

Ventajas de la tecnología adecuada para pequeña escala en la elaboración de productos pesqueros de mayor valor agregado

Booman, A.⁽ⁱ⁾; Marquez, A.⁽ⁱ⁾; Parin, M.⁽ⁱⁱ⁾ y Zugarramurdi, A.⁽ⁱ⁾

⁽ⁱ⁾INTI-Mar del Plata

⁽ⁱⁱ⁾CONICET/INTI-Mar del Plata

Introducción

En Argentina, el pescado de origen marino es una de las fuentes de proteínas animales.

El incremento en el precio del pescado sumado al problema de disminución de los recursos marinos promueven el consumo de pescados de aguas continentales como fuente alternativa de proteínas alimentarias. La carpa (*Cyprinus carpio*) habita en la mayor parte de las cuencas fluviales bonaerenses. Esta especie, que ha encontrado en las aguas dulces de la Provincia de Buenos Aires un medio óptimo para su desarrollo, modifica el ecosistema, perturbando el normal crecimiento de las especies con las cuales cohabita, entre ellas el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). El mercado local para la carpa fresca es inexistente, o su precio es tan bajo que no existe interés para su extracción, mientras que el pejerrey es un pescado de muy alto valor comercial. Para el desarrollo del mercado local de carpa, se tiene que analizar que es un pescado difícil de limpiar y filetear, robusto con muchas espinas, con carne roja, lo que no lo hace atractivo para el ama de casa acostumbrada a la carne blanca de la mayoría de los pescados. Estudios realizados en el INTI Mar del Plata demostraron la gran aceptabilidad de hamburguesas elaboradas con carne de carpa, distribuidas en comedores escolares del Partido de Guaminí. Sin embargo, las máquinas utilizadas en la industria pesquera a gran escala para la separación de piel, huesos y espinas de pescado, tienen un valor que supera los 20.000 dólares, aún en el caso de unidades usadas. Esta razón las hace inviables para su utilización en el contexto de la Provincia de Buenos Aires, a lo que se suman problemas técnicos derivados de la robusta textura ósea de esta especie. Esto motivó que se iniciara un proyecto, financiado por el Municipio de Guaminí y la CIC para el desarrollo final de una máquina separadora de carne especialmente diseñada para carpa, incluyendo el armado y

prueba de una unidad apta para el uso en pequeños establecimientos.

Tomando en consideración las alternativas de mercado de comedores institucionales planteada por el Municipio de Guaminí y las producciones de pequeña escala con agrupaciones de potenciales emprendedores, se desarrolló el presente trabajo que tiene por objeto analizar el comportamiento mecánico de la máquina desarrollada para pequeña escala (SPE) y realizar un estudio técnico y económico comparativo con las máquinas industriales de banda de goma existentes en el Mercado (MBG).

Desarrollo de la máquina SPE

Existen máquinas especiales para fabricar desmenuzados de pescado, debido a que las máquinas picadoras utilizadas en carnicerías y en la industria cárnica cuando se utilizan para pescado, cortan las espinas, multiplicando el problema de su presencia hasta el punto de inaceptabilidad del producto resultante. Para poder aprovechar la carne de pescado que queda al efectuar los cortes para quitar las espinas, como así también para sacar carne limpia de pescados pequeños y espinudos, se impuso un tipo de máquina que consiste básicamente en un tambor de aproximadamente 30cm de diámetro y 25cm de largo, con perforaciones de unos 5mm, y una banda de goma que lo rodea por un costado y abajo.

