

Analysis of High-Pressure Processing (HPP) Demand in The Food Sector in Peru

James Elver Llamó Terrones, Ing.1, Zuly Roxana Huamán Quispe, Ing.1, and Edward Rojas, Mg.1

¹Universidad Antonio Ruiz de Montoya, Perú, james.llamo@uarm.pe, Zuly.huaman@uarm.pe
INCOAB S.A.C, Perú, jonatanerp@gmail.com

Abstract – The demand for high pressure processing in the world has been increasing because it provides a practical and effective solution against food degradation. In addition, this technology can decrease populations of microorganisms harmful to people's health due to contaminated products. Therefore, high pressures represent a cutting-edge technology for food treatment that can be used anywhere in the world. Although this technology is industrial, there are companies like Zhao (China) that sell equipment from 5 liters that can be used for laboratories. This equipment has a FOB price of approximately 110 thousand dollars more.

Peru, as a developing country, does not yet have all the tools needed to obtain mass consumer mass consumer products with high standards of health. Annually some of our food products are observed by the FDA [1] which leads to the loss of credibility in the international market. The issue of health care affects not only the international market, but also the domestic market, as in 2016, Law No. 30021 restricts the use of sugar, sodium, trans fats and saturated fats was passed [2], making the problem of health, a matter of national and international markets.

Correct determination of the demand for high pressure processing allows the appropriate equipment to be allocated at strategic points that allow small entrepreneurs to have the technology through a maquila service without incurring high fixed costs. In this way, it ensures that it meets most of the demand and the brand of Peruvian products reaches position in national and international markets. Some of the variables to consider for the positioning of a maquila service will be quantities exported by products and the location of exporting companies.

Keywords-- High pressure processing, healthy foods, microorganisms.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.301>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Analysis of High-Pressure Processing (HPP) Demand in The Food Sector in Peru

James Elver Llamo Terrones, Ing.¹, Zuly Roxana Huamán Quispe, Ing.¹, and Edward Rojas, Mg.¹

¹Universidad Antonio Ruiz de Montoya, Perú, james.llamo@uarm.pe, Zuly.huaman@uarm.pe

INCOAB S.A.C, Perú, jonatanerp@gmail.com

Abstract- *The demand for high pressure processing in the world has been increasing because it provides a practical and effective solution against food degradation. In addition, this technology can decrease populations of microorganisms harmful to people's health due to contaminated products. Therefore, high pressures represent a cutting-edge technology for food treatment that can be used anywhere in the world. Although this technology is industrial, there are companies like Zhao (China) that sell equipment from 5 liters that can be used for laboratories. This equipment has a FOB price of approximately 110 thousand dollars more.*

Peru, as a developing country, does not yet have all the tools needed to obtain mass consumer mass consumer products with high standards of health. Annually some of our food products are observed by the FDA [1] which leads to the loss of credibility in the international market. The issue of health care affects not only the international market, but also the domestic market, as in 2016, Law No. 30021 restricts the use of sugar, sodium, trans fats and saturated fats was passed [2], making the problem of health, a matter of national and international markets.

Correct determination of the demand for high pressure processing allows the appropriate equipment to be allocated at strategic points that allow small entrepreneurs to have the technology through a maquila service without incurring high fixed costs. In this way, it ensures that it meets most of the demand and the brand of Peruvian products reaches position in national and international markets. Some of the variables to consider for the positioning of a maquila service will be quantities exported by products and the location of exporting companies.

Keywords-- *High pressure processing, healthy foods, microorganisms.*

Resume- *La demanda de procesamiento de altas presiones en el mundo ha ido aumentando debido a que aporta una solución práctica y efectiva contra la degradación de los alimentos. Además, esta tecnología puede disminuir las poblaciones de microorganismos dañinos para la salud de las personas por causa de productos contaminados. Por lo tanto, las altas presiones representan una tecnología puntera para el tratamiento de alimentos que puede ser utilizado en cualquier parte del mundo. A pesar que esta tecnología es industrial, existen empresas como Zhao (China) que venden equipos desde 5 litros que pueden ser usados para laboratorios. Estos equipos tienen un precio FOB aproximado de 110 mil dólares a más.*

Perú al ser un país en vías de desarrollo, aún no cuenta con todas las herramientas necesarias para obtener productos de consumo masivos con altos estándares de salubridad. Anualmente algunos de nuestros productos alimenticios son observados por la FDA [1] lo que conlleva a la pérdida de credibilidad en el mercado internacional. El tema de salubridad no solo afecta al mercado

internacional, sino también al mercado nacional, ya que en el 2016 se aprobó la ley N° 30021 que restringe el uso de azúcar, sodio, grasas trans y grasas saturadas [2], convirtiendo el problema de salubridad un tema de mercados nacionales e internacionales.

Una correcta determinación de la demanda del procesamiento de altas presiones permite asignar el equipamiento adecuado en puntos estratégicos que permitan a los pequeños empresarios disponer de la tecnología a través de un servicio de maquila sin incurrir en altos costos fijos. De esta manera, se asegura cubrir la mayor parte de la demanda y que la marca de los productos peruanos llegue a posicionarse en los mercados nacionales e internacionales. Algunas de las variables a tomar en cuenta para el posicionamiento de un servicio de maquila serán cantidades exportadas por productos y la ubicación de las empresas exportadoras.

Palabras claves: *Procesamiento de altas presiones, alimentos saludables, microorganismos.*

I. MARCO CONCEPTUAL

En el presente apartado se describe algunos de los conceptos que han sido usados en la presente investigación.

A.- Tecnología de altas presiones HPP

En el mundo existen al menos 14 empresas dedicadas a la comercialización de altas presiones [2]. De las cuales las más reconocidas son Avure e Hiperbaric. Avure comercializa al mercado norteamericano e Hiperbaric comercializa al mercado Latinoamericano. Dentro de la Tabla 1 se muestra las empresas que fabrican o comercializan máquinas de altas presiones en el mundo.

