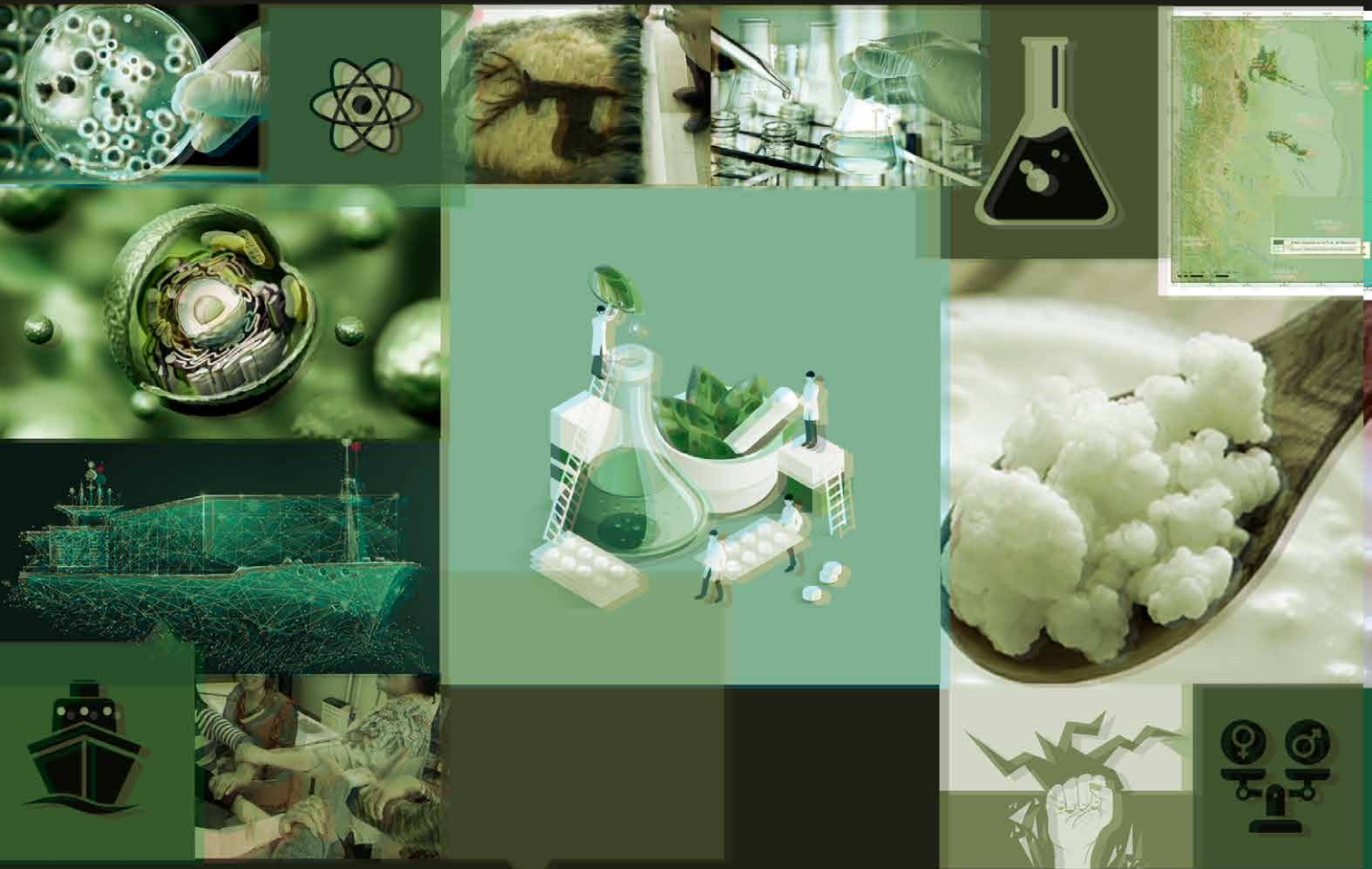


unidad de
publicaciones

Departamento
de *Ciencia*
y *Tecnología*

/trabajos extendi2



ESTUDIOS SOCIALES, DE GENERO
Y DEMOCRATIZACIÓN EN CIENCIA
Y TECNOLOGÍA

BIOLOGIA Y BIOQUIMICA, CIENCIAS
DE LA SALUD, CIENCIA Y TECNOLOGIA
DE LOS ALIMENTOS, MICROBIOLOGIA
Y PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS

ARQUITECTURA NAVAL



2021

Trabajos extendi2 / Daniela Edith Igartúa... [et al.] ; compilación de Nadia Chiaramoni ; prólogo de María Alejandra Zinni.- 1a ed.- Bernal : Universidad Nacional de Quilmes, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga
ISBN 978-987-558-759-5

1. Ciencias Sociales. 2. Estudios Sociales. 3. Estudios de Género. I. Igartúa, Daniela Edith.
II. Chiaramoni, Nadia, comp. III. Zinni, María Alejandra, prolog.
CDD 305.43



ÍNDICE

Prólogo.....	5
--------------	---

ESTUDIOS SOCIALES, DE GÉNERO Y DEMOCRATIZACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

La modernización vitivinícola: un programa para el afianzamiento económico (1960-1980).....	8
La investigación en enseñanza y aprendizaje en el Departamento de Ciencia y Tecnología de la UNQ.....	28
Descorrer el velo: una mirada de género sobre las jornadas científico-tecnológicas de jóvenes en formación	54
Emprendimientos ocupacionales: trabajo en equipo en tiempos de pandemia	74
La vulnerabilidad de las mujeres en entornos virtuales. Retos de la legislación nacional	91
Modelos incompatibles en biología: el caso del ignorado modelo de célula	104

BIOLOGÍA Y BIOQUÍMICA, CIENCIAS DE LA SALUD, CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS, MICROBIOLOGÍA Y PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS

Evaluación preliminar de la actividad anticoagulante e hipoglucemiante del primer inhibidor de tripsina reportado en semillas de chañar...	125
Evaluación del consumo y descripción del perfil de los consumidores de kéfir.....	156

Suero lácteo: de efluente a ingrediente para helados	170
Proteínas de quinua como potencial alternativa para el desarrollo de emulsiones gelificadas	196
Fermentación de harina de legumbres para su incorporación en panificados	218
Predicción <i>in silico</i> del potencial metabólico de UNQOe19 para su empleo como iniciador maloláctico	239
Caracterización de transportadores de antocianinas naturales, basados en lecitina de soja y manteca de cacao	260

ARQUITECTURA NAVAL

Desarrollo de prepregs a partir de resinas poliuretánicas biobasadas.....	274
Validación del método de predicción Mercier-Savitsky para cascos con cantonera en el régimen de pre-planeo.....	286

PRÓLOGO

Trabajos extendi2 es el primer título de la Unidad de Publicaciones del Departamento de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes y es producto de los trabajos presentados en el marco de las IV Jornadas de Investigadores en Formación en CyT (JIF 2021).

Este título nos permite asomarnos a la diversidad de actividades científico-tecnológicas que realizan cotidianamente jóvenes científicos y científicas del mundo de la Ciencia y la Tecnología, en la Universidad Nacional de Quilmes.

Aborda temáticas de interés tanto a nivel nacional como internacional y es una muestra acabada de la calidad, diversidad y cantidad de iniciativas de investigación que se llevan adelante todos los días en el ámbito del Departamento.

Estas jornadas surgieron hace muchos años en el seno del Departamento de Ciencia y Tecnología y constituyen un espacio de difusión del trabajo que se realiza en un marco académico, motivando la participación de estudiantes en la investigación y, sobre todo, generando colaboraciones dentro y fuera de la Universidad.

Con los años, este espacio se ha transformado en un ambiente propicio para que becarios y becarias desarrollen herramientas en la defensa de sus trabajos de grado y posgrado y puedan sumar antecedentes necesarios en la vida académica. También es un espacio para que graduados y graduadas de nuestra Casa de Estudios compartan sus trabajos de investigación, motivando así a los y las más jóvenes a seguir el camino del desarrollo de investigaciones de alto impacto científico-tecnológico.

