que cuenten con celdas habilitadas para tal fin. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento regula las condiciones y características de las escombreras.

Artículo 70.- Imposibilidad de acceso a infraestructuras de valorización y/o disposición final autorizadas.

Cuando no exista infraestructuras de valorización y disposición final de residuos sólidos autorizadas o cuando condiciones geográficas no hagan viable el transporte de los residuos sólidos hacia infraestructuras de valorización y/o disposición final de residuos sólidos autorizadas, los generadores de residuos sólidos no municipales deberán contemplar en el Plan de Minimización y Manejo de Residuos Sólidos No Municipales, las estrategias y el manejo que garanticen la adecuada gestión de los residuos sólidos generados, de conformidad con lo señalado en el literal j) del artículo 55 del Decreto Legislativo N° 1278. Corresponde al generador no municipal acreditar el cumplimiento de la condición establecida en el presente Reglamento.

Artículo 103.- Plantas de valorización de residuos sólidos.

Las plantas de valorización son infraestructuras donde se realizan las siguientes operaciones:

- a) *Actividades de acondicionamiento señaladas en el artículo 66 del presente Reglamento;*
- b) *Biodegradación de la fracción orgánica de los residuos con fines de producción de energía o mejorador de suelo;*
- c) *Uso de residuos orgánicos para el desarrollo de compostaje;*
- d) *Recuperación de aceites usados;*
- e) *Desmantelamiento/des ensamblaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos;*
- f) *Otras alternativas de valorización.*

Artículo 108.- Infraestructuras de disposición final.

108.1 Son consideradas infraestructuras de disposición final de residuos sólidos los rellenos sanitarios, los rellenos de seguridad y las escombreras.

108.2 Los rellenos sanitarios se clasifican en:

- i. *Relleno sanitario manual, cuya capacidad de operación diaria no excede a seis (06) toneladas métricas (TM);*

ii. Relleno sanitario semi-mecanizado, cuya capacidad de operación diaria es más de seis (06) hasta cincuenta (50) TM; y

iii. Relleno sanitario mecanizado, cuya capacidad de operación diaria es mayor a cincuenta (50) TM.

108.3 En los rellenos de seguridad se realiza la disposición final de residuos sólidos no municipales peligrosos.

108.4 Para el caso de los residuos sólidos no peligrosos provenientes de las actividades de la construcción y demolición, la infraestructura de disposición final se denomina escombrera.

Artículo 114.- Instalaciones del relleno sanitario.

Las instalaciones del relleno sanitario deben cumplir como mínimo con lo siguiente:

a) Impermeabilización de la base y los taludes del relleno para evitar la contaminación ambiental por lixiviados ($k \leq 1 \times 10^{-6}$ cm/s y en un espesor mínimo de 0.40 m); salvo que se cuente con una barrera geológica natural para dichos fines, lo cual estará sustentado técnicamente.

De no cumplir con las condiciones antes descritas, la impermeabilización de la base y los taludes del relleno deben considerar el uso de geomembrana con un espesor mínimo de 1.2. mm y el uso de geotextil entre la geomembrana;

b) Drenes de lixiviados con planta de tratamiento o sistema de recirculación interna de los mismos;

c) Drenes y chimeneas de evacuación y control de gases;

d) Canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial;

e) Barreras sanitarias, que pueden ser barreras naturales o artificiales que contribuyan a reducir los impactos negativos y proteger a la población de posibles riesgos sanitarios y ambientales.

f) Pozos para el monitoreo de agua subterránea, en caso corresponda;

g) Sistemas de monitoreo y control de gases y lixiviados;

h) Señalización y letreros de información conforme a la normativa sobre seguridad y salud en el trabajo;

i) Sistema de pesaje y registro;

j) Control de vectores y roedores;

k) Instalaciones complementarias, tales como caseta de control, oficinas administrativas, almacén, servicios higiénicos y vestuario.

Para el caso de rellenos sanitarios que manejen más de 200 toneladas de residuos sólidos diarios, se debe implementar progresivamente la captura y quema centralizada de gases, a efectos de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En caso de que sean menores a las 200 toneladas diarias, deben implementarse captura y quema convencional de gases u otra medida orientada a la mitigación de gases de efecto invernadero. Del mismo modo, podrán incluir actividades de valorización energética a través del uso de la biomasa para la generación de energía.

Artículo 115.- Operaciones mínimas en rellenos sanitarios.

Las operaciones mínimas que deben realizarse en un relleno sanitario son:

- a) Recepción, pesaje y registro del tipo y volumen de los residuos sólidos;*
- b) Nivelación y compactación diaria para la conformación de las celdas de residuos sólidos;*
- c) Cobertura diaria de los residuos con capas de material que permita el correcto confinamiento de los mismos;*
- d) Compactación diaria de la celda en capas de un espesor no menor de 0.20 m.*
- e) Cobertura final con material de un espesor no menor de 0.50 m;*
- f) Monitoreo de los parámetros establecidos en la línea base para la calidad del aire, suelo, ruido y agua superficial o subterránea, en caso corresponda;*
- g) Mantenimiento de pozos de monitoreo, drenes de lixiviados, chimeneas para evacuación y control de gases, canaletas superficiales.*

Artículo 124.- Alcance.

El MINAM puede declarar en emergencia la gestión y manejo inadecuado de los residuos sólidos en una determinada jurisdicción y/o en infraestructuras de residuos sólidos, cuando se cumpla alguno de las causales establecidas en el artículo 125 del presente Reglamento.

Artículo 125.- Causales para la declaratoria de emergencia.

La declaratoria de emergencia procede cuando como resultado de la inadecuada gestión y manejo de los residuos sólidos se verifique el cumplimiento de al menos uno de las siguientes causales:

- a) Potencial riesgo para la salud de las personas;*
- b) Afectación directa de cuerpos naturales de agua y sus bienes asociados, que pone en riesgo la calidad de los mismos;*
- c) Afectación directa de Áreas Naturales Protegidas y Zonas de Amortiguamiento; áreas de patrimonio arqueológico, cultural, monumental; y, Reservas Indígenas y Reservas Territoriales, áreas donde habitan pueblos indígenas;*
- d) Ocurrencia de desastres naturales que afecten o impidan el adecuado manejo de residuos sólidos, si no existe, una declaratoria previa de estado de emergencia por desastre o peligro inminente;*
- e) Cese total o parcial de las operaciones o procesos de gestión y manejo de residuos sólidos;*
- f) Otras que el MINAM establezca.*

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES.

UNDÉCIMA. - Instrumentos de gestión ambiental correctivos.

La presentación y aprobación de un instrumento de gestión ambiental correctivo tiene por objeto que, a través de la ejecución de actividades previamente planificadas, los titulares de infraestructura de residuos sólidos que no cuentan con un IGA aprobado, implementen medidas para corregir los impactos ambientales generados y sus eventuales consecuencias, así como medidas preventivas y/o permanentes para contribuir a la sostenibilidad de la actividad durante todo su ciclo de vida, evaluando el riesgo que éstas representan para el ambiente.