TABLA 1.
FABRICANTES DE TECNOLOGÍA HPP EN EL MUNDO

	Company
1	Avure Technologies, USA
2	Bao Tou KeFa High Pressure Technology Co. Ltd, China
3	Kobelco, Japan
4	Dr. Chef
5	UHDE,
6	Germany
7	Stansted, UK
8	Dustec, Germany
9	Resato HPP,
10	The Netherlands
11	Elmhurst Research, NY, USA
12	High Pressure Dynamics, OH, USA
13	EPSI,
14	Belgium

Fuente: Adaptado de Adapting High Hydrostatic Pressure (HPP) for Food Processing Operations [20]

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.301>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

A.1.- Ciencia HPP

Las máquinas de altas presiones son una tecnología puntera que maneja pocas variables de trabajo, estas variables básicamente son tres: Presión, temperatura y tiempo de procesamiento.

Presión y Temperatura

La FDA (Food and Drug Administration: Administración de Medicamentos y Alimentos o Administración de Alimentos y Medicamentos) hizo público en el año 2000 un estudio de variables para el procesamiento en altas presiones [5]. Este estudio construyó una matriz de microorganismos y productos, que proporcionaba variables cinéticas para la inactivación de los microorganismos, esporas y levaduras. Los parámetros de presión, tiempo, temperatura y pH necesarios para eliminar cada tipo de microorganismos se muestran en la Tabla II.

B.- Características de Productos procesados en frío

Según la FAO, la acuicultura es una actividad que está en crecimiento, debido a la aceptación de estos productos en mercados globalizados. Este aumento ha incrementado la necesidad de producir más hielo. Sin embargo, la producción de hielo consume mucha energía incrementando el costo del producto. Asimismo, la FAO menciona se usa el enfriamiento con la finalidad de reducir la proliferación de bacterias, enzimas y evitar el uso de procesos químicos porque pueden afectar la calidad del producto.

Para evitar que la técnica de altas presiones pierda eficacia es necesario considerar las características del producto antes de iniciar el proceso. En la Tabla III se muestra algunas de las características esenciales al momento de procesar. Los productos no deben ser muy alcalinos ni extremadamente ácidos, ya que se reduciría la eficacia de la técnica. Otras de las variables a considerar es la conductividad A_w , la dureza de los líquidos, entre otros.

En cuanto a las carnes los expertos afirman que algunas limitaciones de las altas presiones en las carnes rojas y pescados presentan modificaciones en el color y la textura, se vuelve más pálida, blanquecina, con un aspecto gelificado [6]. Esto se debe a que las altas presiones no alteran la estructura primaria de la proteína, pero sí la terciaria y su forma, y lo que es más, modifica la textura y el aspecto de la matriz de la proteína. Para que la carne no pierda su textura y color se debe trabajar con carnes curadas o aderezadas son muy atractivas para el mercado y no sufre cambio alguno al pasar por este proceso [7].

Los patógenos como: *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* entre otros se encontrados las carnes rojas, tocino, jamon coico y curado al ser aplicado el proceso de altas presiones de 600MPa se inactivaron y disminuyeron considerablemente.

TABLA II
PARÁMETROS CINÉTICOS PARA LA INACTIVACIÓN DE LA POBLACIÓN MICROBIANA POR HPP

Microorganism	Substr.	Time	Pres	Other	References
Units		D min	(MPa)		
Vegetative Cells					
<i>Campylobacter</i>		2.5	300		Smelt and Hellemons (1998)
<i>Salmonella enteritidis</i>	Meat	3	450		Patterson et al. (1995)
<i>Salmonella typhimurium</i>	Milk	3	350		Patterson et al. (1995)
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Milk	3	275		Patterson et al. (1995)
<i>E. coli</i>	Milk	1	400	T 5 50◦ C	Gervilla et al. (1997a)
<i>E. coli</i>	Meat	2.5	400		Patterson and Kilpatrick (1998)
<i>E. coli</i>	Milk	1	450	T 5 25◦ C	Gervilla et al. (1997a)
<i>E. coli</i> O157:H7	Milk	3	400	T 5 50◦ C	Patterson and Kilpatrick (1998)
<i>Staphylococcus aureus</i>	Milk	2.5	500	T 5 50◦ C	Patterson and Kilpatrick (1998)
<i>S. aureus</i>	Meat	3	500	T 5 50◦ C	Patterson and Kilpatrick (1998)
<i>L. monocytogenes</i>		1.48-13.3	350	101 strains	Smelt and Hellemons (1998)
<i>L. monocytogenes</i>	Milk	3	375		Patterson et al. (1995)
<i>L. monocytogenes</i>	Meat	2.17	414	T 5 25◦ C	Ananth et al. (1998)
<i>L. monocytogenes</i> Scott A	Meat	3.5	400	T 5 ambient	Mussa et al. (1999)
<i>Listeria innocua</i>	Eggs	3	450	T 5 20◦ C	Ponce et al. (1998)
<i>L. monocytogenes</i>	Ground Pork	1.89-4.17	414	T 5 25◦ C	Murano et al. (1999)
<i>L. monocytogenes</i>	Ground Pork	0.37-0.63	414	T 5 50◦ C	Murano et al. (1999)
Spores					
<i>Clostridium sporogenes</i>		16.77	600	T 5 90◦ C	Rovere et al. (1996a)
<i>C. sporogenes</i>		6.756	700	T 5 93◦ C	
<i>C. sporogenes</i>		5.306	800	T 5 93◦ C	
<i>C. sporogenes</i>		1.282	600	T 5 108◦ C	Rovere et al. (1996a)
<i>C. sporogenes</i>		0.901	700	T 5 108◦ C	
<i>C. sporogenes</i>		0.695	800	T 5 108◦ C	
<i>Clostridium botulinum</i> type E Alaska	Buffer	8.77	758	T 5 35◦ C	Reddy et al. (1999)
<i>C. botulinum</i> Type E Beluga	Crab meat	3.38	758	T 5 35◦ C	Reddy et al. (1999)
<i>C. botulinum</i> Type E Beluga	Crab meat	1.64	827	T 5 35◦ C	
Yeast					
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Orange juice	10.81	300	T 5 34◦ C	Zook et al. (1999)
		2.8	350	T 5 36.8◦ C	
		0.97	400	T 5 37.2◦ C	
		0.5	450	T 5 39.7◦ C	
		0.18	500	T 5 43.4◦ C	
<i>S. cerevisiae</i>	Apple juice	9.97	300	T 5 34◦ C	Zook et al. (1999)
		0.88	400	T 5 37.2◦ C	
		0.28	450	T 5 39.7◦ C	
		0.15	500	T 5 43.4◦ C	
<i>S. cerevisiae</i>		1.27	350	pH 5 3.7	Parish et al. (1998)
<i>S. cerevisiae</i>		0.067	500	pH 5 3.7	