De la lectura de los trabajos presentados se observa el desarrollo de un evento con calidad científica, dinámico y atractivo para toda la comunidad universitaria.

Estas jornadas se organizaron en torno a simposios que abarcan la diversidad temática que constituyen la Ciencia y la Tecnología, pero sin perder especificidad. Dicha organización permitió atraer todos los trabajos de investigación científica que se llevan a cabo dentro de la Universidad y a la vez permitieron generar interacciones multidisciplinares.

Estas IV Jornadas se realizaron de manera totalmente virtual debido a las condiciones impuestas por la pandemia de SARS-CoV-2 y fueron las más intensas y hermosas en las que haya participado la comunidad del Departamento de CyT. Se contó con una extensa presentación de trabajos y con la asistencia de numerosos expositores de la Argentina y del exterior.

De manera novedosa se incorporó una sección que analiza la perspectiva de género en Ciencia y Tecnología, y además se realizó un estudio que tuvo como insumo las propias presentaciones a las IV Jornadas.

Estamos presenciando un tiempo en que la Ciencia y la Tecnología toman un valor simbólico en la sociedad como nunca antes se observó, por eso es fundamental que desde la Universidad Nacional de Quilmes, que tiene como ejes rectores la inclusión, la calidad y la pertinencia, se sigan impulsando iniciativas donde los y las jóvenes se animen a recorrer el camino de la investigación científica y tecnológica.

Es un motivo de celebración para toda la comunidad del Departamento de Ciencia y Tecnología de la UNQ que lancemos nuestra Unidad de Publicación con **Trabajos extendi2**.

Dra. María Alejandra Zinni
Directora del Departamento de Ciencia y Tecnología
Universidad Nacional de Quilmes

**ESTUDIOS SOCIALES,
DE GÉNERO Y DEMOCRATIZACIÓN
EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

LA MODERNIZACIÓN VITIVINÍCOLA: UN PROGRAMA PARA EL AFIANZAMIENTO ECONÓMICO (1960-1980)

EMMANUEL CICIRELLO¹

Resumen

La vitivinicultura es una de las agroindustrias más importantes de la Argentina tanto por su desarrollo histórico como económico. En la provincia de Mendoza se concentra el 70% del total de la producción de uva y un porcentaje similar de la elaboración total de vinos nacionales. Durante la segunda mitad del siglo XX, la actividad vitivinícola argentina en general y la mendocina en particular atravesaron una prolongada crisis (1978-1990), a partir de la cual se estableció una reorientación de algunos de los productores de vinos hacia el mercado internacional. Como consecuencia del contexto crítico, diversos actores sociales (públicos y privados) propiciaron cambios técnicos, dando origen a un proceso de modernización vitivinícola. A lo largo de toda la cadena de producción se observaron cambios basados en los nuevos paradigmas de calidad. Estos provenían de otras latitudes, con el fin de convertir el vino argentino en un producto más competitivo a nivel internacional.

A partir de lo mencionado, este trabajo tiene como objetivo analizar el documento las “Bases para un ‘Programa de afianzamiento y desarrollo de la industria vitivinícola’”, que parecería ser uno de los primeros trabajos producidos por un organismo estatal para propiciar la denominada “modernización vitivinícola”. Este

1 CEAR/UNQ-CONICET.

documento fue realizado por el Ministerio de Economía mendocino y muestra la temprana preocupación que tenía el Estado por el desarrollo de la “industria madre” de la provincia. Por tanto, se propone aquí estudiar la profundización de las características de los actores sociales públicos, su función dentro del proceso de innovación tecnológica y la adaptación local del concepto de “calidad”, dando al Estado un espacio en el desarrollo de la modernización, no atendido aún por la historiografía económica regional. En síntesis, esta investigación intenta avanzar, desde una perspectiva cualitativa, en el estudio de la conformación de un proceso de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I), tomando el período comprendido entre la década de 1960 y el período de crisis, que es considerado el preludeo de implementación en el campo.

Palabras clave: vitivinicultura, innovación, cambio tecnológico, calidad vitivinícola.

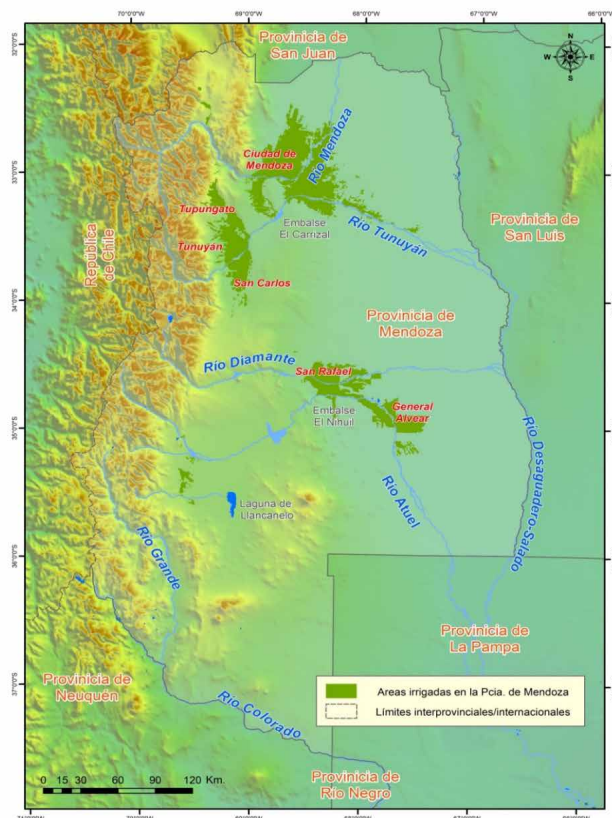
1. Introducción

La vitivinicultura es una de las agroindustrias más importantes de la Argentina tanto por su desarrollo histórico como económico. En la provincia de Mendoza, se concentra el 70% del total de la producción de uva y un porcentaje similar de la elaboración total de vinos argentinos. Las características económicas y geográficas del sector son históricas y particulares. En principio, la provincia de Mendoza se ubica en un espacio árido, con escasez de agua, donde la producción se realiza en *oasis de regadío*, que representan el 3% de la tierra fértil de la provincia (ver Mapa 1).

En segundo lugar, el sector presenta dos procesos que perviven hasta el presente: desde el siglo XIX hasta el último cuarto del siglo XX, una producción mayormente orientada a abastecer el mercado interno; y a partir de la última década del siglo pasado, se promueven transformaciones basadas en nuevos paradigmas de calidad. Si bien desde la década de 1980 se percibe una crisis del sector debido a la sobreoferta, dicho proceso comienza a fines de 1960, cuando el consumo de vino de la población comenzó a descender de manera significativa al igual que en los países tradicionalmente consumidores como Francia, España e Italia. Por otro lado, durante estos años los productores reemplazan viñas de calidad por

aquellas que permiten obtener mayores volúmenes de uva debido a las demandas del mercado y las políticas de regulación de las importaciones históricas que mantiene el Estado nacional y provincial (Cerdá y Hernández, 2013; Richard y Jorba, 2008a). Por otro lado, desde finales de la década de 1960 la vitivinicultura a nivel mundial atraviesa un proceso de internacionalización del mercado de vino (Anderson, 2004; Anderson y Nelgen, 2011; Medina Albaladejo y Martínez Carrión, 2012; Medina Albaladejo et al., 2014). Mientras que la caída del consumo de vino se explica por el cambio en los patrones de consumo –especialmente de los jóvenes–, la internacionalización se debe a la entrada al mercado de nuevos productores –y, en menor medida, consumidores–, como Sudáfrica, Australia, Estados Unidos o Nueva Zelanda, entre otros. Así, durante el período que se analiza se percibe un desarrollo de diversos actores sociales (públicos y privados) que promueven procesos de I+D+I, en beneficio de la reorientación del producto hacia el mercado internacional.

Mapa 1. Oasis mendocinos.



Fuente: Elaborado por Facundo Rojas (2019).