En estas máquinas, los pescados y recortes se alimentan a través de una tolva entre el tambor y la banda de goma exterior. El tambor gira, y la banda de goma se desplaza en el mismo sentido, pero con una velocidad distinta a la de rotación del tambor, lo que hace que las espinas que pudiesen estar apuntando para entrar en las perforaciones se acuesten y no puedan pasar por las perforaciones, pese a que los agujeros sean de un diámetro mucho mayor que el de las espinas. Estas máquinas (MBG), de funcionamiento continuo, tienen gran capacidad y una escala de producción que excede el requerimiento de pescaderías y pequeños emprendimientos. La

construcción del tambor requiere la fundición y maquinado de perforaciones en acero inoxidable, por lo que esto es un tipo de máquina esencialmente costosa. La simple reducción de tamaño para capacidades menores no es posible, ya que el diámetro del tambor debe ser grande si se intentan pasar pescados o filetes de espesor normal. Además, el uso de goma o materiales de elasticidad similar en la banda de presión resulta en cortes en la banda provocados por las vértebras de los pescados de estructura robusta. Estos cortes derivan en dificultades de limpieza, que se suman a los debidos a la cantidad de rodillos de empuje para la banda y el espesor, resistencia y peso de la misma.

Consecuentemente, se inició en el INTI Mar del Plata, el desarrollo de un dispositivo que pudiera cumplir con este objetivo en pequeña escala (SPE). Se realizaron varias pruebas hasta concluir con el diseño de una máquina de pequeña escala sin banda de goma, que utiliza una nueva tecnología, cuyo esquema se muestra en la Fig. 1.

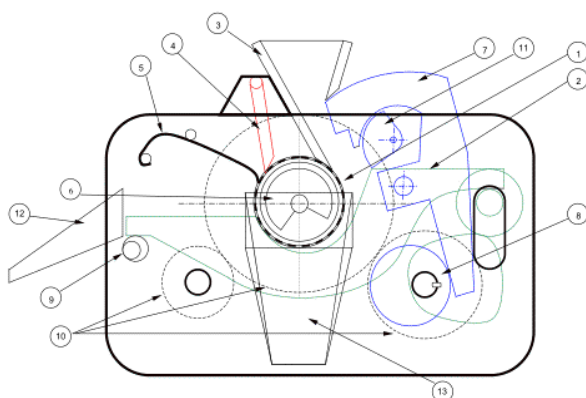


Fig. 1: Vista esquemática de la Separadora de Pequeña Escala, SPE

Esta máquina separadora de carne de pescado consiste básicamente en un tambor perforado 1, animado de un movimiento de rotación, y perfiles de curvatura complementaria 2 animados de un movimiento oscilatorio, que presionan el pescado contra el tambor 1. Los elementos auxiliares son una tolva de alimentación 3 y un par de rascadores 4 y 5 que mantienen despejados los orificios del lado exterior del tambor. Otro rascador de forma espiralada 6 facilita la salida de la pasta que se acumula en el interior del tambor. Una pre-prensa 7, animada de un movimiento oscilatorio, prensa el pescado hasta bajar el espesor de tal modo que pueda introducirse entre los perfiles complementarios 2 y el tambor 1 para su prensado final. Un eje con levas 8 acciona el movimiento oscilante de los perfiles complementarios 2. Un mecanismo excéntrico 9 regula la aproximación de los perfiles complementarios 2. Los movimientos son comandados por la cadena cinemática de engranajes 10. El mecanismo de sello 11 evita el pasaje de escamas y materia prima fuera de la

zona de prensado. Las pieles, escamas y espinas son recogidas por la tolva 12, y el pescado libre de piel y espinas por la tolva 13.

La máquina se usa para obtener carne de pescado libre de espinas a partir de pescado descabezado y eviscerado, con una capacidad de producción adecuada a escala artesanal o de pequeños emprendimientos.

Se utilizan tecnologías de fabricación, como el corte de placas con chorro de agua y tallado computadorizado de plásticos, todas disponibles en la región, que hacen factible la fabricación de la máquina en pequeñas series. El diseño de las piezas responde a premisas de bajo costo, armado rápido, fácil limpieza, y está respaldado por análisis de tensiones, y pruebas de funcionamiento en plantas pesqueras.