Mediante Decreto Supremo refrendado por el MINAM, se establecerán las disposiciones para la presentación del instrumento de gestión ambiental correctivo. En ese sentido, los titulares de las infraestructuras de residuos sólidos que iniciaron operaciones antes de la entrada en vigencia del presente Reglamento, sin contar con un IGA aprobado, deben presentar para su aprobación el instrumento de gestión ambiental correctivo, en el plazo máximo de dos (02) años, contados a partir de la entrada en vigencia del citado Decreto Supremo. En el caso de las infraestructuras de disposición final, solo les corresponde la recuperación o reconversión de áreas degradadas, de conformidad con lo dispuesto en el Título X del presente Reglamento.

Los compromisos que adquiriera el titular de la actividad con la aprobación de un instrumento de gestión ambiental correctivo, deberán ser ejecutados en un plazo máximo de tres (03) años contados desde la aprobación del citado instrumento de gestión ambiental. Asimismo, el instrumento de gestión ambiental correctivo debe contemplar las medidas permanentes de manejo ambiental durante toda la vida útil de la infraestructura.

La aprobación del instrumento de gestión ambiental correctivo se realiza sin perjuicio de la responsabilidad civil, penal o administrativa a que hubiere lugar. Sin perjuicio de la elaboración del instrumento de gestión ambiental correctivo, el titular deberá desarrollar sus actividades de conformidad con el marco legal vigente, debiendo cumplir todas las normas generales emitidas para el manejo de residuos sólidos, agua, efluentes, emisiones, ruidos, suelos, conservación del patrimonio natural y cultural, zonificación, construcción y otras que pudieran corresponder.

3. TRABAJOS PREVIOS LLEVADOS A CABO EN PERÚ.

3.1. Proyectos de investigación.

Se han encontrado los siguientes proyectos, en los que se estudiaron vías para el **aprovechamiento de la fracción orgánica** de los RCA:

- **PIPEI-5-P-023-13** (2014-2016). Producción de un suplemento alimenticio para langostinos (*Litopenaeus vannamei*) a través de un ensilado de desechos del procesamiento de concha de abanico.
- **PVE-1-P-151-15** (2016-2017). Validación de formulaciones de hidrolizado microbiológico controlado de desechos blandos del proceso de concha de abanico, como componentes de biofertilizantes, biocompostajes, bioremediadores o como aditivos de alimentos para especies pecuarias

Ambos proyectos inciden en procesos para la valorización de la fracción orgánica de los RCA, mediante procesos hidrolíticos químicos o microbiológicos, que resultaron ser la mejor alternativa. Nos ha llamado la atención que no se haya considerado una tercera alternativa intermedia entre ambos procesos, que sería la hidrólisis enzimática.

En el segundo de los proyectos, ejecutado por Científicos de Incabiotec SAC, Universidad Nacional de Tumbes y Fiest & Riva SRL, con el financiamiento de Innovate Perú, se llevó a cabo la producción de hidrolizado enriquecido con bacterias probióticas de diversos tipos según las aplicaciones consideradas correspondientes al cultivo de arroz o vid, biocontrol de nematodos

fitopatógenos, compostaje de residuos de la producción de arroz o caña de azúcar, y biorremediación de agua o suelo contaminado con cianuro en relación con la minería.

El proyecto permitió la producción de hidrolizado microbiológico y de formulaciones enriquecidas que condujeron a la obtención de 9 protocolos de producción y de aplicación de productos derivados denominados respectivamente: HIBIOCA Arroz, HIBIOCA Vid, HIBIOCA Nematicida, HIBIOCA Pollo, HIBIOCA Cerdo, HIBIOCA Cascarilla, HIBIOCA Bagazo, HIBIOCA Agua-Cianuro, y HIBIOCA Suelo-Cianuro, mostrando resultados exitosos en todas sus aplicaciones. Estos productos se emplearon como componente de biofertilizantes, biocompostajes, biorremediadores o como aditivo de alimentos para especies pecuarias.

El empleo del producto en alimentación de ganado mostró efectos positivos (disminución de alergias). También se realizaron ensayos en alimentación de langostino en los cuales, el empleo de ensilado de concha de abanico mejoró los resultados de crecimiento respecto al control. HIBIOCA-Arroz, específico para el cultivo de arroz, permitió obtener mayores crecimientos radiculares y foliar y un mayor número de hojas. Por su parte, HIBIOCA-Uva, permitió un aumento significativo del crecimiento de las plántulas de vid⁵.

Otro proyecto de la convocatoria Cienciactiva (**FONDECYT, 2014-2016**) estudió el **uso de la parte mineral** del RCA como material de construcción, concretamente, se realizó una evaluación experimental del uso de conchas de abanico como reemplazo de agregados pétreos en concreto hidráulico con cemento portland.

Se realizaron sustituciones parciales de hasta el 40% de la arena (que suponía un 10% del peso del agregado), con fragmentos de 10-14 mm, observándose que no disminuía severamente la resistencia mecánica, si bien, era necesaria la eliminación de la materia orgánica y existía un riesgo sanitario por presencia de bacterias y hongos. Los resultados de estos trabajos han sido publicados⁶.

El Proyecto **Ingenium** (UDEP, 2016-2017) estudió el empleo de la valva de abanico como agregado de mezclas asfálticas. Se comprobó la factibilidad de este empleo en tamaños de fragmentos de concha inferiores a 4 mm., pudiendo producirse sustituciones de la arena del 100%, incrementando la resistencia al agua y la adherencia del asfalto. Además, en esta aplicación se reduciría el riesgo sanitario de presencia de hongos y bacterias, al realizarse la mezcla a temperaturas de 140 °C.

3.2. Estudios teóricos.

3.2.1. Fabricación de bloques.

En un trabajo ya citado anteriormente, elaborado por Carrillo-Siancas¹, se exploró la viabilidad económica del empleo de concha de abanico, previamente limpiada (despojada de material orgánico) y triturada, para el empleo como material agregado en la fabricación de bloques y adoquines.

El plan de negocio resultante de este estudio arrojaba una viabilidad económica muy favorable, si bien, para ello se planteaba una premisa poco realista consistente en la necesidad de abordar un nicho de mercado resultante de la demanda no cubierta (esto sería asumible) y un 62% del mercado que poseía la empresa Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L. (DINO), muy asentada en la zona.

Lo más relevante de este estudio es que, aunque la viabilidad del plan de negocio fuese tal y como se plasmaba, incluso en un escenario ideal muy favorable, únicamente podría absorber el 3,5% de la cantidad anual generada de RCA, según las estimaciones de este estudio para las 15 plantas procesadoras en Sechura. Esto imposibilitaría esta opción como propuesta integral de actuación para la adecuada gestión y valorización de los RCA.

3.2.2. Fabricación de cemento.

En el mismo trabajo que estudiaba la viabilidad del empleo del residuo de concha de abanico para la fabricación de bloques, también se estudió su empleo en la fabricación de cemento.

En este escenario, se planteaba el empleo del residuo para el proceso productivo de la empresa Cementera Cementos Pacasmayo S.A.A., ubicada en Piura, que este estudio considera como la más moderna de Latinoamérica, automatizada al 100%, con una producción anual de 1,6 millones de toneladas.

En este caso, se plantea el uso del RCA como sustitutivo de la conchuela, mineral constituido por carbonato de calcio principalmente, producido en grandes cantidades enteramente por la naturaleza, como resultado de la acumulación de bancos de conchas o caparazones de moluscos marinos, con un coste de aprovisionamiento en torno a 40 soles por tonelada.