Los estudios pioneros sobre la transformación del sector vitivinícola se centran en cómo la desregulación económica de la década de 1990 potencia el papel de los sectores empresarios más significativos y concentrados, influyendo en la composición del perfil de la elaboración de vinos finos y su expansión en el mercado (Aspiazu y Basualdo, 2001; Richard y Jorba, 2008a; Bocco, 2007a; Roffman, 2012; Chazarreta, 2013, entre otros). En este trabajo se considera que en las décadas de 1960-1970, es posible encontrar documentos estatales que propician reorientar la producción hacia el mercado externo. Esto no solo se sostiene en las repetidas crisis de sobreproducción sino también como una forma de ampliar el mercado consumidor.

Para ello, los productores deben resignificar las prácticas culturales hacia un producto *mejor* y orientado al paladar de los consumidores internacionales. Por lo tanto, se puede vislumbrar que, a lo largo de toda la cadena de producción, se comienzan a discutir los nuevos paradigmas de calidad provenientes de otras latitudes, impulsados por instituciones públicas como el INTA y el Instituto Nacional de Vitivinicultura.

Este artículo se estructura de la siguiente manera: en el apartado 2 se desarrollarán las principales características del sector vitivinícola en Mendoza y el proceso de reestructuración, haciendo énfasis en la economía, el marco regulatorio y la aplicación de nuevas tecnologías a partir de los actores sociales. En el apartado 3, se analizará el documento “Bases para un ‘Programa de afianzamiento y desarrollo de la industria vitivinícola’” a partir de los objetivos, las apreciaciones sobre el contexto, las soluciones para la actividad productiva y el sentido de calidad que expresa. Por último, se definirán algunas consideraciones finales a partir del estudio que pretende comprender históricamente el proceso de transformación vitivinícola.

2. Características del sector vitivinícola (1960-1980)

2.1 Aspectos económicos y la creación de un marco regulatorio

La producción vitivinícola en la provincia de Mendoza posee una larga tradición económica y cultural, la cual presenta características particulares que

es importante desarrollar. En primer lugar, la consolidación del sector como modelo de crecimiento económico surge a fines del siglo XIX, a través de la inserción de la Argentina al sistema económico global. Mediante el mejoramiento técnico y la captación de inmigrantes europeos, se logra desarrollar la agroindustria basada en la gran bodega con una predominante orientación al mercado interno (Richard y Jorba, 2006). Este proceso, considerado como *la primera modernización*, es acompañado por la presencia del Estado provincial y nacional por medio de políticas regulatorias para consolidar el sector, el cual representa hacia 1914 el 76% del PBI provincial (Mateu, 2002). Sin embargo, durante el siglo XX existen varios procesos de crisis prolongadas, a saber: 1901-1903; 1914-1917; 1928-1935 y 1978-1990. Estas etapas, en general, están signadas por la sobreproducción y posterior caída de precios. Las estrategias para disminuir la sobreoferta en el mercado varían entre la prohibición temporaria de plantaciones, estímulos económicos a variedades específicas, el bloqueo de vinos, regulación de la comercialización, la compra de vinos/uvas por parte del Estado para su posterior eliminación, entre otras. Si bien se retrasa el efecto de sobreoferta en lo inmediato, no se produce una resolución efectiva y los síntomas críticos reaparecen (Gennari et al., 2013). Asimismo, la última crisis es aún más profunda y prolongada, ya que se suma al problema de la sobreproducción una caída pronunciada del consumo, dos elementos que parecerían influir en la adopción de la reestructuración vitivinícola.

A partir de lo mencionado, el Estado tiene a lo largo de la historia del sector vitivinícola un rol relevante. Las medidas proteccionistas y legales para atenuar los efectos negativos promueven la creación de instituciones –por ejemplo, la Junta Reguladora de Vinos–,² durante el siglo XX. En 1959 se sanciona la *Ley general de Vinos* (14.878), la cual

...especificó las normas técnicas para el control de la genuinidad de los productos vitivinícolas, estableció sanciones a los infractores, creó al INV como

2 Como consecuencia de la depresión de los años treinta, se crea la Junta con el objetivo de equilibrar el mercado a partir de la eliminación de viñedos y vinos. El resultado supone pasar de 100.619 ha de viñas existentes en 1936 a 83.605 en 1938 (Rodríguez, 1968).

sucesor de la Dirección de Vinos en su función de organismo encargado del contralor técnico y la promoción vitivinícola, y estableció una conducción para el Instituto que intentó condensar en su interior la representación de los diversos sectores de la Agroindustria vitivinícola e institucionalizar sus conflictos. (Hernández, 2014, p. 75)

El objetivo de controlar la producción, su financiación y la comercialización permite observar ciertas falencias históricas en el sector, particularmente la adulteración en la producción en bodegas. Por otro lado, en 1966 se sanciona la ley 16.833 sobre la promoción de zonas áridas, la cual propone “desgravaciones impositivas a las producciones agropecuarias en zonas áridas” (Gennari et al., 2013, p. 6) y a las inversiones que se destinen a la infraestructura de riego en base a aguas subterráneas. A partir de dicha ley, se establecen 50.000 ha de vid de alto rendimiento y “*baja calidad enológica*”. Es decir, se estimula el modelo cuantitativo del vino, donde predominaba la necesidad de producir una gran cantidad de uvas. Por último, en 1970, se promulga la ley 18.798 y en 1971 la ley 18.905, las cuales establecen la autorización previa del INV sobre la plantación de nuevos viñedos y la promoción de fraccionamiento de los vinos en origen, para controlar qué tipo de variedad se produce y evitar la adulteración de los vinos.

Dicho marco regulatorio constituye un ejemplo para contemplar las diversas acciones que se establecen en la región, las cuales construyen un cambio de paradigma productivo: mejorar las prácticas de elaboración, análisis de aptitud para su circulación comercial, sanción a la adulteración y seleccionar qué variedad se cultiva (Tonioni, 2007). El resultado es una transformación de la producción y comercialización, pues se comienza a priorizar los varietales, considerando la *calidad* como elemento principal para sortear la crisis 1978-1990. Estas condiciones aportan a la reestructuración vitivinícola consolidada a partir de 1990, la cual considera al vino argentino en general, y al malbec en particular, como un producto de exportación. No obstante, dichas políticas públicas y transformaciones expresan antecedentes a finales de la década de 1960, cuando el Estado y diversos actores sociales productivos

comienzan a evidenciar la posibilidad de cambios en el sector para mejorar los efectos negativos históricos de sobreproducción.

2.2 Aspectos tecnológicos y culturales

Como se menciona en el apartado anterior, el contexto económico de finales del siglo XX presenta características que son determinantes en el perfil productivo y comercial vitivinícola. A partir de la última crisis, se reestructura parte del sector pasando del modelo cuantitativo que produce *vinos básicos* para el mercado interno, hacia un modelo basado en la producción de *vinos de calidad* para el mercado nacional e internacional. Sin embargo, si bien el sector se orienta al mercado exterior a partir del vino con diferenciación e indicación varietal para sortear los efectos históricos de crisis, la producción de altos rindes para el vino de mesa sigue siendo un porcentaje importante de la producción total y, en los últimos años, también consigue insertarse en el mercado mundial. De esta manera, se puede observar que la transformación del sector emerge a partir de diversos condicionamientos económicos –nacionales e internacionales–, donde se comienza a gestar estímulos en los diferentes sectores de la cadena productiva para establecer un marco tecnológico innovador.