Metodología

Pruebas de funcionamiento de la máquina SPE

La máquina desarrollada se probó con carpa procedente de Guaminí. Se realizaron pruebas en la planta piloto del INTI Mar del Plata. Luego la máquina fue llevada a la Laguna Alsina para ajustes finales y su prueba en plantas artesanales de Guaminí. Simultáneamente, una separadora de piel y espinas con la tecnología tradicional de banda de goma, con un tambor con perforaciones de 5mm se utilizó para la comparación.

Materias primas

Se estudiaron ejemplares de carpa (*Cyprinus carpio*) capturada por pescadores artesanales en la Laguna de Alsina (Prov. de Bs. As.), iguales o mayores a 40cm de largo, dado que a este tamaño, la mayoría de las carpas han alcanzado su madurez sexual.

Se utilizó cloruro de sodio de grado alimenticio para formular las hamburguesas de carne de carpa.

Preparación de las hamburguesas de pescado

Las hamburguesas se prepararon en la Planta Piloto del INTI Mar del Plata, siguiendo los procedimientos estándares industriales. El pescado se lavó y cepilló, luego de la operación manual de descabezado y eviscerado. Después se separaron las muestras en dos lotes con la misma distribución de tamaño para ser procesadas por la SPE y la MBG. Se cortó cada carpa por la mitad con una sierra eléctrica previo a la operación de desmenuzado. Se realizaron triplicados para cada máquina y todos fueron procesados el mismo día. El desmenuzado se mezcló con 1.5% de sal durante 1 minuto. Las mezclas se formaron usando una máquina manual de fabricación de hamburguesas (9cm diámetro) para obtener

hamburguesas de aproximadamente 90g y 1cm de espesor. Se utilizó papel film plástico para separar las hamburguesas, se envasaron en bolsas de polietileno, se congelaron a -18°C en túnel de congelación y se almacenaron a -20°C hasta su utilización.

Rendimiento de proceso

Se registraron los pesos de cada carpa entera y descabezada y eviscerada y se calculó el porcentaje de pérdida de peso debido al descabezado y eviscerado. Se registró el peso de carne desmenuzada por lote utilizando la SPE y la MBG. El rendimiento se calculó como el porcentaje de carne relativa al peso de pescado entero.

Productividad

La productividad se evaluó mediante estudios de tiempo en la Planta Piloto para determinar la velocidad de producción para cada máquina. El ciclo total de tiempo se determinó como la suma de tiempos cuando el material se pasaba una o dos veces, dependiendo de la máquina, más el tiempo utilizado para la limpieza.

Evaluación de la calidad del producto

Contenido de huesos

El contenido de fragmentos de huesos en el desmenuzado de carne de carpa se determinó por método químico^[1]. Una muestra de 100g de hamburguesas cocidas del Lote SPE y el Lote MBG se adicionó a 200ml de urea 3M, conteniendo 0.02M de NaOH. La suspensión se agitó durante toda la noche a 36°C, usando un agitador magnético y un plato calentador. Luego, se recuperaron los huesos por filtrado de la solución de urea. El residuo de huesos y las paredes del contenedor se enjuagaron dos veces con pequeñas cantidades de agua.

Evaluación sensorial

Antes de la evaluación, las hamburguesas se cocinaron durante 7min de un lado, se dieron vuelta y se cocinaron 5min en un horno convencional a 220-240°C. Las muestras cocidas se mantuvieron calientes en el horno hasta la evaluación durante 3-8min, se cortaron en cuartos y se sirvieron a los panelistas en orden al azar. Cada muestra del Lote SPE y Lote MBG fue evaluada en una sesión separada, por triplicado. Se evaluó textura, sabor, color, olor y palatabilidad con un panel entrenado. Se usó una escala tipo Karlshruhe^[2] para medir el grado de deterioro, asignando 1 a la peor calidad y 3 a la mejor. El panel consistió en 7-10 miembros del Centro INTI Mar del Plata.