El estudio plantea el uso del RCA sin lavar ni eliminar los restos de materia orgánica, ya que, estos se eliminarían en el propio proceso cementero, al ser calentados a unos 1.400 °C.

El estudio concluye que el empleo de RCA por parte de la cementera resulta rentable por una disminución del coste de aprovisionamiento, en relación con el material actualmente empleado (conchuela) y que permitiría absorber todo el RCA que se genera en la zona. No obstante, hay una serie de consideraciones que nos parecen relevantes y que no se están teniendo en consideración:

- La materia orgánica contenida en el RCA (dado que se plantea el empleo del material sin limpiar) se volatiliza a la temperatura de trabajo, por lo cual, sería necesario tener en cuenta las mermas que esto ocasionaría, para poder comparar la cantidad de RCA equivalente a la de conchuela, en términos de rendimiento final en producto, que sería sensiblemente mayor, alterando así las cifras manejadas para establecer la rentabilidad comparada de un material frente al otro.
- Habría que tener en cuenta también la humedad del RCA en relación con la de la conchuela, que se estima que sería sensiblemente menor. Este hecho incidiría en el mismo sentido que el comentado en el punto anterior.
- La incineración de la materia orgánica generaría gases de combustión que, en algunos casos, podrían tener una incidencia medioambiental negativa. Por ejemplo, los sulfatos presentes en los RCA podrían generar óxidos de azufre, cuya condensación generaría efectos acidificantes bastante nocivos.
- Las sales presentes en los RCA (fundamentalmente NaCl) originarían cenizas que acabarían formando parte del cemento, lo que podría influir en su calidad.

Por estos motivos, consideramos que el empleo de RCA como materia prima para la fabricación del cemento, exigiría su limpieza (lavado y eliminación de materia orgánica).

4. MODELOS IMPLEMENTADOS DE GESTIÓN ALTERNATIVA.

4.1. INNTA S.A.C.

Se ha constatado la existencia de la empresa industrial INNTA S.A.C (Innovaciones Tecnológicas Ambientales) legalmente constituida en Piura (Figura 3), cuyo objeto social es la fabricación de ladrillos ecológicos bajo el sistema de bloquetas, adoquines para pavimentos (para uso en pistas y veredas) cuyo principal componente es la valva de la concha de abanico triturada y similares (mezcla mortero para la construcción). Además, desde la empresa se informa que con la masa visceral de la concha de abanico están obteniendo hidrolizado como suplemento nutricional para el sector agrícola.



Figura 3. Instalaciones y productos de la empresa INNTA S.A.C

Se trata de una empresa que ya está obteniendo productos de construcción a partir de RCA (con distintos productos en mercado), y que han realizado estudios de la aplicación de hidrolizados de la fracción orgánica en cultivos de maíz, limón y hortalizas. No obstante, se desconoce qué proporción de RCA están siendo valorizados por esta vía.

A tenor de la información recabada en la misión realizada en noviembre 2019 llevada a cabo por los técnicos de ANFACO-CECOPESCA, se puede asumir que la envergadura de la actividad productiva llevada a cabo en la empresa, implica un bajo nivel de utilización de RCA, en relación con la cantidad total generada en la zona.

4.2. FIMORS SRI.

En noviembre 2019, en la segunda misión llevada a cabo en Sechura por los técnicos de ANFACO-CECOPESCA, se mantuvo una entrevista con el dueño de esta empresa, que afirma haber desarrollado un prototipo para retirar automáticamente la parte orgánica constitutiva del RCA.

Comentan que la máquina desarrollada aislaría el 100% de las vísceras. Con ello, pretenden separar de forma automática las gónadas, para poder ser comercializadas en refrigeración (para alimentación de langostinos) y también están estudiando el aprovechamiento del manto.

El proceso de implantación de la máquina implica una remodelación de toda la planta para adecuar las instalaciones. Asimismo, el dueño tiene previsto registrar el diseño bajo una patente.

Adicionalmente, como subproducto final del proceso, se espera obtener valva limpia y triturada, para poder ser vendida a las empresas de fabricación de ladrillos. La empresa afirma que el sistema de separación selectiva desarrollado está siendo patentado.

5. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y NECESIDADES.

5.1. Desde el punto de vista legal.

Hay una serie de información de la que carecemos para definir exactamente los incumplimientos que pueden estarse produciendo, de acuerdo con el ordenamiento legal vigente en Perú. En concreto:

- No se conocen los criterios que establecen las condiciones que deben cumplir los residuos no municipales similares a los municipales para poder contar con dicha consideración. La única información que se ha podido encontrar al respecto es lo que se menciona en el Art. 119.1 de la Ley General del Ambiente (Ley Nº 28611), "*La gestión de los residuos sólidos de origen doméstico, comercial o que siendo de origen distinto presenten características similares a aquellos, son de responsabilidad de los gobiernos locales*".

No obstante, dado que según lo que establece el Decreto Legislativo Nº 1278 (en adelante, DL-1278), los rellenos sanitarios son estructuras de disposición final para residuos sólidos municipales o similares a municipales, mientras que los rellenos de seguridad deben ser empleados para residuos no municipales peligrosos, podría interpretarse que los RCA, al no tratarse de residuos peligrosos, podrían ser considerados similares a los municipales, consideración ésta que, en cualquier caso, debería ser avalada con mayor concreción según una base legal.

- No se conocen las cuantías diarias generadas por las empresas productoras para saber si, en caso de que los RCA sean considerados residuos similares a los municipales, cumplen con la cuantía máxima de 150l diarios que establece el Art. 47 de del DL-1278 como límite hasta el cual es exigible a la municipalidad la gestión de los residuos. No obstante, cabe suponer que todas las empresas productoras superan dicha cuantía.

- Tampoco se sabe si alguna empresa genera más de 500l diarios de RCA, cantidad a partir de la cual, aunque los RCA pudieran ser considerados similares a los residuos municipales, la gestión debe hacerse a través de una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS)., según el Art. 34 del DL-1278. Pese a no tener los datos de cada empresa, también cabe suponer que todas las empresas productoras superan esta cantidad.
- No se sabe si en Sechura se dan los supuestos establecidos en el Art. 48f del DL-1278 (no exista en la zona infraestructura de residuos sólidos autorizada y/o EO-RS), en cuyo caso, las empresas generadoras de RCA deberían implementar medidas de gestión e incluirlas en el IGA.
- No se conoce el número de empresas que cuentan con el IGA.

La gestión actual de los RCA podría asimilarse a lo expuesto en el Art. 69 del DL-1278, si cumplierse lo siguiente:

- Los RCA puedan ser considerados similares a los residuos municipales.
- El botadero cumplierse con los requisitos necesarios para ser considerado un relleno sanitario (Art. 114 del DL-1278).

Es notorio que el botadero no cumple con estos requisitos, lo que constituye un incumplimiento del ordenamiento legal.

5.2. Desde el punto de vista técnico y económico.

A la vista de lo expuesto en el apartado 3, se ha trabajado en la elaboración de propuestas que plantean opciones de valorización, respecto a las cuales, hemos de hacer las siguientes consideraciones:

- Las propuestas basadas en proyectos de investigación, que aportan un enfoque riguroso desde el punto de vista científico-técnico, refrendadas con datos experimentales, no toman en consideración aspectos económicos que sostenga la viabilidad de la propuesta (entendemos que se trata de un escenario dirigido a comprobar, en primer lugar, la viabilidad tecnológica).