Según diversos autores, el paradigma de calidad asociado a la vitivinicultura se estructura a partir de características específicas: la innovación tecnológica,³ el aumento en el consumo de vinos finos, los cambios varietales, la orientación hacia el mercado externo, el aumento de las inversiones extranjeras –en los últimos años asociadas también al enoturismo–, la crisis de pequeños productores, entre otras (Bocco, 2007a; Azpiazu y Basualdo, 2001; Richard y Jorba, 2008a). Por otro lado, se produce una diferenciación entre los productos en vinos de mesa, vinos de calidad o finos y los mostos (Bocco, 2007b). De este modo, se vislumbra que el concepto de calidad vitivinícola incluye

3 La innovación, a diferencia de la invención, es un primer intento de llevar a la práctica un nuevo producto cuando aparece. Supone el resultado de un largo proceso que involucra muchas innovaciones interrelacionadas con inventos y es un fenómeno que resulta de la continua interacción entre diferentes actores y organizaciones (Fagerberg, 2005).

varios actores sociales, además de aquellos que pertenecen al sector primario. Sin embargo, es importante mencionar que la reestructuración comienza a partir de la aplicación de innovaciones tecnológicas en las prácticas de cultivo y selección de este en el campo. Como mencionan Pont y Thomas (2009), previo a 1980, los productores eligen uvas de peso y tamaño, de alto rendimiento y plantando las vides con amplia separación para que los racimos sean más grandes, tendiendo a aumentar el volumen de uvas al menor costo (considerado modelo cuantitativo). A partir de la caída del consumo de vino durante los primeros años de la década de 1980, por la “escasa aceptación en el exterior” debido a problemas generados por moho, oxidación y amargor (Pont y Thomas, 2009, p. 80), grupos sociales distintos al modelo de cantidad producen la construcción de un marco tecnológico del vino de calidad.

Según Pont y Thomas (2009), el marco de calidad está compuesto por la elección de los colores, aromas y sabores de gran intensidad con frutas o roble. A su vez, los grupos que intervienen en dicha construcción presentan perfiles novedosos. Por ejemplo, las bodegas que se encargan de producir uva seleccionan las variedades de uva que impactaron de forma positiva en los países emergentes, incorporando viñedos para poseer mayor control sobre el cultivo. Por otro lado, los productores considerados independientes comienzan a relacionarse con actores que poseen un saber técnico, ya sean ingenieros agrónomos, enólogos o asesores, a través del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). El resultado de esta interacción social que nuclea nuevas tecnologías establece nuevos objetivos que definen a la calidad:

...producir uvas pequeñas, de película gruesa, concentradas mediante el control cuidadoso de la planta (...) con poca distancia entre ellas y una cantidad limitada de ramificaciones y racimos por vid, lo cual se logra por medio de la poda (...) reciban el máximo de luz solar desfoliando parcialmente la vid. (Pont y Thomas, 2009, p. 82)

A su vez, es importante destacar los impactos que genera la intervención de los diversos actores sociales. Por un lado, la asociación del sector público

materializado en el gobierno provincial, el Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) con los productores para la aplicación de nueva tecnología. Se incorporan al productor nuevos investigadores desde el INV junto a equipos para el cumplimiento del marco de calidad, el conocimiento de la bioquímica que aporta el INTA y las universidades para un mejor tratamiento del producto. Por otro lado, el sector extranjero y privado, que son propietarios de bodegas que invierten en el desarrollo de las nuevas condiciones mencionadas y que poseen experiencias significativas en los hábitos de consumo en el mercado internacional y relaciones comerciales. De estas relaciones sociales, se promueve el interés desde los productores a definir el perfil del consumidor, es decir, un consumidor de orientación internacional que posee la capacidad de imponer exigencias a la oferta vitivinícola debido a la diversidad de vinos a su alcance, como así también un saber sistematizado en revistas especializadas y críticas que construyen el sentido de calidad (Pont y Thomas, 2009).

A partir de lo mencionado, se destaca que la concepción de *calidad* es una construcción de expertos y productores que influyen sobre el sentido del *buen gusto*. Si bien es cierto que los modelos de cantidad y calidad representan tecnologías, actores sociales y prácticas distintas, la cuestión de la *calidad* implica múltiples factores económicos, sociales y comerciales que legitimen (o no) las innovaciones tecnológicas. Por ejemplo, los vinos de diferenciación e indicación varietal son considerados de *calidad*, en principio, debido a la función alternativa que cumple para evitar la crisis 1978-1990, y en segundo lugar, porque se aplican conocimientos técnicos y de marketing que proponen a esos tipos de vinos como distinguidos y diferenciados de los demás. Sin embargo, en otras latitudes –Francia, España o Italia, solo por mencionar algunos de los grandes países productores– es el *terroir* el que determina la calidad del vino. De esta manera, es necesario desarrollar estos aspectos desde las relaciones sociales dentro de un campo definido históricamente, es decir, considerándolo como “espacios de juego históricamente constituidos con sus instituciones específicas y sus leyes de funcionamiento propias” (Bourdieu, 2010, p. 11). Allí se establecen intereses específicos, condición de su funcionamiento, donde todos los actores participan aceptando las reglas

de juego de ese campo, aunque buscando imponer “la definición de los principios legítimos de división del campo” (Bourdieu, 2010, pp. 12-13). En síntesis, la consolidación del paradigma de calidad implica una redefinición de la economía vitivinícola, donde los actores sociales nuevos –y relaciones sociales novedosas– determinan qué tipo de vino producir y las formas-condiciones de lograrlo, convirtiéndose en interés común la confección social del gusto del vino como representación sociocultural (Goldfarb, 2001; Pont y Thomas, 2009; Bourdieu, 2010). En el apartado siguiente, se propone un análisis de la fuente histórica “Bases para un ‘Programa de afianzamiento y desarrollo de la industria vitivinícola’” (1967), considerada como un antecedente de la búsqueda de consolidación de la calidad vitivinícola y la construcción social del gusto, por varios actores sociales del sector público.

3. “Bases para un ‘Programa de afianzamiento y desarrollo de la industria vitivinícola’”

3.1 Características generales de las bases

El programa es impulsado en mayo de 1967 por el gobierno de la provincia de Mendoza, a través de su Ministerio de Economía. Dicho documento surge durante la intervención federal de la Revolución Argentina bajo el mando del teniente general Juan Carlos Onganía, quien nombra al general José Eugenio Blanco como gobernador de facto. Dicha fuente histórica es relevante, porque evidencia la necesidad de diversos actores sociales por reestructurar el sector vitivinícola, modernización que se consolida recién en la década de 1990 a partir de la exportación de vinos (Aspiazu y Basualdo, 2001). Por otro lado, constituye un testimonio de la intencionalidad del sector público por definir la calidad vínica en relación con el “buen gusto”, considerando las elecciones de los consumidores. A partir de esto, se considera importante revisar dichos discursos y pretensiones debido a que, teniendo en cuenta la teoría de Bourdieu, el “buen gusto” es una construcción social definida como la definición de reglas de juego, las cuales representan prácticas previas de legitimación de elementos propios del campo social (Bourdieu, 2010).

El texto expresa una propuesta para atender las limitaciones económicas del sector, a partir de modificaciones en el proceso primario, industrial y de comercialización. El orden del documento inicia con el planteo de los problemas económicos del sector y la influencia de la coyuntura. Luego, propone los objetivos y estrategias para sortear las dificultades definidas junto al presupuesto que requiere dicho programa. Por último, se fija un plan de mediano y largo plazo fundamentado en las necesidades que el mercado de vinos atraviesa.

En principio, se aduce que las problemáticas que afectan a la vitivinicultura pertenecen a la inexistencia de un programa de mediano y largo plazo factible, aspecto atenuante para “la instrumentalización de políticas parciales y circunstanciales, inadecuadas y a veces contradictorias, en los ámbitos nacional y local” (Gobierno de Mendoza, 1967, p. 7). El diagnóstico elaborado está asociado a dos aspectos importantes que obstaculizan una continuidad: por un lado, el contexto nacional manifiesta la intermitencia de proyectos nacionales políticos-económicos contrapuestos durante el siglo XX. Por ejemplo, se produce la sucesión de gobiernos democráticos y dictaduras militares, como así también el fin del mercado-internismo peronista, cambiando a la propuesta desarrollista de Frondizi.⁴ A estos aspectos estructurantes, se suman otros que ocasionan sobreproducción, como el aumento de la superficie cultivada con vid de variedades comunes, además de la producción indiferenciada de vino de las bodegas adulterando las cantidades con agua o alcohol (Hernández, 2014, pp. 72-73).