Análisis Instrumental

Color

Se utilizó un colorímetro Nippon Denshoku NR-3000 Handy, con iluminación D65, 2°, para medir el color de las hamburguesas crudas de los Lotes

SPE y MBG, antes de congelar. El colorímetro fue calibrado con un panel blanco de calibración (X = 82.81, Y = 87.09, y Z = 91.50).

Para cada lote se realizaron seis lecturas de luminosidad (L), croma (C, indicador de la saturación) y ángulo hue (H, indicador del tono).

Textura

Se utilizó un texturómetro Instron Universal (Model 4442, Instron Corp., Canton, MA). Se colocaron las hamburguesas cocidas enfriadas a temperatura ambiente, sobre el plato para determinar la fuerza mecánica de relajación. Las muestras se comprimieron hasta el 15% de deformación. La magnitud de esta deformación fue la menor que permitió el registro de la señal electrónica del texturómetro, cuando las hamburguesas fueron comprimidas sin producir ruptura de la carne. La fuerza de relajación se registró durante 10 minutos y se evaluó su valor final^[3]. Las determinaciones se realizaron en diez muestras en réplicas de tres.

La fuerza residual de relajación se asocia con la resistencia de la muestra al final del proceso de masticación.

Análisis Económico

Se calculó el costo operativo (US\$ por kilogramo de hamburguesas de pescado) a fin de permitir la comparación entre las máquinas analizadas. Para calcular el costo de producción, se utilizó la metodología desarrollada por Zugarramurdi y col.^[4] Los costos de operación se dividieron en dos categorías:

- Costos Variables, directamente proporcionales a la producción

Materias primas: este componente comprende los materiales primarios y secundarios que directa o indirectamente intervienen en el proceso de transformación (pescado e ingredientes). Puede ser estimado conociendo el precio por unidad de material prima y la cantidad de material prima necesaria para elaborar una unidad de producto. Este último valor depende del rendimiento. El empaque se considera parte de los costos de materias primas.

Mano de obra: incluye los salarios de los operarios (mano de obra directa) cuyo trabajo está directa o indirectamente ligado a la producción y el personal responsable de la supervisión.

Servicios: costos de energía eléctrica y agua que fueron estimados a partir del consumo específico y precio unitario.

- Costos Fijos, independientes de la producción
- Costos de Inversión: depreciación, impuestos, seguros y mantenimiento fueron estimados como el 16% de la Inversión fija.

Costos de Administración y Dirección: Estos costos fueron estimados como el 40% de los costos de mano de obra directa^[5] [4].

Costos de Ventas y Distribución: Salarios y gastos generales de las oficinas de ventas y servicios

técnicos fueron estimados como un porcentaje del precio de venta^[6].

Finalmente, se estimaron los costos de operación para la SPE y la MBG, usando los datos recogidos en la Planta Piloto y en Guaminí. Para determinar el Punto de Equivalencia, se simularon los costos de cada máquina para diferentes capacidades de planta (expresadas en kg de carpas por día).

Resultados

Comparación de las Separadoras

Como resultado de la operación de la SPE, el rendimiento de carne separada resultó ser el máximo, a lo largo de todo el año, como se muestra en la Fig. 2.