Fuente: Adaptado de Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies [5]

Esto permitió el incremento de la vida útil de los productos, su conservación es refrigerado en un rango de 4°C optimizando recursos energéticos y al mismo proporcionando salubridad e inocuidad. Asimismo, otro beneficio del tratamiento HPP es prevenir el endurecimiento y la acidificación de la carne fresca aplicable a productos envasado al vacío y con atmosfera modificada [8].

B.1. - Zumos y Jugos

Una de las características principales que debe cumplir este producto es estar envasado en botellas de plástico resistente a la presión y agua. Además, No existe restricciones del tipo jugo o zumo a procesar, este puede ser de cualquier fruta o mix de frutas. Por otro lado, el tratamiento de altas presiones varía según el zumo a procesar. Por ejemplo, el zumo de manzana a 500MPa se logra una reducción inmediata de las enzimas, bacterias en cuanto el zumo de tomate tiene una inactivación de bacterias a presiones más bajas (200Mpa) [9]. Además, procesamiento HPP conserva el sabor fresco y color del producto; mantiene sus nutrientes, vitaminas, antioxidantes e incrementa la vida útil de los productos. En cuanto al almacenamiento optimo es a una temperatura de 4°C, produciendo un ahorro de consumo eléctrico [6].

B.2.- Lácteos

Las vitaminas, aminoácidos, azúcares simples y compuestos saborizantes no se ven afectados por el tratamiento HPP [10]. Sin embargo, otros autores afirman que el color de la leche se ve afectada según el tipo, en el caso de leche de oveja debido a la fragmentación de las micelas de caseína durante el la presión provocó un color amarillento con ligera tonalidad verdosa. Pero la leche de Vaca mantiene su color y sus propiedades e incrementando su vida útil siendo atractivo para los consumidores [11]. Por otra parte, en cuando a la aplicación del HPP a los quesos es favorable, ya que acelera la maduración del queso e inactiva la reproducción de microorganismos patógenos incrementando la seguridad y vida útil. Asimismo, el queso mantiene su textura y sabor fresco al pasar por el proceso HPP [12]. Sin embargo, se necesitan más pruebas para comprobar su efecto positivo en cuanto a la maduración. Por otro lado, se estudió el efecto de las altas presiones entre 200–300 MPa a una temperatura de 10–20 ° C durante 10 min aplicado a Yogurt, lo cual aseguran que el tratamiento no modifica la textura del yogurt, conserva su sabor y reduce la acidez, además afirman que el incremento de la vida util del yogurt puede ser obtenido por inactivación completa de bacterias de ácido láctico [13].

C.- Microorganismos Patógenos para la Salud Humana

La mayor parte de las enfermedades en el mundo son causadas por microorganismos. Según un informe de IACG, los microorganismos que son resistentes a los antibióticos causan cada año 700 000 muertes en todo el mundo y 230 000 de ellas por tuberculosis multi-resistente [3].

TABLA III.
EFECTOS DE LOS PARÁMETROS DE LOS PRODUCTOS EN LA PRESURIZACIÓN

Product Parameter	Range Investigated	Effect on Lethality of HPP	Controlled by Product Formulation	Research Studies Published
pH	3–7	Yes	Yes	Yes
Aw	0.9–1.0	Yes	No	Yes/No
Composition	Liquid	Yes	Yes	Limited
	Semiliquids			
	Solids			
Soluble solids (Brix)	Juices	Yes	Yes	Limited
Fat content	Depends on product type	Yes	No	Limited

Fuente: Adaptado de Adapting High Hydrostatic Pressure (HPP) for Food Processing Operations [4]

Este problema se agrava cuando hablamos de productos que están destinados al consumo masivo como las carnes, zumos, etc. Actualmente los productos peruanos cuentan con una fuerte presencia de Salmonella, Escherichia coli y Listeria monocytogenes [1]. En países como Perú, donde los sistemas de salud no están bien implementados, es letal lanzar al mercado productos con excesos de estas bacterias ya que podría causar una catástrofe nacional. Las regulaciones de casi todos los países tienen estándares de calidad para controlar los microorganismos de los productos. Estos productos, como se muestra en la Figura 1, puede ser combatido con un rango de presión determinada.

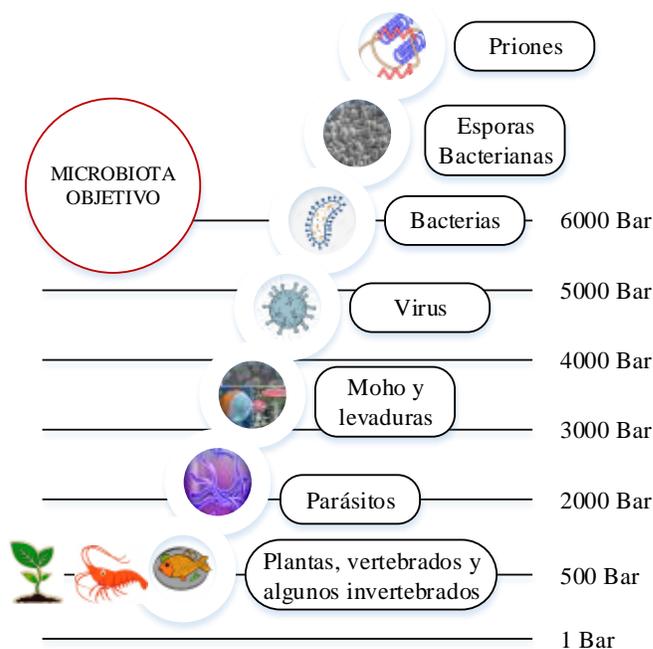


Fig. 1. Espectro de muerte para las bacterias bajo altas presiones.