- Los estudios que se centran en la viabilidad económica de propuestas de valorización no contemplan aspectos técnicos que pueden ser relevantes, como se mencionó en el apartado correspondiente.
- Algunas de las propuestas no tienen, en caso de materializarse, entidad suficiente para constituir una solución integral al problema de la gestión de los RCA.
- Si bien, las propuestas tecnológicamente más avanzadas resultan más prometedoras, la urgencia por solventar la situación actual, debe conducir a soluciones con un carácter más práctico que implique:
 - ✓ Procesos sencillos y fáciles de implementar
 - ✓ Inversión contenida
 - ✓ Elaborar productos dirigidos a mercados de demanda masiva, no muy especializados.
 - ✓ En caso de que los productos desarrollados se dirijan a mercados no cercanos, deben primarse aquellas opciones que conducen a productos no perecederos, o que no requieran condiciones de conservación muy exigentes, a fin de minimizar costes logísticos que limiten la viabilidad económica.
 - ✓ Permitir fórmulas asociativas para promover una iniciativa conjunta de los procesadores, a fin de minimizar el coste de tratamiento por unidad másica

6. ANÁLISIS DAFO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

Se ha confeccionado el siguiente análisis DAFO, con la información que actualmente se posee acerca de la gestión de los RCA.:

DEBILIDADES

- Limitados recursos financieros para acometer inversiones en grandes infraestructuras industriales.
- Bajo nivel de tecnificación y cualificación.
- Necesidad de un mayor esfuerzo de sensibilización medioambiental.
- Imposibilidad de plantear diversos escenarios de alternativas de valorización por la ausencia de un gran tejido industrial o agropecuario que pueda ser destinatario.
- Actividad productiva muy influenciada por fenómenos meteorológicos.

FORTALEZAS

- Gran experiencia con el recurso acuícola, que puede ayudar a apoyar socialmente iniciativas relacionadas con él.
- Amplia disponibilidad de terreno para destinar a uso industrial.
- Existencia de conocimiento previo, relativo a experiencias piloto para la valorización de los residuos.
- Conciencia de la necesidad de abordar cambios en la gestión que consigan mejoras notables a medio plazo.

AMENAZAS

- Nuevo desarrollo legislativo sobre gestión de residuos sólidos, que puede acarrear sanciones o cierres de empresas, en caso de que no se produzcan cambios en la actual gestión del residuo.
- Prolongado marco permisivo con una gestión deficiente, que puede propiciar continuas comparaciones económicas con un hipotético y necesario nuevo marco de gestión, que inicialmente implicará demandas de inversión, no sólo pública, sino también privada.

OPORTUNIDADES

- El nuevo marco legislativo puede propiciar el apoyo de las administraciones públicas, para promover el desarrollo de acciones de gestión y tratamiento adecuadas.
- Al partir de una situación muy deficiente, cualquier mejora va a suponer un importante y beneficioso impacto sobre el medio ambiente.
- La relevancia de la región, en términos de producción del recurso, supone un buen escaparate para visibilizar las mejoras, que redundarán en un beneficio colectivo para los habitantes de la zona.
- La certificación de pesquerías MSC, que se pretende conseguir para el aprovechamiento de la concha de abanico, también impulsará la acometida de medidas para una correcta gestión de los residuos.

7. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN DE MAYOR URGENCIA.

7.1. Medidas para el cumplimiento de la ordenación legal vigente.

Si los RCA pueden ser considerados residuos asimilables a residuos municipales (asunción que deberá ser contrastada), el botadero tendrá que ser reconvertido para adecuarse a los requisitos que debe cumplir un relleno sanitario, de acuerdo con el Art. 114 del DL-1278. Estos requisitos son:

- a) Impermeabilización de la base y los taludes del relleno para evitar la contaminación ambiental por lixiviados ($k \leq 1 \times 10^{-6}$ cm/s y en un espesor mínimo de 0.40 m); salvo que se cuente con una barrera geológica natural para dichos fines, lo cual estará sustentado técnicamente.

De no cumplir con las condiciones antes descritas, la impermeabilización de la base y los taludes del relleno deben considerar el uso de geomembrana con un espesor mínimo de 1.2. mm y el uso de geotextil entre la geomembrana;

- b) Drenes de lixiviados con planta de tratamiento o sistema de recirculación interna de los mismos;
- c) Drenes y chimeneas de evacuación y control de gases;
- d) Canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial;
- e) Barreras sanitarias, que pueden ser barreras naturales o artificiales que contribuyan a reducir los impactos negativos y proteger a la población de posibles riesgos sanitarios y ambientales.
- f) Pozos para el monitoreo de agua subterránea, en caso corresponda;
- g) Sistemas de monitoreo y control de gases y lixiviados;
- h) Señalización y letreros de información conforme a la normativa sobre seguridad y salud en el trabajo;
- i) Sistema de pesaje y registro;
- j) Control de vectores y roedores;
- k) Instalaciones complementarias, tales como caseta de control, oficinas administrativas, almacén, servicios higiénicos y vestuario.

Para el caso de rellenos sanitarios que manejen más de 200 toneladas de residuos sólidos diarios, se debe implementar progresivamente la captura y quema centralizada de gases, a efectos de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En caso de que sean menores a las 200 toneladas diarias, deben implementarse captura y quema convencional de gases u otra medida orientada a la mitigación de gases de efecto invernadero. Del mismo modo, podrán incluir actividades de valorización energética a través del uso de la biomasa para la generación de energía.

Asimismo, de acuerdo con el Art. 115 del Decreto Legislativo N° 1278, las operaciones mínimas que deben realizarse en un relleno sanitario son:

- a) Recepción, pesaje y registro del tipo y volumen de los residuos sólidos;
- b) Nivelación y compactación diaria para la conformación de las celdas de residuos sólidos;
- c) Cobertura diaria de los residuos con capas de material que permita el correcto confinamiento de los mismos;
- d) Compactación diaria de la celda en capas de un espesor no menor de 0.20 m.
- e) Cobertura final con material de un espesor no menor de 0.50 m;
- f) Monitoreo de los parámetros establecidos en la línea base para la calidad del aire, suelo, ruido y agua superficial o subterránea, en caso corresponda;

- g) Mantenimiento de pozos de monitoreo, drenes de lixiviados, chimeneas para evacuación y control de gases, canaletas superficiales.

7.2. Medidas para facilitar la valorización de los RCA.

En este apartado, se aportan propuestas que, además de permitir cumplir con la legislación vigente, puedan constituir procesos que aprovechen el valor, en la medida de lo posible, de los materiales que constituyen los RCA (parte orgánica e inorgánica).

Para poder abordar esta valorización, consideramos esencial la realización de los siguientes cambios operacionales o logísticos:

7.2.1. Separación en origen:

Para poder valorizar lo mejor posible los RCA, teniendo en cuenta las divergencias en composición y posibles usos de sus constituyentes, es necesario aislar la valva de la parte orgánica.