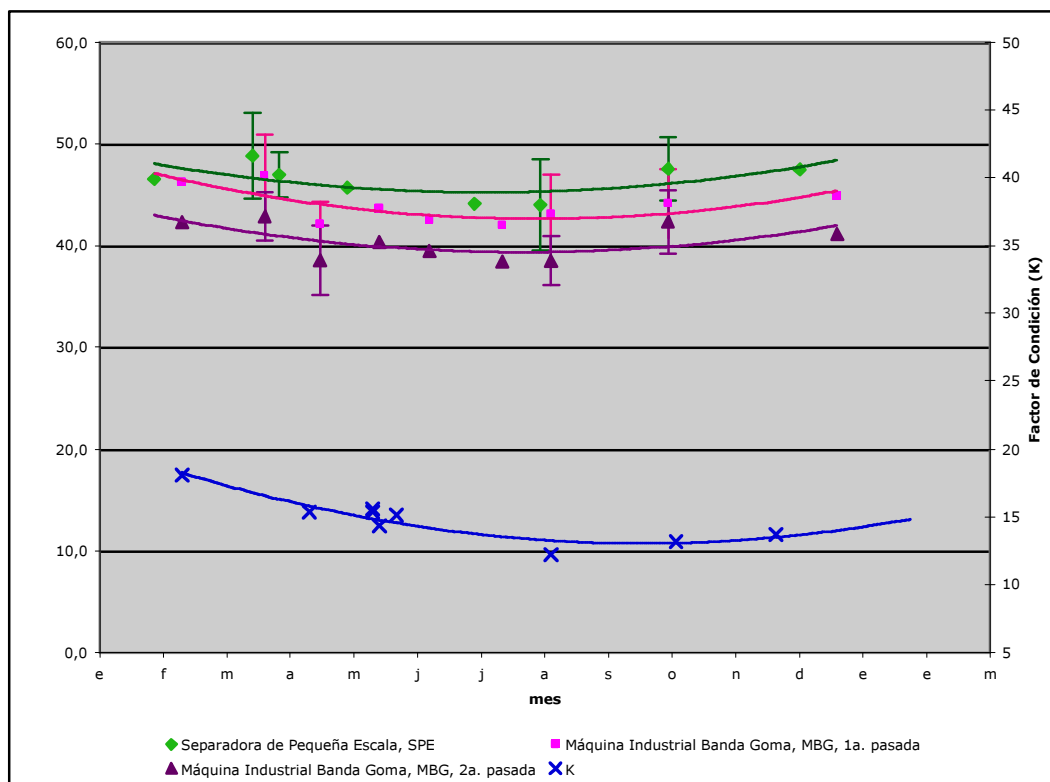


Fig. 2: Variación de rendimiento de desmenuzado con el tipo de máquina y Factor de condición con la época del año

Como se observa en dicha figura, el rendimiento para ambas máquinas depende de la condición biológica de la carpa procesada, que cambia a lo largo del año. El Factor de Condición (K) está relacionado con la condición biológica y está definido por la expresión general^[7]:

$$K = W/(0.01 * L)^3 \quad (1)$$

donde W es el peso del pescado (kg) y L es la longitud total (cm).

Durante de reposo gonadal, en verano (diciembre-febrero) se observaron valores altos de K (buena condición biológica). Durante el período de crecimiento gonadal, los valores de K disminuyeron gradualmente, alcanzando su valor menor después del desove. Se encontraron resultados similares en bibliografía^[8] ^[9].

Los valores máximos de rendimiento de desmenuzado se obtuvieron durante el verano (diciembre-febrero), coincidiendo con los altos valores de rendimiento de proceso observados en

un trabajo anterior^[10] durante el período de recuperación posterior al desove.

El desmenuzado obtenido por estas máquinas puede contener una cierta cantidad de huesos y espinas (fragmentos), que depende generalmente del tamaño del orificio de extrusión a través del cual pasa la carne, y de las características físicas de cada especie. Las experiencias previas realizadas con carpa en la MBG demostraron la necesidad de realizar una doble pasada del desmenuzado para disminuir el contenido de fragmentos de huesos en el producto final. Sin embargo, la doble pasada reduce el tamaño de partícula del desmenuzado obtenido y altera la textura del producto cocido. La doble pasada también incrementa los costos de manipuleo y operación. Una segunda pasada, a máxima presión, para eliminar los huesos, recupera parte de la carne roja pegada a la piel, de tal forma que el desmenuzado resultante es más oscuro.

El análisis de fragmentos de huesos indicó que la separación mecánica de huesos de carpa usando la SPE fue mejor que con la MBG, aún con doble pasada. La cantidad de huesos en el desmenuzado obtenido con la SPE fue de 0.03-0.06g de huesos por 100g de carne mientras que resultó ser de 0.24-0.27 y 0.05-0.13g de huesos por 100g de carne para la primera y segunda pasada de la MBG, respectivamente.