Fuente: Hiperbaric [6]

D.- Características de los envases para procesado en altas presiones

Un factor crucial de los productos tratados por altas presiones son los envases que deben llevar al someterse al

proceso. El envase requerido para estos productos debe tener flexibilidad para resistir entre el 10 % y 15% de compresión al ser sometido a presión. Los envases requeridos deben ser de plástico (polipropileno (PP) y tereftalato de polietileno (PET) solos o combinados) estos pueden ser botellas, bolsas, bandejas y tarrinas capaces de recuperar su forma y tamaño después de pasar por el proceso de HPP tal como se muestra en la Figura 2. Los materiales como: cartón, lata y vidrio no se usan en ese proceso, porque no cumplen con las características mencionadas y poseen deficiente resistencia a la presión. Asimismo, el envase debe contar con un cierre hermético que impida que entre el agua, material duradero que resista presiones extremas y manipulaciones poco cuidadosas; Finalmente el producto a procesar debe tener al menos un 30% de agua en su composición, lo cual le permita reducirse hasta un 15% durante el proceso de HPP y el envase debe estar llenado al 90% para evitar que colapse al ser sumergido a presiones extremas. Esta tecnología es respetuosa con el medio ambiente por lo que usa materiales reciclables [14, 15].

Packaging	Base Materials	Closure	Closure Materials	Barrier Material
Bottles	PET, HDPE	Cap (Induction foil possible)	PP, HDPE (Al, LDPE)	EVOH
Pouches	LDPE, HDPE	Film Seal or Cap	PP, HDPE	EVOH, Nylon, SiOx*, Al*
Cups/Tubs	PET, PP, HDPE	Top film seal	PET, PE, PP	EVOH
Trays	PE, PP, APET, CPET, HDPE	Top film seal	PET, PE, PP	EVOH
Vacuum Bags	PE, PET	Film seal	N/A	EVOH, Nylon

*Metal coating (-0.01 um thickness) incorporated layers or deposition

Fig. 2 Descripción de los envases a utilizar en altas presiones
Fuente: Hiperbaric [14]

II. SITUACIÓN ACTUAL

En el presente apartado se describirá el contexto donde se desarrolla la investigación.

A.- Problemática de los Alimentos comercializados en el Perú

En Perú el uso de Sodio o el azúcar está regulado en cuanto al consumo humano. En el Diario El Peruano se publicó El manual de advertencias publicitarias en el marco de la ley N° 30021: ley de promoción de la alimentación saludable para niños, niñas y adolescentes, y su reglamento aprobado por decreto supremo n° 017-2017-sa [16]. Esta Ley se creó con el fin de reducir el consumo de estos aditivos químicos que hacen daño a la salud de los consumidores. La normativa peruana establece que en el caso de presencia de sodio estos llevarán el octógono si superan 800 mg. por cada 100 g (sólidos) y mayor o igual a 100 mg (bebidas). Para el caso del azúcar, los productos llevarán octógono si contienen

cantidades mayores a 22.5 g. por cada 100 g. (sólidos) o 6 g. por cada 100 g. (líquidos). Las etiquetas se muestran en la Figura 3 [2].



Fig. 3 Advertencias Publicitarias para los alimentos en Perú
Fuente: Decreto Supremo N° 033-2016-SA [2]

Las altas presiones al ser un método de conservación muy eficiente para productos líquidos o sólidos que contengan una gran cantidad de agua en su composición como las carnes, sugieren que esta tecnología es una excelente opción para reemplazar al uso de sodio o azúcares. La lista de productos que utilizan la sal o el azúcar como medio de conservación contempla a productos como quesos, mermeladas, productos pre-cocidos, carnes congeladas con sal, etc.

B.- Problemática de los alimentos exportados desde el Perú

Hasta las 2019 setenta empresas peruanas fueron incluidas en la lista roja de la Administración de Alimentos y Drogas (FDA, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos. Los sectores económicos que han sufrido mayor impacto son el agropecuario con un 52%, pesquero con un 35% y medicamentos con un 13%. Las razones por lo que cada sector entró a la lista de la FDA son muchas: para el sector agropecuario los incumplimientos se debieron a uso de pesticidas no autorizados, presencia de salmonella, presencia de sulfitos, exceso o déficit de ácido y por control adecuado del proceso. Sin embargo, en el sector pesquero los productos que fueron añadidos fueron el mahi mahi (pez dorado), vieiras (moluscos bivalvos), pez espada fresco, merluza negra, anchoa, caballa, camarones, langostinos, eperlano, tiburón y sardina. Estos productos fueron detenidos por presentar descomposición en la carne, presencia de Listeria Monocytogenes, presencia de salmonella; entre otras causas. Sobre este análisis, queda claro que el sector pesca y el sector agricultura tienen un problema de salubridad causado por microorganismos y procesos enzimáticos. Por lo tanto, el procesamiento en frío es una solución ideal para este tipo de productos que buscan competir en mercados internacionales [1].

Para que una empresa ingrese a la lista roja de la FDA existen varias razones, entre ellas: La FDA ha tomado una muestra de su producto y probó la violación de un patógeno, la FDA ha muestreado su producto y contiene colorantes ilegales o aditivos alimentarios, su producto contiene pesticidas que no están permitidos o que no cumplen con los niveles de tolerancia, la empresa no ha proporcionado pruebas suficientes para apoyar su inclusión en la lista verde, su producto es un medicamento nuevo no aprobado, la empresa extranjera tuvo

una inspección violatoria por la FDA o la empresa extranjera ha rechazado la inspección de la FDA [17]. En la Tabla IV se muestra un ejemplo de cómo una empresa podría ingresar a estas listas de la FDA.