Es lógico asumir que es más sencillo y menos costoso hacer esta segregación en origen, mientras se procesa, que hacerlo en el centro de tratamiento. Dado que la separación de la vianda se hace de forma manual, la segregación en origen únicamente implicaría la separación manual de la parte orgánica, y la disposición de contenedores individualizados, en planta de procesado, para la acumulación segregada de valva y residuo orgánico.

Además, esto estaría en consonancia con el cumplimiento de lo expuesto en el Art. 11 del DL-1278, sobre segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos.

7.2.2. Constitución de un ente de gestión.

Desde un punto de vista económico, los procesos de valorización que podrían ejecutarse, serían más viables cuanto mayor sea el volumen de material a tratar. Esto implica una gestión conjunta de los RCA generados por todas las empresas productoras. Por lo tanto, deberían implementarse instalaciones que dieran servicio a todas las empresas generadoras del residuo, que podría ser:

- Promovida por entidades públicas.
- Promovida por las empresas procesadoras, de forma asociativa. Sería algo similar a lo llevado a cabo por parte de la industria española de producción de conservas de productos marinos, cuando constituyeron fábricas de harina de pescado, para aprovechar los subproductos de sus procesos, o cuando constituyeron una entidad para el tratamiento y aprovechamiento de la concha de mejillón.

En este sentido, cabe destacar que en la última misión llevada a cabo por los técnicos de ANFACO-CECOPESCA (noviembre 2019), se ha constatado la existencia de una asociación de la que forman parte las principales plantas de procesado primario de concha de abanico (Dissan, Kati Vissa, Mi Único Dios Jehová, Acuaizer, Productos Hidroobiológicos Z, Piura See Food, Acuiberlin), que han creado la asociación APROPLIS y, de momento, han comenzado a enterrar los RCA en lugar de llevarlos al botadero.

8. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN.

8.1. Fracción orgánica.

La fracción orgánica está constituida por las vísceras, el manto y las gónadas (en aquellos casos en que éstas no forman parte del producto comercial) de la concha de abanico. No se dispone de la composición proximal, pero es de suponer que esté constituida fundamentalmente por proteína, pudiendo contener también carbohidratos y lípidos.

Se propone su empleo para la fabricación de harinas para alimentación animal o piscícola. Los postulados en los que se sustenta esta propuesta son los siguientes:

- La obtención de un producto para alimentación animal o piscícola aporta mayor valor añadido que una iniciativa que desarrolle productos fertilizantes, especialmente si tenemos en cuenta que se trata de una zona que no tiene un importante uso agrícola del terreno, lo que implica que el desarrollo de productos fertilizantes se destinaría a mercados no próximos, con la consiguiente pérdida de ingresos derivada del coste de transporte.
- En relación con otras propuestas que implican procesos hidrolíticos, en los que los componentes de interés son solubilizados en una corriente acuosa, la producción de harinas requiere menos gastos de energía térmica para conseguir un producto seco estable, dado que se trabaja con producto sólido.
- El proceso y la tecnología son bien conocidos, tienen un alto grado de implantación y no existen riesgos tecnológicos para el proceso.
- El proceso tiene cierta flexibilidad, lo que permite admitir otro tipo de materiales que pudiesen ser procesados, redundando en una mejor amortización de la inversión.

En la Figura 4 se muestra el diagrama de flujo del proceso de fabricación de harinas y aceites de pescado. En el caso de la fracción orgánica de RCA, la parte del proceso identificada como opcional, que consiste en la evaporación de las aguas de cola de la centrifugación, podría no interesar implementarla, dado que la inversión en un evaporador es importante y esta fase compensa cuando esta corriente tiene un contenido de proteína en torno a un 6% y la producción es elevada. Además, la inclusión del producto de evaporación de esta corriente en la harina final, produce una merma en su calidad, al incrementar el contenido de materia mineral.

Dado que esta corriente líquida no puede ser vertida sin depurar, lo más apropiado sería tratarla mediante un proceso de filtración con membranas, de forma que la mayor parte del contenido orgánico se quedase en la fracción de concentrado (fase que no atraviesa los poros de la membrana). De esta forma, en condiciones favorables, podría llegar a confinarse la mayor parte del contenido orgánico en un volumen equivalente al 10-20% del volumen inicial.

Esta corriente concentrada, en función de sus características, podría ser empleada para distintas aplicaciones. Así, podría formar parte de un fertilizante líquido (habría que determinar su concentración en Nitrógeno y Fósforo). Por otra parte, al conseguir una reducción importante del volumen y fluir la gran parte del contenido en sales al permeado (corriente que atraviesa la membrana), sería más viable económicamente su evaporación para formar parte de la harina final.

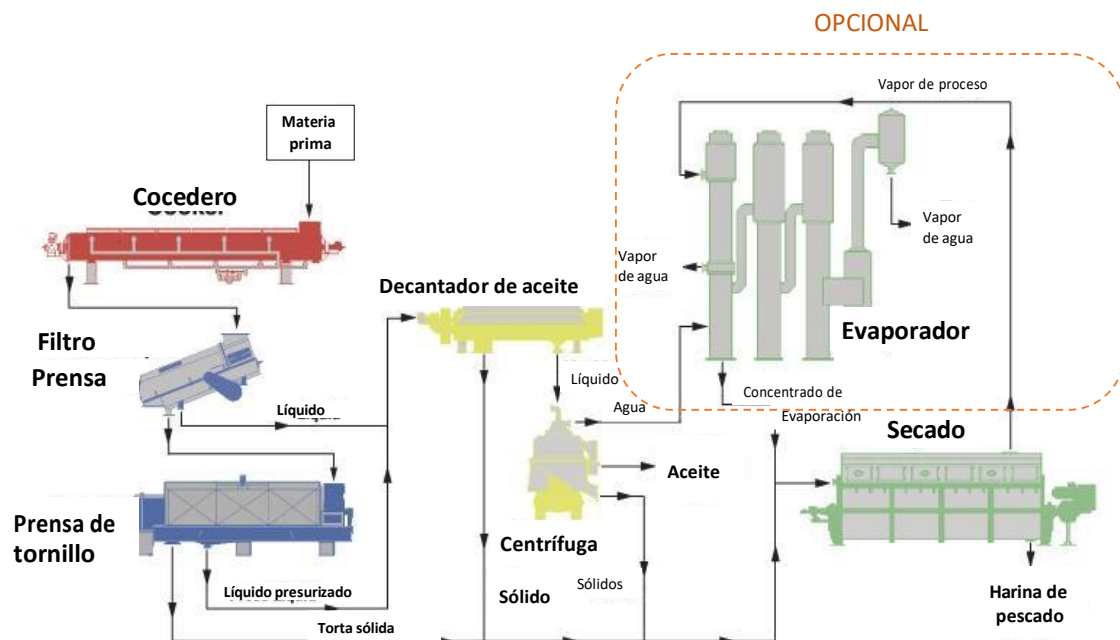


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de harina de pescado.

La corriente de permeado acumularía la mayor parte del contenido salino del agua de cola inicial y su contenido en materia orgánica sería bajo. No obstante, para que esto sea así, habría que hacer ensayos previos para determinar el tamaño de poro de membrana más adecuado (ultra o nanofiltración) para conseguir que la mayor parte de la materia orgánica no la atravesase, permitiendo a su vez un adecuado desarrollo del proceso, evitando colmataciones en la membrana. Para esto último, sería conveniente una filtración previa del agua (lo más adecuado sería una microfiltración) para eliminar sólidos de pequeño tamaño que enseguida dificultarían la operación de una membrana de ultra o nanofiltración.