En el procesamiento de carpa descabezada y eviscerada con la SPE, se obtuvieron aproximadamente 80kg de desmenuzado por hora. Esta velocidad de producción fue el menor valor registrado. Otros factores que se deben considerar son el tamaño del pescado y espesor y la estructura ósea.

A partir de los valores de catálogo y los observados en las experiencias realizadas, la operación con la MBG es de 500kg/h, en simple pasada. Dado que es necesario realizar una doble pasada a fin de reducir el contenido de huesos, en el caso de pescados de estructura robusta como la carpa, esta capacidad se reduce a 200kg/h.

Calidad del Producto

Color

En la Tabla I se muestran los resultados de luminosidad, croma y ángulo hue para hamburguesas de carpa obtenidas con la SPE y la MBG.

Tabla I. Color de hamburguesas crudas de carne de carpa elaboradas con SPE y MBG

Parámetro	SPE	MGB	t
L	45.5 ± 1.8	45.3 ± 2.2	0.220 ^{NS}
H	54.9 ± 3.1	63.9 ± 4.4	4.163 ^{***}
C	17.3 ± 2.9	13.5 ± 1.6	2.81 ^{**}

Los valores indicados corresponden a la media de seis lecturas ± DS; **p < 0.01; ***p < 0.001, ^{NS} no significativo

Los valores del ángulo hue fueron significativamente menores (p < 0.001) para las hamburguesas elaboradas con la SPE, indicando un tono más rojizo para esta máquina comparada con la MBG. Por otra parte, las hamburguesas elaboradas con la MBG presentaron un valor menor de croma (p < 0.001), indicando un color más grisáceo, en contraste con las hamburguesas de la SPE, que presentaron un color más vívido. El tipo de desmenuzadora no tuvo efecto sobre el valor de luminosidad (p > 0.05).

Textura

La fuerza residual de relajación en hamburguesas elaboradas con la máquina SPE fue mayor que los valores obtenidos para las hamburguesas elaboradas con la MBG. Se obtuvieron valores de 8.1N ± 0.6 y 5.0N ± 0.4, respectivamente, para experiencias realizadas en la misma época del año (Julio, pre-desove). Los valores de fuerza residual de relajación son una medida de la textura y la fuerza de cohesión de los alimentos reestructurados^{[11] [12] [13]}.

Análisis sensorial

En el gráfico de araña de la Fig. 3 se muestra la comparación de atributos descriptivos en hamburguesas de carpa elaboradas con la SPE y la MBG.

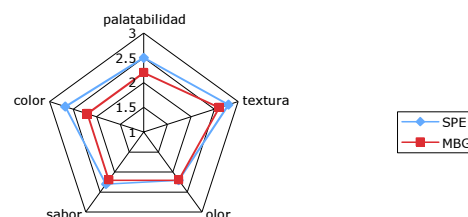


Fig. 3: Perfiles sensoriales de hamburguesas de carpa

Los atributos que presentan diferencias significativas son color, seguido de palatabilidad y textura. Todos los atributos resultaron mejores en las hamburguesas elaboradas con la SPE.

Análisis Económico

Se realizaron comparaciones entre la SPE y la MBG, usando las variables propuestas. Debe notarse que las máquinas pueden ser apropiadas para su utilización en diferentes tipos de planta, basando esta decisión en la capacidad anual de procesamiento. Por ejemplo, una máquina más lenta de menor costo puede ser apropiada para una operación de pequeña escala, mientras que una máquina de mayor capacidad y más costosa será conveniente para el procesamiento de grandes volúmenes de materia prima. Para pequeñas capacidades, el procesamiento de hamburguesas de carpa con la SPE resultó con un costo de producción menor, como se observa en la Fig. 4, habiéndose determinado un Punto de equivalencia para 3600 kg de materia prima diarios.