La referencia principal sobre la agroindustria es que “ha crecido desordenadamente, no solo ha existido desconexión entre las tres etapas del proceso, sino políticas inconsistentes para ellas. Se ha alentado más la desintegración que la integración” (Gobierno de Mendoza, 1967, p. 7). Dentro del proceso agrícola, se señalan bajos índices de productividad ocasionados por cuestiones climáticas y por el atraso técnico, las prácticas inadecuadas de laboreo, las formas de explotación, la antigüedad de los viñedos, la mezcla de variedades plantadas, entre otros factores. También el productor primario se

4 Por una cuestión de objetivos y espacio, no nos detendremos a explicar dicho proceso. Para abordar el tema, véanse Cavarozzi (1997), James (1990), Torres (2005) y James (2007).

encuentra en condiciones de deterioro, debido a que el pago lo percibe en la cosecha subsiguiente, lo cual le impide planificar nuevas formas de cultivo o adquirir otras variedades y recurrir constantemente a uvas económicas de alto rinde para afrontar sus gastos (Richard y Jorba, 2008a; Pont y Thomas, 2009). El programa destaca que las formas de producir, su tecnificación y la falta de innovación tecnológica, significan un rasgo predominante del mercado de vinos comunes. Asimismo, se acusa el bajo nivel de exigencias enológicas y técnicas, como la relación uva-vino, el grado de madurez y alcohol, y la calidad de vasijas para el trabajo adecuado del producto. Por último, la comercialización no está exenta de los efectos negativos subrayados por el gobierno mendocino, a saber: existen canales de distribución por fuera de las zonas de producción que genera productos sin tipificar los envases, o la utilización de damajuanas de vinos de reserva para vender vinos comunes. Dichas cuestiones favorecen la falsificación, generando una gran abundancia del producto en el mercado, la cual provoca, por un lado, una depreciación de los vinos finos verdaderos y, por el otro, bonificaciones a los distribuidores de los productos falsificados. Según el documento, las soluciones factibles quedan en manos del sector público, por medio del Instituto Nacional de Vitivinicultura, que promovía prácticas regulatorias de control “en la promoción y contralor técnico de la producción, la industria y el comercio vitivinícolas” (Ley 14.878, Art. 2), aunque no eran cumplidas.

3.2 Soluciones posibles que propone el programa

Las soluciones que encuentra el gobierno mendocino en el documento suponen al sector público como determinante, no solo como regulador de un bien de consumo masivo, sino también si se considera que el 85% del valor agregado de la vitivinicultura son ingresos netos para la provincia de Mendoza (Gobierno de Mendoza, 1967). El presupuesto del programa detalla una serie de medidas que estimulen el conocimiento, que apliquen variedades y técnicas para generar mayor rentabilidad, debido a que se trata de un producto más eficiente. Es decir, aplicar mayor tecnología, aspecto que el programa considera que no existe.

El INV, junto al respaldo de organismos especializados como el INTA, posee una responsabilidad jurídica, financiera y técnica para controlar y promocionar la producción y conexión entre las tres etapas: agrícola, industria y comercialización.

El Instituto Nacional de Vitivinicultura debe ser el órgano de orientación, promoción y contralor de la Industria en el ámbito nacional, a cuyo efecto debe asignársele la capacidad jurídica, financiera y fundamentalmente en la técnica que requiere; en este último aspecto podría contar con la colaboración de entes técnicos locales. (Gobierno de Mendoza, 1967, p. 11)

Para lograr dichos objetivos, se propone generar previamente un censo, ya que el diagnóstico que se establece es la falta de conocimiento del sector agroindustrial y es necesario explorar sobre las formas de plantación y explotación, rendimientos, variedades, entre otros. Sin embargo, el INV, que es intervenido –dejando sin efecto su rasgo autárquico– por funcionarios civiles o militares, varía su intensidad de prácticas de control según quién poseyera el dominio sobre el organismo. Según Hernández (2014), el INV expresa en este período “intereses poderosos que se oponían a toda modificación en la estructura de poder, en la distribución de recursos, en la forma y tipos de producción y en los modos y firmeza de los controles contra la adulteración” (p. 81), dificultando la aplicación de las propuestas que presenta el programa. Por ejemplo, las formas de resolver problemas referidos al estiramiento de las cantidades de vino dependen de las lógicas del mercado, es decir, si el precio es alto y la cantidad de vino demandado excede la oferta los controles son menores; si el consumo de vino presenta una caída, se aplican medidas fuertes de control (Hernández, 2014).

Los objetivos del programa se ven influenciados por los problemas que atraviesan las instituciones públicas, ya que en ocasiones no pueden presentar una continuidad en sus funciones elementales de control del producto, los estímulos a la innovación tecnológica por medio de créditos y asesoramiento. No obstante, el programa define un horizonte productivo a partir de

la incorporación de medidas que consideramos como un antecedente para alcanzar el *paradigma de calidad*.

Dicho horizonte son estrategias de corto, mediano y largo plazo, que afectan y modifican tanto las características de los productos elaborados como de los actores sociales que intervienen en la cadena productiva. En primer lugar, orientar la explotación hacia condiciones de calidad y productividad para la exportación y poder superar los efectos negativos del año agrícola; en segundo lugar, estimular la mayor productividad a partir de una “zonificación vitícola por las características ecológicas y las variedades adecuadas a las mismas” (Gobierno de Mendoza, 1967, p. 12), promoviendo una regionalización de los productos; en tercer lugar, aplicar medidas crediticias para el desarrollo de cultivos intensivos en zonas áridas para incorporar la tecnificación del riego, medios antigranizo y antiheladas, lucha contra las plagas agrícolas, técnicas para tipificar variedades, elementos mecánicos de laboreo, entre otros; en cuarto lugar, desalentar las plantaciones “inadecuadas, las variedades inferiores y las explotaciones improductivas” (Gobierno de Mendoza, 1967, p. 12), como así también alentar la transformación y replante de variedades finas en zonas tradicionales; en quinto lugar, alentar la retención de volúmenes de vinos finos para elaborar un *stock* que facilite el abastecimiento del consumo interno y una sostenida y creciente exportación; en sexto lugar, alentar el consumo de uva fresca y sus derivados, a fin de diversificar la materia prima ya que el 95% se destina a vinificación. A partir de lo mencionado, el objetivo general es promover una transformación que permita sortear la gran depresión del precio del vino, aspecto que afecta a todos los actores del sector. El perfil que elige el programa para estas políticas es de desarrollo tecnológico e innovación impulsado por el conocimiento que ofrece el sector público por medio del INTA y el INV, además de la “Dirección de Estimaciones Agropecuarias, Dirección Nacional de Química, Dirección General Impositiva” (Gobierno de Mendoza, 1967).

3.3 Calidad y tecnología

El programa es una propuesta de modernización a partir de la aplicación tecnológica e innovación en beneficio del impulso de *vinos finos*. Si bien el

vino de mesa y el modelo cuantitativo del sector no desaparecen, comienza a emplearse la idea de que el consumo debe ser influenciado en beneficio del mercado de vinos finos a partir del desarrollo de los vinos varietales. En este sentido, se menciona un problema estructurante:

La masificación de los vinos comunes y la desconexión con la comercialización final (al consumo) han restado estímulos a la calidad, han roto con orgullosas tradiciones (prestigio del nombre, de la marea, de la zona, etc.); el mismo fenómeno (desconexión entre las distintas etapas) ha influido en la plantación de variedad de rendimiento cuantitativo pero de baja calidad vínica y ha distorsionado el buen gusto por el producto. (Gobierno de Mendoza, 1967, p. 8)

Esta afirmación propone dos aspectos esenciales para comprender la reestructuración del sector: por un lado, la relación entre calidad y tecnología; por el otro, la relación entre *calidad* y *buen gusto*.

En cuanto a la primera, y como se mencionó, el marco de calidad comprende la utilización de herramientas tecnológicas para establecer la diferencia entre *vinos de calidad* y *vinos comunes*. Entre ellas, se puede distinguir la adopción de uvas pequeñas e intensas en cuanto al color, los aromas, etc., como así también el asesoramiento de ingenieros agrónomos, enólogos, pertenecientes al INTA, para desarrollar un producto que sea altamente competitivo a nivel internacional. Así, el significado de calidad comienza a implicar la utilización de diversos artefactos y tecnologías en el proceso de producción (Pont y Thomas, 2009).