Asumiendo el valor de 25.000 TM anuales de generación de RCA, con un contenido del 22% de residuo orgánico y un contenido de humedad en torno al 60%, podría alcanzarse una producción anual de harina próxima a las 2.000 TM al año.

8.2. Fracción mineral.

Para la parte inorgánica del RCA (valva) se propone su uso como material de construcción. Este empleo no resulta novedoso, en relación con estudios ya abordados o iniciativas empresariales de moderada envergadura puestas en marcha en Sechura.

Como es bien conocido, las conchas de los moluscos bivalvos están constituidas básicamente por carbonato cálcico, si bien, para romper la estructura cristalina que el carbonato cálcico adopta en las conchas (aragonita) han de emplearse altas temperaturas. Es por ello que económicamente las conchas no pueden competir con el carbonato cálcico de minería, en aquellas aplicaciones que requieren un carbonato con estructura de calcita.

Sin embargo, en su empleo en procesos que implican altas temperaturas (como el de fabricación de cemento) no tendría tanta relevancia que el material de partida estuviese en forma de aragonita, dado que, en el proceso se produciría su calcinación con el consiguiente cambio de estructura.

Hay una serie de materiales de construcción en los que, la estructura química que adopta el carbonato cálcico en las conchas de bivalvos, no tendría influencia en lo relativo a ser empleadas en su formulación. En los casos que se describen a continuación, este empleo ha sido estudiado.

8.2.1. Fabricación de hormigón (concreto).

Hay diversos estudios del empleo de conchas de moluscos como sustitutivos de áridos convencionales (gravilla o arena) en el proceso de fabricación de hormigón (Figura 5)⁷. Los moluscos empleados en los estudios recogidos en esta figura fueron bígaro, ostra, berberecho, vieira, lapa y mejillón, en su mayoría en sustitución del árido grueso (gravilla hasta 25 mm de tamaño máximo), o del fino (hasta un tamaño de 5 mm). En ningún estudio se incluyen la sustitución conjunta del árido convencional por arena y gravilla de conchas marinas⁷.

Del tratamiento de los datos aportados por estos estudios se deriva que cuanto mayor es el grado de sustitución del árido convencional por la concha de moluscos, menor es la densidad del hormigón, incidiendo todo ello en una disminución en el asiento del hormigón (mayor consistencia de la pasta fresca y menos trabajable es la masa de hormigón) ⁷.

En los trabajos llevados a cabo por Martínez⁷, se hizo un tratamiento térmico de la concha de mejillón a 135 °C durante 30 minutos para poder considerar la concha como material inerte. Se observó que el contenido de materia orgánica de la concha puede afectar a sus propiedades. Parte de esta materia orgánica está aportada por polímeros presentes en la concha, como el quitosano. La forma lajosa de la concha influyó en la disminución del asiento del hormigón y de sus propiedades mecánicas (resistencia y elasticidad) al afectar a la adherencia entre el árido de concha y la pasta. Esta adherencia también se vio afectada por el contenido de materia orgánica, que influyó en otras propiedades, tales como un aumento de la porosidad, retardo en el fraguado y aumento de la viscosidad de la pasta, afectando negativamente a la fluidez. Estos efectos se apreciaron más al emplear partículas finas (arena) que con partículas gruesas (gravilla).

Por todo ello, Martínez⁷ concluye que la sustitución de hasta un 25% de áridos convencionales por áridos de concha de mejillón (arena o gravilla) o de un 12,5% (arena y gravilla juntos) son adecuados para fabricar hormigón estructural y hormigón de limpieza. Este empleo tendría cabida en las nuevas líneas de elementos prefabricados, abriendo el abanico de su aplicación a elementos tales como ladrillos, bloques, tableros, paneles o elementos de cubiertas, resultando fundamental el control de la granulometría de la concha aportada. Estos resultados han sido difundidos en congresos^{8, 9} y en una publicación científica¹⁰.

Como se mencionó en el apartado 3.1 de este documento, Varhen *et al.*⁶ estudiaron el empleo de valva de concha de abanico como agregado fino en la fabricación de hormigón, concluyendo que sus propiedades dependen de la distribución de tamaño de partículas en el agregado global, estando limitado el nivel máximo de sustitución en función del tamaño de partícula. Así, se pueden alcanzar niveles de sustitución del 40% para partículas de 1,19-4,76 mm, siendo posible una sustitución del 5% para cualquier tamaño de partícula. También se observó que la geometría de las partículas del agregado grueso tenía influencia en las propiedades del hormigón obtenido empleando la concha de abanico. Así, las formas angulares en el agregado grueso eran más favorables.

Especie		Tamaño	Tratamiento	Año/autor	País	Propiedades estudiadas
Gravilla	Arena					
Bígaro	-	6,3-20 mm	Lavados y secados al aire a tª ambiente	1995, Falade (9)	Reino Unido	Densidad, Consistencia, Rc, Rt
Mejillón	-	-	Inmersión 90°C cocederos	2004, Barnaby (21)	Nueva Zelanda	Densidad, Consistencia, Rc, C. térmica
Vieira	-	5-25 mm	-	2004, Sugiyama (20)	Japón	Rc, Módulos
-	Ostra	5 mm	110°C 24h	2005, Yang (14)	Corea del Sur	Consistencia, C.A., Tiempo fraguado, Rc, Rt, Módulos
Bígaro	-	8-20 mm	Secado al sol	2008, Adewuyi (10)	Nigeria	Densidad, Consistencia, Rc
Bígaro	-	3,35-15 mm	-	2009, Awaro (11)	Nigeria	Densidad, Rc
Bígaro	-	12,70 mm	105 °C 4h	2009, Olufemi (12)	Nigeria	Densidad, Consistencia
-	Ostra	1,27 – 8 mm	Varios (*)	2010, Kelley (15)	USA	Densidad, Absorción, Porosidad, C.A., Rc, Permeabilidad, Rc, Módulos, Retracción, Durabilidad, Carbonatación, Ataque químico, Permeabilidad
-	Ostra	5 mm	110°C 24h	2010, Yang (16)	Corea del Sur	
Berberecho	-	-	250-300 °C	2011, Sahari (18)	Malasia	Rc
Berberecho	-	10 – 14 mm	Lavado con agua(**)	2012, Sabri (19)	Malasia	Consistencia, Rc
Lapas (Crepidula)	-	2/4 mm, 4/6,3 mm	-	2013, Nguyen (13)	Francia	Densidad, Consistencia, Rc, Rt, , Porosidad, Permeabilidad
Vieira	-	2-4 mm	No se limpia ni se trata	2013, Nguyen (24)	Francia	Dens., Consist., Rc, Rf, Porosidad, Permeabilidad, R.abrasión, Durabilidad
-	Berberecho	Filler	105°C 24h	2013, Nor Hazurina (23)	Malasia	Rc, Rt, Módulos, Porosidad, Permeabilidad
Ostra	Ostra	1,18-4 mm, 4-20 mm	-	2013, Richardson (17)	Reino Unido	Rc, Porosidad, Permeabilidad
-	Vieira	0-5 mm	-	2015, Cuadrado Rica (22)	Francia	C.A., Densidad, Consist., Rc, Rt, Permeabilidad, Migración de cloro, Durabilidad, PIM

(*)1. Secado al aire + inmersión varios días en agua con lejía + mezclados con lejía y abrasivos (arena, gravilla, piedra caliza). 2. Agua limpia + solución de vinagre blanco + gravilla + inmersión de 48h en bicarbonato de sodio.