TABLA IV
DESCRIPCIÓN DE LA LISTA ROJA DE LA FDA

Tipo	Descripción	Ejemplo
Lista Roja	Las empresas, productos y / o países están sujetos a detención sin examen físico (DWPE) bajo una alerta de importación.	Un alimento que previamente se demostró que contenía bacterias mortales que pueden causar una enfermedad transmitida por los alimentos.

Fuente: FDA [17]

Por otro lado, en el Perú, desde el 2006, cuando se aprobó la Resolución Ministerial N° 449-2006/MINSA, todos los productos destinados a exportación deben ser procesados bajo el Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control” o Sistema HACCP por sus siglas en inglés Hazard Analysis and Critical Control Point. Este sistema tiene un especial cuidado contra las bacterias de todos los productos destinados al consumo humano. Por lo tanto, sin un producto, destinado a exportación, no respeta los parámetros establecidos por HACCP no puede ser exportado ya que pone en riesgo la salud de los consumidores de los países destino [18].

C.- Análisis de los productos potenciales para aplicar HPP

Perú cuenta con una gran cantidad de productos a lo largo y ancho de toda la región que podrían ser procesados con altas presiones. En el Perú existen una serie de clústeres que identifica a cada región del país. Por ejemplo, en Tumbes destacan las langostas, el banano orgánico, en Tacna, los olivos, el orégano y la uva [19]. En la Tabla V se presenta una lista que según Alarco son los representativos comercialmente de cada región. Para poder comprender mejor la demanda de procesamiento en frío en productos peruanos es necesario conocer el potencial que con el que cuenta cada departamento del Perú. El cuadro resumen, solo está considerando los productos agrarios, pesqueros, acuícolas, cárnicos y algunos productos derivados.

III. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

A. Clasificar la demanda (clústeres)

El Perú cuenta con 60 puertos marítimos, 42 fluviales y 6 lacustres [20]. De los cuales los puertos más concurridos con productos potenciales para el procesamiento en frío son el Puerto de Paita y el Puerto del Callao. Sin embargo, el puerto del callao no es el más apto para la comercialización de productos refrigerados debido a que los tiempos en cola son mucho más elevados que otros puertos. Por su parte el puerto de Piura tiene menos concurrencia. Además, el puerto de Piura tiene mayor cantidad de salida de productos agrarios, ya que cuenta con los extensos sembríos de Olmos. La concentración de la demanda de tratamiento en frío depende de la ubicación

de los puertos, ya que son los principales medios de salida de los productos peruanos al exterior.

TABLA V.
CLUSTERS POTENCIALES PARA PROCESAMIENTO HPP EN PERÚ

N°	Departamento	Productos representativos
1	Tumbes	Agricultura (banano orgánico) y Industria lagostinera
2	Piura	Agroindustria (limón y mango) y Agricultura (banano orgánico)
3	Cajamarca	Productos lácteos
4	Lambayeque	Agricultura (mango, espárrago, plátano, palta, pimiento, café)
5	La Libertad	Agroindustria (espárragos) y Agricultura (mango)
6	Huánuco	Agricultura (café, cacao, plátano, papaya) y Agroindustria (palma aceitera, palmito)
7	Lima y Callao	Gastronomía, Pesca, Agroexportación
8	Pasco	Agricultura (café, granadilla y achiote)
9	Ica	Agroexportación (espárragos, uvas)
10	Ayacucho	Pecuario (vacunos, ovinos y derivados) y Agroindustria (arroz orgánico, stevia)
11	Moquegua	Químico-farmacéutica (derivados de aceite de olivo, palta y orégano), Agroindustria (olivo, palta, orégano, huacatay, achiote, lúcuma)
12	Tacna	Agroindustria (aceituna, orégano, uva)
13	Apurímac	Agrícola (quinua, kiwicha, sauco, aguaymanto, cítricos, páprika, cochinilla, papa nativa, etc.) y Piscicultura (trucha y pejerrey)
14	Puno	Piscicultura (trucha) y Alpaca
15	Cusco	Agricultura (stevia)
16	Madre de Dios	Agrícola (castaña)
17	Huancavelica	Piscicultura (trucha), Alpaca, Ganadería (vacunos, lácteos) y Agricultura (papa nativa)
18	Junín	Agricultura (frutas, café, cacao) y Piscicultura (trucha)
19	Ucayali	Agricultura (cacao, café, camu camu, palma aceitera) y Piscicultura (paiche)
20	San Martín	Agroindustria (cacao, café, palmito)
21	Amazonas	Agricultura (café, arroz)

Fuente: Adaptado de: Caminos de Transición. Alternativas al extractivismo y propuestas para otros desarrollos en el Perú (pp.251). [19]

En la Figura 4 y la Tabla V muestran que la demanda de procesamiento en el Perú está concentrada en 2 clústeres, uno en el norte del país y otro en el sur del país. Los puntos marcados por producto corresponden a las coordenadas donde están ubicadas las empresas comercializadoras hasta el 2019. Fácilmente se puede observar que la demanda que concentra el departamento de Lima es mayor que la demanda del clúster del norte, sin embargo, como se observa en las partidas arancelarias, el norte concentra gran parte de las exportaciones acuícolas y agroindustriales que, como ya se comentó, son uno de los sectores más afectado por contaminación biológica.

A.- Estimación de la demanda

En el Clúster de Paita (Norte del Perú) la demanda se concentra básicamente en 8 productos: Concha de abanico, Leche fresca, Crustáceos, Pulpa de Palta, Pulpa de Mango, Paiche, Jugos y Zumos, y Embutidos. De los cuales el 61% son jugos y zumos, y un 21% son crustáceos. Ambos productos estrella suman el 82% del total de las exportaciones de potenciales productos del Perú.