Por su parte, la relación entre *calidad* y *buen gusto* también difiere según la concepción de calidad que se construya. Es decir, el significado elaborado por los actores sociales sobre qué es la *calidad* influye determinantemente en la acepción del *buen gusto*. Según Bourdieu (2010), el gusto es precisamente la capacidad de diferenciar elementos y enunciar preferencias a través de lo conocido. Por lo tanto, “es una construcción social, un producto de la educación” (Bourdieu, 2010, p. 32), que homogeniza las características de un producto bien logrado. El campo social construye sus relaciones sociales a partir de elementos que proporcionan las *reglas de juego*, las estrategias,

ideas, roles, etc. Así, su complejidad reside en la idea de que, si posee un capital cultural en relación con esos elementos, puede ocupar funciones determinantes dentro del campo, y de lo contrario es excluido. En este sentido, no compartir las características de “buen gusto” impuestas por actores sociales determinantes, significa que

...no tiene los medios de acceso, el código o, más precisamente, los instrumentos de conocimiento –la competencia–, y de reconocimiento –la creencia, la propensión a admirar como tal (una admiración puramente estética) lo que está socialmente designado como admirable (o que debe ser admirado) por la exposición en un museo o una galería consagrada–. (Bourdieu, 2010, pp. 31-32)

Por lo tanto, no existen vinos *buenos-malos* o *buen-mal gusto*, sino que en esa tensión de opuestos, los actores sociales emplean distintas categorías de percepción e incorporaron distintas percepciones que permiten hacer diferencias (Bourdieu, 2010).

En el ejemplo del programa, el *buen gusto* y la *calidad* es definida por el Estado como los vinos de marcas tradicionales, de diferenciación e indicación varietal. Asimismo, la calidad está signada por los objetivos desarrollados en el apartado anterior, es decir, la aplicación de elementos tecnológicos, la innovación de cultivo en zonas áridas, la regionalización de los productos vínicos y las variedades finas de uva. Por lo tanto, el sentido social del *buen gusto* se construye por medio de los productores y el Estado provincial-nacional. La explicación radica en la necesidad de dar respuesta a las prolongadas crisis de sobreproducción y la caída precipitada del consumo, buscando homogeneizar determinadas prácticas que aumenten la rentabilidad del producto y pueda competir en el mercado internacional.

4. Consideraciones finales

El objetivo de este estudio es *bucear* en los antecedentes de la modernización vitivinícola, a partir de las características de los actores sociales públicos,

su función dentro del proceso de innovación tecnológica y la adaptación local del concepto de “calidad”. A partir de las “Bases para un ‘Programa de afianzamiento y desarrollo de la industria vitivinícola’” (1967), se puede establecer un acercamiento a las condiciones iniciales del sector vitivinícola, que consolidará veinte años después el paradigma de calidad.

En principio, el documento pretende ser un manifiesto para afrontar ciertas deficiencias estructurales del sector vitivinícola. Se establece la idea de la falta de una evaluación profunda de la vitivinicultura, generando asimetrías y conflictos entre los diversos actores que conforman la producción primaria, la industrialización vínica y la comercialización. Por lo tanto, el objetivo principal es afianzar la economía vitivinícola delegando las responsabilidades al Instituto Nacional de Vitivinicultura, debido a que su diagnóstico establece que el Estado no tiene las capacidades financieras, económicas y técnicas suficientes para generar una transformación estructural en el sector. No obstante, la producción de altos rindes para el vino de mesa sigue existiendo aún en la actualidad.

Las características generales históricas del sector permiten comprender las bases del programa: por un lado, un sector históricamente regulado por el Estado, a través de leyes que controlan la producción; por el otro, prolongadas y profundas crisis económicas que obligan al Estado a pensar en alternativas para estabilizar la economía regional. Estos aspectos son el marco en el cual se puede pensar como posible la aplicación de la calidad.

La primera conclusión a la que arribamos es que el sector público propone una definición de calidad que implica un antecedente en términos institucionales. El gobierno mendocino utiliza determinados rasgos tecnológicos y prácticas en el cultivo para establecer la clasificación de “vinos de calidad”. A partir del contexto económico, son importantes los esfuerzos por asentar la calidad productiva que genere alta rentabilidad y competitividad internacional. Así, propone un control de la aplicación de nueva tecnología, diversificar la utilización de la uva (que no se produzca únicamente vino) y evitar la competencia desleal con el cambio de las etiquetas del *stock* de vino.

En segundo lugar, se considera que el concepto de calidad contribuye a legitimar la idea de *buen gusto*. Las características que el gobierno propone para la transformación del sector son los elementos que diferencian el gusto dentro de ese campo social. De este modo, pasar de uvas de altos rindes a otras más pequeñas, de sabor y aroma intenso, la diferenciación de las vides, las técnicas de explotación en zonas áridas, suponen herramientas para definir los vinos que se producen en ese marco como *buenos* o de *calidad*.

En síntesis, el paradigma de calidad consolidado durante la década de 1990 posee precedentes décadas anteriores que no han sido estudiados por la historiografía tradicional. Este emerge de la conformación de un proceso de Investigación, Desarrollo e Innovación propiciado por el sector público a través de instituciones asociadas a la elaboración de conocimiento técnico para el agro (INTA y la Universidad de Cuyo, entre otras) y entes reguladores de las prácticas productivas como el INV. Para que el funcionamiento de dicho paradigma sea factible, el proceso se encuentra atravesado por la progresiva modificación de las actividades productivas, como así también por condiciones propias de la economía regional vitivinícola. Las crisis prolongadas, los actores sociales asociados en busca de alternativas para superar efectos adversos de las crisis, la incipiente actitud del Estado por equilibrar el sector y conquistar los mercados externos, son los aspectos más relevantes para explicar el éxito del marco de calidad y la transformación de la cadena productiva vitivinícola.

Referencias

- Anderson, K. (2004). *The World's Wine Markets. Globalization at Work*. Edward Elgar. Cheltenham.
- Anderson, K. y Nelgen, S. (2011). *Global Wine Markets, 1961 to 2009: A Statistical Compendium*. UA Press.
- Azpiazu, D. y Basualdo, E. (2001). *El complejo vitivinícola argentino en los noventa: potencialidades y restricciones*. Buenos Aires: FLACSO.
- Bocco, A. (2007a). Transformaciones sociales y espaciales en la vitivinicultura mendocina. En M. Radonich y N. Steimbregger (comps.), *Reestructuraciones sociales en cadenas agroalimentarias*. Buenos Aires: La Colmena.