(**) Las conchas proceden de la venta en fresco del berberecho.

Rc= resistencia a compresión, Rt=resistencia a tracción, C.A.=contenido en aires, PIM= porosimetría de intrusión de mercurio

Figura 5. Estudios sobre hormigón con áridos de conchas marinas⁷.

8.2.2. Fabricación de morteros.

También existen diversas publicaciones que recogen el estudio del empleo de conchas marinas para sustituir los áridos en la fabricación de morteros (Figura 6)⁷. La mayoría de estos estudios analizó las posibilidades del empleo de las conchas de ostra en la fabricación de morteros de cemento. Los áridos resultantes de triturar estas conchas se utilizaron como sustitutos de la arena natural en distintos porcentajes, concluyéndose que la fluidez, la densidad y la resistencia a compresión disminuyen cuando aumenta la proporción de concha empleada. El aumento de consistencias se debe a que el árido procedente de conchas marinas tiene una forma más irregular y su absorción de agua de amasado es superior a la de la arena convencional. Esta característica singular de las partículas de ostra genera mayor porosidad y provoca el aumento del volumen de poros que, a su vez, influye directamente en la disminución de la densidad y de la resistencia a compresión⁷.

Especie		Tamaño	Tratamiento	Año/autor	País	Propiedades estudiadas
Arena	Filler					
Ostra	-			2003, Yoon Gil-Lim (5)	Corea del Sur	Rc, tiempo curado
Ostra	-		105°C	2004, Yoon Hyunsuk (25)	Corea del Sur	Rc
Mejillón	Mejillón	< 0,063mm	Varios (*)	2007, Ballester (31)	España	Rc, Rt, trabajabilidad, adhesión
Varios (**)	-		110°C 24h	2012, Lertwattanakul (32)	Thailandia	Trabajabilidad, tiempo fraguado, Rc, retracción, C. térmica
Ostra	-		105°C 24h	2012, Zhong (26)	China	Rc, resistencia rotura
Ostra	-		-	2013, Wang (27)	China	Trabajabilidad, tiempo fraguado, Rc, absorción, retracción
Ostra	-	0 - 1,18 mm	-	2013, Kuo (28)	China	Trabajabilidad, penetración, Rc, absorción, porosidad, retracción, otros(+)
Ostra	-	0 - 5 mm	105°C	2015, Safi (29)	Argelia	Trabajabilidad, densidad, absorción, porosidad, Rc, Rt, módulos, (++)

(*) Lavado para sacar las sales + tratamiento térmico para eliminación agua y materia orgánica + molido del producto calcinado.

(**) Mejillón, almeja, berberecho y ostra

(+) Ultrasonidos, ensayo resistencia impactos, propiedades en la interfaz microscópica, ataque sulfatos

(++) Análisis de la macroestructura ligante-concha

Figura 6. Estudio sobre morteros con empleo de conchas marinas⁷.

8.2.3. Otros usos en construcción.

También hay estudios del empleo de concha en usos no ligados (sin adición de agente aglutinante o aglomerante que mantenga las partículas unidas), orientándola esencialmente hacia la obtención de aislantes térmicos, acústicos o hidrófugos, además de la aplicación típica, muy empleada en Galicia, como acondicionador de suelos (muy útil en el caso de suelos ácidos, comunes en Galicia). El empleo de concha no ligada es habitual en Dinamarca, donde, después de lavarse y compactarse, la concha de mejillón es empleada en cimentaciones y cubiertas, jugando un papel de aislante térmico y barrera capilar⁷.

Como ya se ha mencionado, en Galicia es muy habitual la aplicación de conchas de moluscos bivalvos (berberecho, mejillón o almeja) al suelo, como corrector de pH y cubierta de relleno. Hay diversos estudios del aporte de conchas de moluscos como componentes del suelo o el pavimento.

Carnero *et al.*¹¹ estudiaron el empleo de inertes de concha de mejillón (tras su calcinación) como material de construcción para capas de firmes forestales. Ruiz y Farfán¹² estudiaron el empleo de valvas de concha de abanico en la estabilización del suelo arenoso. En este caso, las conchas marinas fueron lavadas, secadas al sol y trituradas. En estas condiciones se comprobó que el empleo de un 45% de este material como base cumplía con los estándares de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) para la finalidad perseguida.

Jayaganesh *et al.*¹³ estudiaron el efecto de la adición de polvo de concha marina sobre las propiedades de compresión de mezclas bituminosas para firmes de suelos. Arabani *et al.*¹⁴ evaluaron el empleo de conchas marinas en sustitución de relleno virgen en mezclas de asfalto caliente, mostrando que su empleo mejoraba la fatiga y deformación.

8.2.4. Conclusiones y recomendaciones.

La información que se ha recogido muestra que hay multitud de trabajos que han estudiado las propiedades y características técnicas de diversos materiales de construcción, empleando el componente mineral de distintas conchas de moluscos. Estos estudios rebasan con creces la envergadura y grado de tecnificación en esta materia que persigue este informe.

Asimismo, alguno de estos trabajos ha sido desarrollado en Piura con la valva de los RCA, observándose también una incipiente actividad industrial que comienza a poner en práctica alguno de los conocimientos aportados por estos trabajos.

Es por ello que, en la parte correspondiente a la valorización de la fracción inorgánica de los RCA, este informe únicamente pretende recalcar aquellos aspectos que en los distintos estudios han quedado manifiestamente patentes, que son los siguientes:

- A pesar de que la valorización de esta fracción ha de hacerse una vez ha sido despojada de la fracción orgánica, es necesaria una etapa de lavado para eliminar posibles restos que pudiesen haber quedado, así como para minimizar la presencia de otras sustancias (como cloruros) que puedan afectar negativamente a los materiales elaborados, o al cumplimiento de las especificaciones técnicas fijadas para las materias primas a emplear en los procesos de fabricación de los materiales.
- Hay que tener en cuenta que puede haber un pequeño porcentaje de contenido orgánico que es intrínseco al material (como la quitina presente en su estructura interna) que no es fácilmente eliminable, salvo que se someta la concha a un proceso de calcinación, poco viable económicamente.
- En caso de que la retirada del componente orgánico del RCA y el proceso de lavado no hayan sido eficientes, puede ser necesario un tratamiento de higienización para reducir los riesgos sanitarios del manejo del material. Si la legislación peruana exigiese el empleo de materiales inertes, la higienización sería de obligado cumplimiento.
- Los procesos de fabricación de cemento y asfaltos exigen trabajar con las mezclas a temperaturas superiores a 100° C, lo que no haría necesario un tratamiento térmico específico para la concha. Además, parece que la aplicación de la concha en asfaltos permite un mayor grado de sustitución.
- Dado que la granulometría juega un papel importante en las propiedades de los materiales para cuya fabricación puede ser aplicable la parte mineral del RCA, es necesario un proceso de selección granulométrica para cada aplicabilidad.
- El binomio formado por la granulometría y el grado de sustitución de los áridos convencionales por áridos procedentes de las conchas, deben ser rigurosamente estudiados en relación con las propiedades mecánicas de los materiales a elaborar.
- Deben estandarizarse al máximo los procesos de tratamiento de las conchas para conseguir una materia prima lo más homogénea posible, en función de la aplicación perseguida.