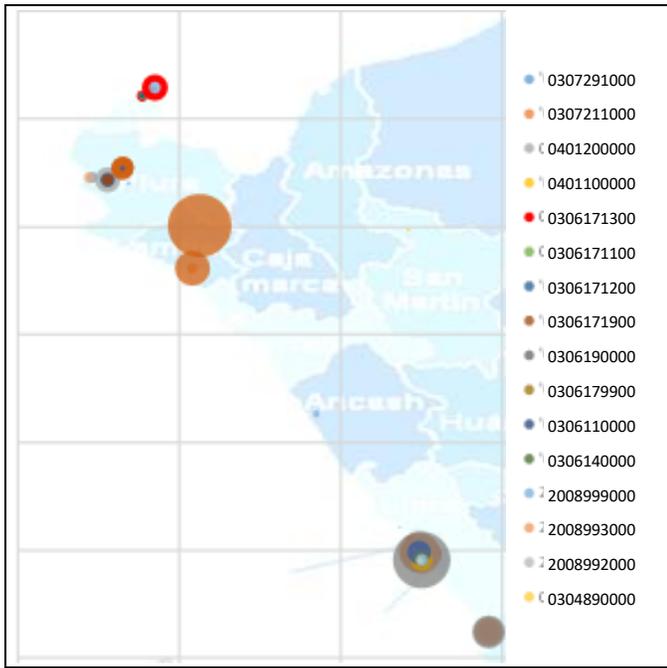


Fig. 4 Mapa de exportación de productos potenciales para el procesamiento hpp.
Fuente: SIICEX y TRADE MAP [21] [22]

La estimación de la proyección de la demanda de los potenciales productos para procesamiento Hpp se hizo a través del método de ponderación.

Para el cálculo de la demanda se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{proyección}(t) = 0.05 \text{ Demanda}(t-4) + 0.15 \text{ Demanda}(t-3) + 0.20 \text{ Demanda}(t-2) + 0.25 \text{ Demanda}(t-1) + 0.35 \text{ Demanda}(t)$$

Obteniendo como resultado la cantidad de exportación del año 1, se repite el proceso para obtener las proyecciones de los años siguientes. Esta simulación la repetimos hasta obtener la demanda proyectada del año 2021, 2022, 2023, 2024 y 2025. Los resultados de la proyección se muestran en la Figura 5.

C. Análisis estocástico de la capacidad necesaria para los equipos de altas presiones

Para analizar el comportamiento de la capacidad del equipo demandada se analizará el comportamiento de la utilidad resultante con cada capacidad. Los costos operativos de los equipos más pequeños (aprox. 35L) ronda los 0.1 dólares/kilogramo y el de los equipos más grandes (aprox. 525L) los 0.04 dólares/kilogramo [4]. Paso siguiente, se analizará las exportaciones mensuales de Perú desde mayo del 2015 hasta diciembre del 2019. Esta demanda tiene una distribución Beta con una expresión:

$$225000 + 224000 \text{ BETA } (1.03, 1.52).$$

El análisis del Test de Chi cuadrado arroja un p-valor mayor a 0.75 y en análisis Kolmogorov-Smirnov Test cuyo p-valor es mayor a 0.15. Finalmente, se ha simulado 10000 ensayos considerando como precio de venta 0.7 Dólares/kilogramo procesado. El comportamiento estocástico de los ingresos y la capacidad logran maximizar la utilidad cuando se utiliza un equipo de 135 Litros tal como muestra en la Fig. 6.

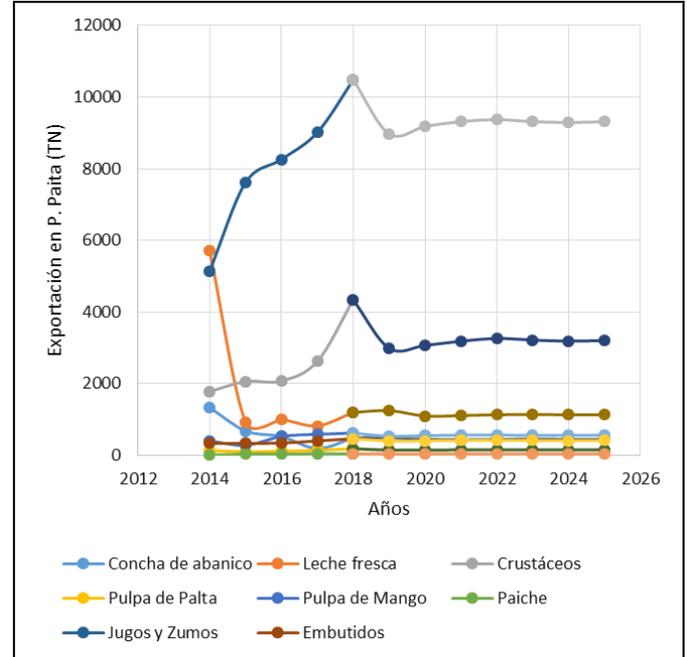


Fig. 5 Demanda insatisfecha de concha de abanico, crustáceos, Paiche, leche fresca, jugos y zumos, pulpa de palta y mango en el Cluster de Piura
Fuente: Trade Maps (2018) [22]

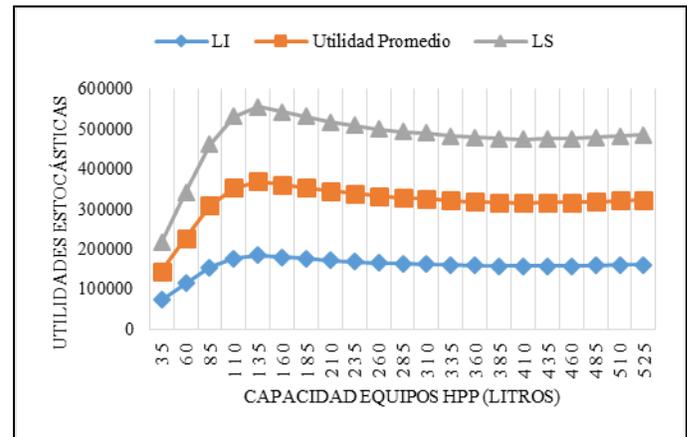


Fig. 6 Análisis de utilidades operativas basadas en la capacidad de la maquinaria
Fuente: Trade Maps (2018) [22]

D. Planos de Planta de procesamiento en altas presiones

La planta industrial estará ubicada en la provincia de Paita - Piura, ya que esta ubicación es idónea para las exportaciones en el norte del Perú. En la Figura 7 se muestran las 6 áreas más importantes para la operación de la planta de procesamiento.