- Bocco, A. (2007b). La trama vitivinícola en la Provincia de Mendoza. En M. Delfini et al. (comp.), *Innovación y empleo en tramas productivas de Argentina*. Buenos Aires: Prometeo.
- Bourdieu, P. (2010). *El sentido social del gusto*. Madrid: Siglo XXI.
- Cavarozzi, M. (1997). *Autoritarismo y democracia (1955-1996). La transición del Estado al mercado en la Argentina*. Buenos Aires: Ariel.
- Cerdá, J. M. y Hernández Duarte, R. J. (2014). Las exportaciones vitivinícolas argentinas: una historia basada en episodios. *Revista de Economía Agrícola* 61(2): 35-53.
- Cerdá, J. M. y Hernández Duarte, R. J. (2013). El nuevo perfil de los productores vitícolas mendocinos. Heterogeneidades de un proceso de modernización. En J. Muzlera y A. Salomón (coords.), *Sujetos sociales del agro argentino. Configuraciones históricas y procesos de cambio*. Rosario: Prohistoria.
- Chazarreta, A. (2013). Capital extranjero y agroindustria. Notas para una discusión sobre los cambios en la burguesía vitivinícola de Argentina a partir de la década del '90. *Mundo Agrario*, 13(26).
- Fagerberg, J. (2005). Innovation: A guide to the literature. En J. Fagerberg, D. Mowery y R. Nelson, *The Oxford Handbook of Innovation*. Nueva York: Oxford University Press.
- Gennari, A., Estrella, J. y Santoni, L. (2013). *Regulaciones públicas y funcionamiento de la cadena vitivinícola argentina: aprendizajes para el futuro*. Depto. de Economía, Política y Gestión Rural, UNCuyo.
- Gobierno de Mendoza (1967). *Bases para un "Programa de afianzamiento y desarrollo de la industria vitivinícola"*. Ministerio de Economía.
- Goldfarb, L. (2007). Reestructuración productiva en el sector vitivinícola mendocino. La construcción social de un paradigma de calidad. En *II Seminario Internacional. Nuevos Desafíos del Desarrollo*. UNRC.
- Hernández, J. (2014). El Instituto Nacional de Vitivinicultura: el regulador creado, intervenido y reformado. *Post Data*, 19, 1.
- James, D. (1990). *Resistencia e integración. El peronismo y la clase trabajadora argentina, 1946-1976*. Buenos Aires: Sudamericana.
- James, D. (2007). *Violencia, proscripción y autoritarismo (1955-1976)*. Nueva Historia Argentina, tomo IX. Buenos Aires: Sudamericana.
- Martínez Carrión, J. y Medina-Albaladejo, F. (2012). La competitividad internacional de la industria vinícola española durante la globalización del vino. *Documentos de Trabajo de SEHA*. N° 12-03.

- Mateu, A. (2002). De productores a comerciantes: las estrategias de integración de una empresa vitivinícola argentina, 1887-1921. *Jornadas de Productores y Comerciantes*. Conferencia, Universidad Argentina de la Empresa, Buenos Aires.
- Medina-Albaladejo, F. y Martínez Carrión, J. (2012). *La competitividad de las exportaciones de vino español y el mercado mundial 1960-2011*.
- Pont, P. y Thomas, H. (2009). ¿Cómo fue que el viñedo adquirió importancia? Significados de las vides, calidades de las uvas, y cambio socio-técnico en la producción vinícola de Mendoza. *Apuntes de Investigación del CECYP*.
- Richard-Jorba, R. (2006). Formación, crisis y reorientaciones de la vitivinicultura en Mendoza y San Juan, 1870-2000. Aportes para el estudio del sector en la Argentina. *Boletín Geográfico*. Universidad Nacional de Comahue.
- Richard-Jorba, R. (2008a). Crisis y transformaciones recientes en la región vitivinícola argentina. Mendoza y San Juan, 1970-2005. *Estudios Sociales*. Vol. 16, enero-junio.
- Richard-Jorba, R. (2008b). Cuando el pasado nos acompaña. La vitivinicultura capitalista en Mendoza y San Juan en clave histórica, 1870-2006. En J. Balsa (comp.), *Pasado y presente en el agro argentino*. Buenos Aires: Lumière.
- Rodríguez, M. (1968). Influencia de la estructura de los viñedos de Mendoza y San Juan en la exportación de vinos y uvas a los Estados Unidos. *IDIA 252*. Buenos Aires, INTA.
- Roffman, A. (2012). Las economías regionales. Luces y sombras de un ciclo de grandes transformaciones: 1995-2007. *Cuadernos del CENDES 29.81*: 159-160.
- Tonioni, A. (2007). *Compendio de Legislación Vitivinícola. Para los tiempos actuales. Tomo I*. Editora del Este.
- Torre, J. C. (2005). *Los años peronistas 1943-1955*. Nueva Historia Argentina, tomo VIII. Buenos Aires: Sudamericana.

LA INVESTIGACIÓN EN ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN EL DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LA UNQ

LUCAS DETTORRE, MARÍA BELÉN SABAINI, ANA FLEISNER Y SILVIA RAMÍREZ¹

Resumen

En el Departamento de Ciencia y Tecnología (DCyT) de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ), desde 2004 se investigan, de manera formal y sistemática, diversas cuestiones vinculadas con los procesos de enseñanza y aprendizaje. El objetivo general de estas investigaciones ha sido aportar fundamentos teóricos a un área en desarrollo dentro de la investigación educativa, como lo son las didácticas de las ciencias exactas y naturales en el nivel medio y superior, y generar acciones para la transferencia al interior de las instituciones de dichos niveles. En 2011, se reconocen las actividades desarrolladas por los investigadores del DCyT en estas temáticas y se crea el Observatorio de Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Exactas y Naturales (OEACEN). Los proyectos que continuaron con estas investigaciones han ido modificando sus líneas específicas de estudio en función de las observaciones y resultados que se fueron obteniendo a partir del trabajo en las aulas, de la interacción con pares de otras universidades nacionales e internacionales y de la incorporación de integrantes de diversas disciplinas.

Entre las principales líneas de investigación –abordadas mayormente a través de una metodología de investigación-acción–, es posible identificar:

1 Observatorio de Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina
ldetorre@unq.edu.ar

análisis de material didáctico, revisión crítica de los trabajos prácticos de laboratorio en diferentes disciplinas, articulación con el nivel medio, ingreso y permanencia en el nivel universitario, rendimiento académico y desgranamiento, uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y la bimodalidad, el lenguaje y la construcción del discurso en ciencias.

Estas líneas de investigación son especialmente relevantes dado que se observan altos niveles de abandono y retraso académico en el transcurso de las asignaturas básicas de los primeros años de la universidad y grandes dificultades en la transición entre el nivel medio y el nivel superior. Además, en los distintos niveles educativos, los estudiantes presentan dificultades para apropiarse de los contenidos de las asignaturas de ciencias exactas y naturales. La mayoría de estas dificultades guardan relación con la comunicación en el aula y la apropiación y el manejo de la multimodalidad del lenguaje de las ciencias y su particular estructura formal. Dicha estructura refleja el patrón temático de cada disciplina. Tal como se reseña en la bibliografía más relevante sobre el tema, hemos observado que la comunicación en el aula de ciencias influye directamente en el aprendizaje y en el desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas.

A partir de los resultados obtenidos, ha sido posible diseñar e implementar propuestas superadoras de enseñanza, producir nuevos materiales didácticos y promover el desarrollo de cursos de posgrado y talleres de formación y capacitación dirigidos a docentes del nivel medio y universitario.

Palabras clave: investigación educativa, didáctica de las ciencias, ciencias exactas y naturales.

1. Introducción

Desde principios de la década de 1990, diferentes grupos de investigación dentro de las universidades argentinas vienen advirtiendo sobre diversas problemáticas en torno a la enseñanza y el aprendizaje en este nivel educativo. En la UNQ, la primera línea de investigación formal en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias exactas y naturales se inició en el 2004. Sin

embargo, se reconocen antecedentes directos de investigación desarrollada por los y las docentes investigadores en la Universidad desde 1996.

Durante el desarrollo de los distintos proyectos de investigación, desde el 2004 hasta la actualidad se ha trabajado en relación con tres ejes fundamentales de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias exactas y naturales: la enseñanza y aprendizaje basados en competencias, las habilidades cognitivo-lingüísticas como herramientas fundamentales para favorecer la construcción de conocimiento y discurso científico, y la educación en ciencias mediada por TIC.

El objetivo general de estas investigaciones ha sido aportar fundamentos teóricos en diversas áreas en desarrollo dentro de la investigación educativa, como lo son las didácticas de las ciencias exactas y naturales en el nivel medio y superior, y generar acciones de vinculación entre niveles, para la transferencia al interior de las instituciones de dichos niveles, así como para la vinculación entre distintas instituciones de un mismo nivel.

Desde el inicio, los resultados obtenidos a través de estas investigaciones mostraron un panorama complejo en el que se superponen múltiples variables asociadas al lenguaje, que podrían incidir en los procesos de enseñanza y aprendizaje. La experiencia docente y algunas estrategias didácticas implementadas parecerían mostrar que es posible crear condiciones más propicias para la formación de los y las estudiantes si en el trabajo se incorporan actividades que los/as familiaricen con las pautas metodológicas, exigencias epistemológicas e ideales explicativos que caracterizan el conocimiento científico-tecnológico.