8.3. Esquema de la propuesta.

En la Figura 7 se muestra, a modo de resumen, un diagrama de flujo de los procesos propuestos para la mejora en la gestión de los RCA, mediante el aprovechamiento de sus componentes.

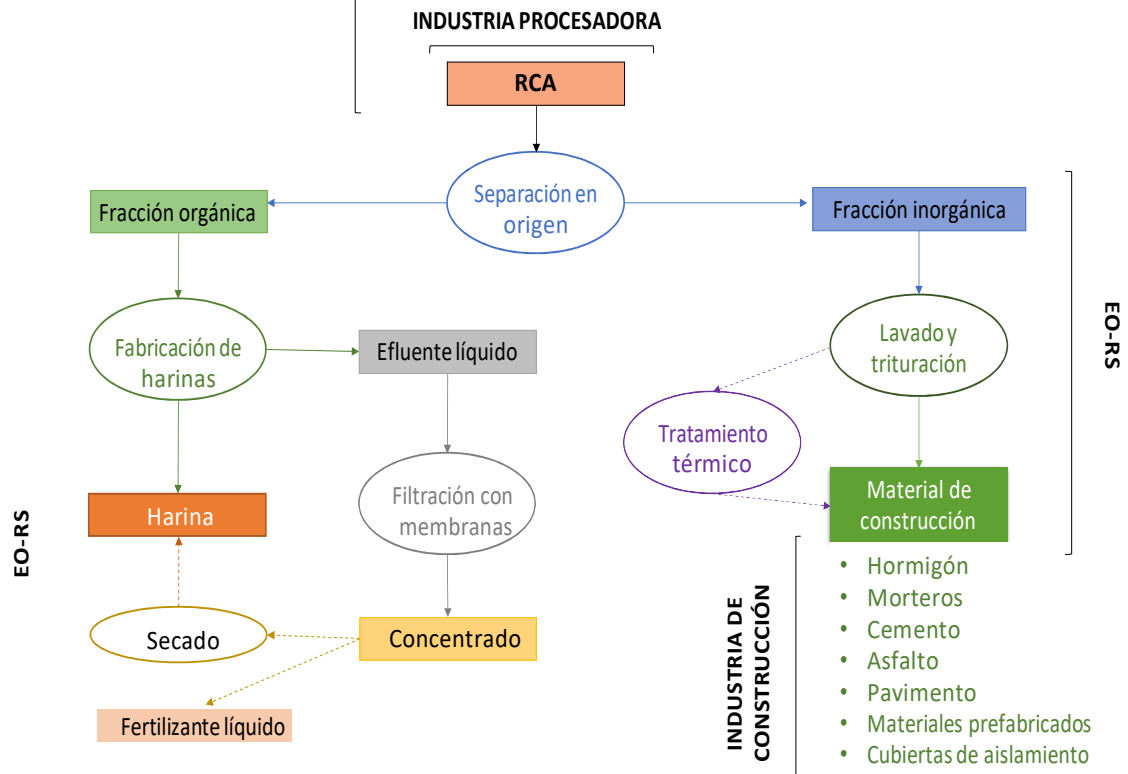


Figura 7. Diagrama de flujo de los procesos propuestos para la valorización de los RCA. Las líneas discontinuas indican procesos opcionales o que se deben realizar en función de las circunstancias, según se ha comentado previamente.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- ¹ Carrillo-Siancas, S. (2017). viabilidad del reciclaje de la concha de abanico en la industria de la construcción. Universidad de Piura.
- ² CETMAR (2018). Informe Misión de Identificación Participativa en el ámbito de la pesca y acuicultura artesanal en la Bahía de Sechura, Piura, Perú.
- ³ Blgo. Víctor Ovalle. Presentación y reportes de la generación y manejo de residuos hidrobiológicos generados en el cultivo y procesamiento de la especie concha de abanico – Sechura. Seminario “Manejo y reaprovechamiento de residuos hidrobiológicos generados en las actividades de cultivo y procesamiento de la especie concha de abanico – Sechura”. Lima, 26 de julio de 2017
- ⁴ Encomendero, E. y F. Uchpa. (2002). Producción de ensilado biológico de subproductos de Concha de Abanico (*Argopecten purpuratus*). Universidad Nacional del Santa. Chimbote (Perú) CIVA 2002. 292-298. [<http://www.civa2002.org>, 292-298] 24 de enero de 200
- ⁵ López-Luna L., Diringer B., Fabián F., Rojas L., Baylon V., Condemarin C., Cordova S., Mogollón C., Astudillo S., López J., Toribio T., Cornejo M., Lucero C., Vieyra Peña E., Y Mialhe E. (2019). Valorización de los desechos blandos del proceso de concha de banico mediante la producción biotecnológica de hidrolizado enriquecido con microorganismos caracterizados molecularmente y benéficos para aplicaciones agropecuarias y ambientales. Aquahoy.
- ⁶ Varhen C., Carrillo S. And Ruiz G. (2017). Experimental investigation of Peruvian scallop used as fine aggregate in concrete. Construction and Building Materials 136, 533-540.
- ⁷ Martínez García C. (2016). Estudio del comportamiento de la concha de mejillón como árido para la fabricación de hormigones en masa. Universidade de A Coruña.
- ⁸ González-Fonteboa B., Carro-López D., Martínez-Abella F., Martínez-García C. and Seara-Paz S. (2015). Effects of seashell aggregates in concrete properties. 1st International Conference of Bio-based Building Materials, Clermont-Ferrand (France), 22-24 June 2015.
- ⁹ González-Fonteboa, B.; Carro-López D., Martínez-Abella F., Martínez-García C. y Seara-Paz S. (2015). Hormigones de limpieza y en masa con áridos procedentes de concha de bivalvo Lisboa (Portugal), 8 - 10 septiembre 2015.
- ¹⁰ Martínez-García., González-Fonteboa B., Martínez-Abella F. and Carro- López D. (2017). Performance of ussel shell as aggregate in plain concrete. Construction and Building Materials 139, 570-583.
- ¹¹ Carnero M., Fernández M.E., Carreira X.C. y Méndez M. (2009). Mezclas de zahorras naturales y concha de mejillón para firmes de vías forestales. XIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Badajoz, 8-10 de julio de 2009.
- ¹² Ruiz G. and Farfán P. (2016). use of crushed seashell by-products for sandy subgrade stabilization for pavement purpose. 14th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Engineering Innovations for Global Sustainability”, 20-22 July 2016, San José, Costa Rica.
- ¹³ Jayaganesh K., Yuvaraj C., Yuvaraj D., Nithesh C. and Karthik G. (2012). Effect of bitumen emulsion and sea shell powder in the unconfined compressive strength of black cotton soil. Journal of Engineering Research and Applications, 2 (3), 242-245.
- ¹⁴ Arabani M., Babamohammadi S. and Azarhoosh A.R. (2014). Experimental investigation of seashells used as filler in hot mix asphalt. International Journal of Pavement Engineering, 16 (6).