En el área 1 es la entrada de productos a la planta de procesamiento. En este proceso se cuida la conservación de la temperatura de los productos y se evita la contaminación por agentes externos. En el área 2 se realiza la desinfección y verificación de mercancías antes de ingresar al procesamiento en frío. En el área 3 se desarrolla el procesamiento en altas presiones y ajustes posteriores a los productos antes de ser almacenados. El área 4 está destinado al almacenamiento de los productos ya tratados y serán ubicados según la familia de productos a una temperatura de 0 a 4 grados (refrigerado). El área 5 está destinado para el aseo y desinfección de los operarios al principio y al final de cada jornada laboral. Finalmente, el área 6 se utilizará para temas administrativos y ventas.

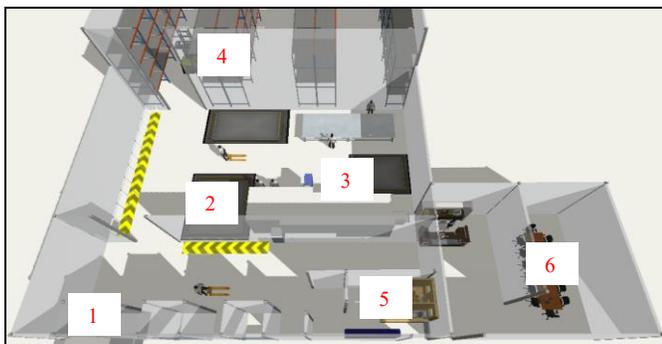


Fig. 7 Planos 3D de la planta de procesamiento de altas presiones en Piura.

E. Comercialización de máquinas de altas presiones en Perú

En Latinoamérica y en especial en Perú Hiperbaric mantiene un control casi total del mercado de máquinas de altas presiones. En la Figura 8 se muestra la ubicación de los 3 equipos que fueron instalados en Perú por la empresa Hiperbaric. Las empresas Camposol, Phoenix Foods y Agroindustrias AIB destinan los equipos para procesar productos agrícolas, con excepción de Phoenix Foods que está incursionando en el mercado de Carnes.



Fig. 8 Mapa de las Máquinas HPP instaladas en Perú
Fuente: hiperbaric.com [6]

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La instalación de una planta procesadora en altas presiones en cerca al puerto de Piura implica 2 grandes retos: La implementación de la planta y la logística del funcionamiento.

A.- Implementación de la propuesta

Para instalar una planta maquiladora Hpp en el norte del país requiere el Estado o el empresariado debe tomar en cuenta los costos de instalar y mantener una máquina en funcionamiento. En la Tabla VI se muestra que el precio promedio por cada kilogramo de producto procesado es \$0.1 (dólares). El grueso de los costos es energético, la máquina consume entre 300 a 270 kJ/kg siempre que se trabaje a toda su capacidad [23]. Además de estos costos, se debe considerar el costo de transporte desde el proveedor hasta la planta de producción. Normalmente los equipos se transportan por piezas separadas, lo que facilita su transporte, sin embargo, el cilindro es una de las piezas más pesadas del sistema. Para evitar contratiempos los encargados del transporte y la instalación deberán tener los equipos necesarios para movilizar y ensamblar cada parte de la máquina.

TABLA VI
MODELO ECONÓMICO PARA LA MÁQUINA HPP AVURE 215 L

Variable	250#/Cycle	300#/Cycle
Vessel price (ea.)	\$1,450,000	\$1,450,000
Employees per shift	2	2
Labor cost per hour (\$13.00/h burdened)	\$26.00	\$26.00
Energy cost/hour (\$0.045/kWh 3 % pressure up time)	\$7.83	\$7.83
Pounds per cycle	250	300
Cycles per hour	8	8
Percent operating time	94%	94%
Average spare parts per cycle	\$3.50	\$3.50
Annual cost for HPP equipment	\$150,000	\$150,000
Annual depreciation cost for conveyors and automation	\$35,000	\$35,000
Annual depreciation cost for building	\$4,000	\$4,000
Annual spare parts cost	\$157,920	\$157,920
Annual labor cost	\$156,000	\$156,000
Annual electricity cost	\$46,953	\$46,953
Total annual cost	\$549,873	\$549,873
Cost per pound—HPP equipment, conveyors, and automation	\$0.02	\$0.01
Depreciation cost per pound—building	\$0.00	\$0.00
Spare parts cost per pound	\$0.01	\$0.01
Labor cost per pound	\$0.01	\$0.01
Electricity cost per pound	\$0.00	\$0.00
Total cost per pound	\$0.05	\$0.04
Total cost per Kilogram	\$0.1073	\$0.0895

Fuente: Adaptado de Adapting High Hydrostatic Pressure (HPP) for Food Processing Operations [4]

Otro de los aspectos para poner en marcha una planta con la tecnología Hpp [24], debe ser la valoración de algunos detalles de infraestructura como: los pisos deben ser reforzados para evitar hundimientos. Además de contar con refrigeración, agua y energía trifásica.

B.- Logística de funcionamiento

El funcionamiento de la planta depende de la demanda y oportuno abastecimiento de productos para ser procesados. Por lo tanto, es crucial implementar un sistema logístico que conecte a los exportadores **peruanos** que deseen mejorar la calidad de sus productos y ser más competitivos en el mercado. Además, se debe conectar a los agricultores, asociaciones y otras empresas que recién están empezando con el fin que conozcan más de la tecnología y se conviertan en futuros clientes.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Perú cuenta con 2 clústeres u agrupaciones geográficas de empresas que demandan servicios de altas presiones para sus productos. Uno de los clústeres, ubicado en el norte del Perú, tiene como puerto para exportación el Puerto de Paita. Este puerto es la salida para muchos productos procedentes de la agricultura, acuicultura, ganadería, entre otros, lo que lo convierte en ideal para implementar una planta de procesamiento en altas presiones hidráulicas.