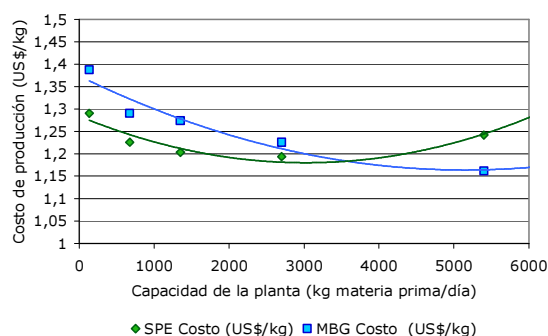


Fig. 4: Economías de escala para la producción de hamburguesas de carpa con diferentes tecnologías

Conclusiones

La comparación de la máquina SPE con máquinas existentes de banda de goma que utiliza la industria de gran escala ha mostrado grandes ventajas en rendimiento y calidad del producto final. Económicamente, la SPE es conveniente para producciones inferiores a 3600 kg de materia prima por día. Los resultados técnico-económicos presentados son de utilidad para mejorar el desarrollo de la actividad pesquera en aguas continentales.

Referencias

- [1] Yamamoto, M., and Wong, J. 1974. Simple chemical method for isolating bone fragments in minced fish flesh. *J. Food Sci.* 39: 1259-1260.
- [2] Wittig de Penna, E. 1981. Evaluación de la calidad mediante el test de valoración con escala de Karlsruhe. *Alimentos*, 6(1):25-31.
- [3] Llano K.M.; Haedo A.S.; Gerschenson L.N. and Rojas A.M. 2003. Mechanical and biochemical response of kiwifruit tissue to steam blanching. *Food Research International*, 36 (8): 767-775.
- [4] Zugarramurdi, A., Parin, M.A. and Lupin, H.M., 1995. Economic Engineering applied to the Fishery Industry. FAO Fisheries Technical Paper. No.351. FAO. Rome, 295p.
- [5] Humphreys, K.K. and English, L.M., 1993. Project and Cost Engineers' Handbook. Marcel Dekker, Inc. New York, 304p.
- [6] Jelen, F.C. and Black, J., 1983. Cost and Optimization Engineering. McGraw Hill, New York, 538p.
- [7] Medina-García, M. 1979. El factor de Condición Múltiple (KM) y su importancia en el manejo de poblaciones de la Carpa de Israel (*Cyprinus carpio specularis*) I. Hembras en estado de madurez V. *Rev. Latin. Acuicultura* 2:42-46.
- [8] Mattingly, R.L. and Kevern, N.R. 1979. Life history, abundance, and potential harvest of carp (*Cyprinus carpio linnaeus*) from Michigan waters of the Great Lakes. Michu-SG-79-205. Michigan Sea Grant Program Publications. USA.
- [9] Sánchez Merino, R. and Navarrete Salgado, N. 1987. Rendimiento de carpa espejo (*Cyprinus carpio specularis*) en bordos del Estado de México. *Rev. Latin. Acuicultura*. 33:35-44.
- [10] Zugarramurdi, Aurora; Parin María A.; Gadaleta Lilliana; Carrizo Guillermo A.; Montecchia Claudia; Boeri Ricardo L. and Giannini Daniel H. 2003. Seasonal variation in Condition Factor, Gonadosomatic index, and Processing Yield of carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 12,(2):33-45.
- [11] Abide, G.P., J.O. Hearnberger, and J.L. Silva. 1990. Initial fish state and mixing time effects on textural characteristics of a restructured catfish product. *J. Food Sci.* 55 (6), 1747 - 1748.
- [12] Hamman, D.D. 1988. Rheology as a means of evaluating muscle functionality of processed foods. *Food Technol.* 42(6), 66.
- [13] Weinberg, Z.G. and Angel, S. 1984. Stress relaxation and tensile strength testing of a processed fish product. *Journal of Texture Studies*, 15 (1), 59-66.

Para mayor información contactarse con:
Ing. Alejandro Booman - abooman@inti.gov.ar