La demanda de productos de altas presiones en el norte del Perú se puede satisfacer con una máquina Hpp de 135 Litros, ya que la capacidad aproximada de esta máquina es de 12000 kilogramos / día (día de 16 horas) y la demanda para el 2025 es de 9529 kilogramos / día. La empresa Hiperbaric cuenta con una máquina Hpp 135 y tiene las siguientes dimensiones: L: 10.2 metros, W: 3.2 metros y H: 2.6 metros. La utilidad promedio es de 185,186.00 dólares con un nivel de confianza del 95%. Esta utilidad tiene un límite inferior de 180,191.00 dólares y un límite superior de 181,798.00 dólares.

Se recomienda seguir adentrándose en la presente investigación con el fin de seguir desarrollando propuestas para mejorar la conectividad entre productores, exportadores y los servicios de procesamiento en altas presiones. Esta conectividad entre los actores del ecosistema empresarial es uno de los factores más importantes para el crecimiento de las empresas de países en vías de desarrollo. Además, se recomienda que las futuras investigaciones deben considerar el impacto del SARS COV 2 en las exportaciones alimentarias peruanas y las nuevas tendencias de los mercados internacionales pos-pandemia.

VI. REFERENCES

[1] Cámara de Comercio de Lima (2019). Setenta empresas peruanas en la lista roja de la FDA. Lima. Setiembre 2 – 2019. www.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/idexcam894/idexcam%20894_setenta%20empresas%20peruanas%20en%20la%20lista%20roja%20de%20la%20fda.pdf

[2] Ley N° 30021. Ley de promoción de la alimentación saludable para niños, niñas y adolescentes. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 16 de junio de 2018

[3] IACG (2019). No Podemos Esperar: Asegurar El Futuro Contra Las Infecciones Farmacorresistentes - Informe Para El Secretario General De Las Naciones Unidas.

[4] Koutchma, T. (2014). Adapting High Hydrostatic Pressure (HPP) for Food Processing Operations.

[5] FDA (2000). Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies, Journal of Food Science, Volume 65, Issue Supplement S8.

[6] Hiperbaric (2020). Tecnología HPP. Consulta: 14 de febrero de 2020. <https://www.hiperbaric.com/es/>

[7] Jimenez.E. (2013). Caracterización de la calidad de productos cárnicos crudo-curados mediante ultrasonidos de señal.

[8] Jofré, A.; Aymerich, T.; Grèbol, N. & Garriga, M. (2009). Efficiency of high hydrostatic pressure at 600 MPa against food-borne microorganisms by challenge tests on convenience meat products. LWT-Food Science and Technology, 924–928.

[9] Jordan, S.; Pascual, C.; Bracey, E. & Mackey, B. (2001). Inactivation and injury of pressure-resistant strains of Escherichia coli O157 and Listeria monocytogenes in fruit juices. Journal of Applied Microbiology, 463–469.

[10] Trujillo, A. J.; Capellas, M.; Saldo, J.; Gervilla, R. & Guamis, B. (2002). Applications of high-hydrostatic pressure on milk and dairy products: a review. Innovative Food Science and Emerging Technologies 295–307. Magazinea Elsevier.

[11] Needs, E., Stenning, R., Gill, A., Ferragut, V., & Rich, G. (2000). High-pressure treatment of milk: Effects on casein micelle structure and on enzymic coagulation. Journal of Dairy Research, 67(1), 31-42. doi:10.1017/S0022029999004021

[12] Saldo, J., Mcsweeney, L., Sendra, E., Kelly, A. L. and Guamis, B. (2002). Dairy processing improving quality.

[13] Tanaka, T., & Hatanaka, K. (1992). Application of hydrostatic pressure to yoghurt to prevent its after-acidification. Journal of Japanese Society of Food Science and Technology wNippon Shokuhin Kogyo Gakkaishix, 39, 173–177.

[14] Hiperbaric (2018). HPP y el envasado; en qué debes centrar tu atención. Una guía esencial sobre envasado compatible con el procesado por altas presiones (HPP). Consulta: 15 de marzo del 2020. <https://blog.hiperbaric.com/hpp-y-el-ensado>

[15] Hayman, M. M.; Baxter, I.; O’riordan, P. J. & Stewart, C. M. Effects of high-pressure processing on the safety, quality, and shelf life of ready-to-eat meats. Journal of Food Protection 2004, 67(8), 1709–1718

[16] Resolución Ministerial N° 449-2006/MINSA. Norma sanitaria para la aplicación del sistema HACCP en la fabricación de alimentos y bebidas. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 17 de mayo de 2006

[17] FDA (2019). Import Alerts. Consult: May 14th, 2019. <https://www.fda.gov/industry/actions-enforcement/import-alerts>

[18] Frestedt, J. L. (2017). Hazard Analysis and Critical Control Points. FDA Warning Letters About Food Products, 51–89.

[19] Alarco, G., Carhuatocto, H., Chaparro, A., Dávalos, M., Echave, J., Delgadillo, L., Eguren, F., Egúsqiza, P., Gamboa, C., Mendoza, A., Monge, C., Scurrah, M., Serrato, K., Sueiro, J., (2014). Caminos de Transición. Alternativas al extractivismo y propuestas para otros desarrollos en el Perú, pp.251.

[20] Instituto Nacional de Estadística e Informática (2013). Compendio Estadístico del Perú. Lima

[21] SIICEX (2018). Empresas exportadoras según partidas. Consulta: 15 de diciembre de 2019. <http://www.siicex.gob.pe/siicex/>

[22] TRADE MAP (2018). Exportaciones de Perú hasta el 2018. Consulta: 15 de diciembre de 2019. <https://www.trademap.org/Index.aspx>

[23] Toepfl, S., Mathys, A., Heinz, V., Knorr, D., (2006). Review: potential of high hydrostatic pressure and pulsed electric fields for energy efficient and environmentally friendly food processing. Food Rev. Int. 22 (4), 405–423.

[24] Joelle, K., Salazar, Natrajan, V., Stewart, D., Warren, J., Gonsalvez, L., Mhetras, T., Tortollero, M. (2019). Fate of Listeria monocytogenes in Ready-to-Eat Refrigerated Dips Treated with High Pressure Processing, 1320–1325.