2. Revisión cronológica de los distintos proyectos de investigación desarrollados en el DCyT de la UNQ

2.1 Primeros pasos de la investigación educativa en ciencias en el DCyT

En 2004, comienza a desarrollarse el primer proyecto de investigación y desarrollo formal, enmarcado en el DCyT, vinculado con la investigación

educativa en el campo de las ciencias exactas y naturales. Se tituló “La autoevaluación en las áreas de química y física como recurso para la búsqueda de la calidad en la enseñanza y el aprendizaje” y culminó en 2007. El objetivo principal de este proyecto fue identificar aquellas competencias más valoradas por los distintos actores sociales que integraban el DCyT.

En carreras científico-tecnológicas no tradicionales, como las que se dictan en la UNQ, las ciencias básicas están incorporadas por su valor formativo. La organización del currículo en las asignaturas vinculadas con las ciencias básicas se ha centrado en la enumeración de contenidos conceptuales, tomados de carreras tradicionales de formación científica, sin un análisis profundo de su pertinencia. No obstante, la capacidad de aprendizaje de un estudiante se manifiesta en su habilidad para construir conocimiento en forma activa, y esto se relaciona con la adquisición de competencias (Merino Rubilar et al., 2006). La necesidad de un cambio en el enfoque de la enseñanza en el nivel universitario había sido puesta de manifiesto en numerosos trabajos en los últimos años (Mora, 2004; Salcedo Torres, 2004; Sanmartí, 2011; Tunning, 2003; UNESCO, 1998).

En el marco de este proyecto, se realizaron encuestas y entrevistas a empleadores, docentes y graduados del DCyT de la UNQ para conocer cuáles eran las competencias generales más valoradas por estos tres grupos de actores. Los resultados de la investigación mostraron que todos los actores sociales implicados reconocen entre las competencias más valoradas el trabajo en equipo, la comunicación oral y escrita, la gestión de la información y la resolución de problemas. Siguiendo esa línea, se comenzaron a elaborar propuestas tendientes a promover dichas competencias en las aulas del nivel superior que fueron implementadas en cursos de Química I, Química Orgánica I y Química de los Alimentos.

Una de las dificultades encontradas, en cuanto a la comunicación oral y escrita, fue la reducida capacidad de los y las alumnos/as para comprender términos fuera del vocabulario coloquial, y que emplean en sus vidas cotidianas. La dificultad fue aún mayor cuando debieron abordar la comunicación empleando un lenguaje disciplinar específico y organizando sus presentaciones

de acuerdo con las formas particulares de sus áreas de desarrollo profesional. Por este motivo, entendimos que las actividades disciplinares que promovieran el desarrollo de esta competencia serían fundamentales para construir otras.

2.2 Factores que inciden en el desarrollo de competencias en cursos básicos de física y química

Con la finalidad de dar continuidad al proyecto de investigación anterior, en el año 2007 comienza a desarrollarse el proyecto de I+D titulado “Factores que condicionan la adquisición de competencias en cursos básicos de física y química de carreras científico-tecnológicas”. El objetivo principal de este proyecto fue identificar y caracterizar, en los procesos formativos que se desarrollan en cursos básicos de química y física, algunos factores que inciden en la construcción de competencias por parte de los y las estudiantes.

Para ello, se diseñaron y analizaron encuestas y entrevistas vinculadas con las visiones de los/as estudiantes y de los/as docentes de cursos básicos de la UNQ, en relación con los condicionantes de las trayectorias de formación. Entre algunos resultados, cabe destacar que, si bien los docentes reconocían la problemática como multicausal, su visión se centraba en factores asociados al estudiante (pasaje de un nivel educativo a otro, formación previa, tiempo dedicado al estudio, etc.). En cambio, para los estudiantes, los factores asociados a la enseñanza fueron los que aparecieron con mayor frecuencia, entre los que, particularmente, se destacaron las estrategias didácticas. Surgieron, en segundo lugar, limitaciones vinculadas con la formación que recibieron en el nivel medio y su adaptación a las exigencias de la vida universitaria. Los factores socioeconómicos e institucionales prácticamente estuvieron ausentes.

En este sentido, se diseñaron y aplicaron instrumentos de relevamiento para indagar problemáticas de los y las estudiantes asociadas con habilidades cognitivo-lingüísticas, incomprendiones conceptuales y epistemológicas, motivacionales y de manejo de la información. Se diseñaron y aplicaron también encuestas para conocer las visiones de los/as docentes de física y

química sobre la naturaleza epistemológica de los conceptos, las definiciones y las leyes.

Entre los resultados, derivados del monitoreo del aprendizaje, se identificaron dificultades para hacer un uso adecuado de las prácticas discursivas científicas. Particularmente, hemos advertido en cursos básicos de Química, limitaciones de los/as estudiantes vinculadas con el manejo de operaciones cognitivo-lingüísticas, tales como definir, describir y explicar. También se han identificado dificultades en los estudiantes del curso de ingreso para establecer diferencias entre: a) descripción y explicación; b) definición y ley; c) nominación y explicación.

En otras investigaciones, en torno a conceptualizaciones estructurantes de la mecánica newtoniana, se advirtieron visiones inapropiadas de los/as estudiantes asociadas a la naturaleza epistemológica de los conceptos y las relaciones entre conceptos de dicha teoría, así como en cuanto al establecimiento y reconocimiento de límites de validez de leyes. Los resultados muestran que las incomprensiones y limitaciones de índole epistemológica van acompañadas de incomprensiones y limitaciones de índole conceptual que parecerían mostrar vínculos importantes entre la comprensión de aspectos epistemológicos de la física y el aprendizaje de esta que podrían ayudar a entender dificultades y limitaciones cognitivo-lingüísticas. Parecería que detrás de estas incomprensiones subyacieran algunos aspectos vinculados con el lenguaje.

Se identificaron visiones epistemológicas inadecuadas o limitadas vinculadas con la naturaleza del conocimiento científico en las y los profesores de física y química. Estos resultados refuerzan, a nuestro criterio, la importancia de incorporar aspectos de índole epistemológica en las clases de dichas asignaturas y en la formación de los profesores.

En relación con la gestión de la información, estudios exploratorios dan cuenta de que los estudiantes de la Diplomatura en Ciencia y Tecnología utilizan solamente Google como buscador; no comprenden los beneficios de utilizar las búsquedas avanzadas y no validan la información hallada. Esto ha

llevado a la propuesta de una transformación de las prácticas de enseñanza en la asignatura Informática.

En relación con la indagación de los intereses de los alumnos se llevó a cabo un trabajo de campo, con un grupo de alumnos/as del curso de ingreso de la UNQ, con el fin de obtener información sobre el conocimiento de los jóvenes sobre las carreras elegidas, el campo laboral y las competencias requeridas para el desarrollo de estas. Como conclusión, cabe destacar que, si bien los/as estudiantes seleccionan la carrera mayoritariamente por interés, un número reducido de estudiantes tenía alguna idea sobre de qué se trataba la carrera elegida y un número menor aún conocía las competencias y aptitudes que se requieren para el desempeño en estas.

En este proyecto, se avanzó en la definición de características y contenidos disciplinares para diseñar materiales y estrategias de intervención en el aula, con el fin de favorecer la promoción de competencias generales y específicas.

2.3 El lenguaje como condicionante del aprendizaje en cursos básicos de ciencias

En 2011, comienza a desarrollarse el proyecto de I+D titulado “El lenguaje como condicionante del aprendizaje en cursos básicos de ciencias en carreras científico-tecnológicas”. En este proyecto, se trabajó en el diseño, aplicación y análisis de diversos instrumentos de relevamiento tendientes a identificar, caracterizar y comprender aspectos de la enseñanza y el aprendizaje vinculados con el lenguaje. En líneas generales, se analizó el tratamiento de las representaciones moleculares en los libros de textos de Química Orgánica y diversas cuestiones vinculadas a habilidades cognitivo-lingüísticas en las clases de Química I y II. Además, se continuaron indagando las visiones de los y las docentes y estudiantes sobre la naturaleza epistemológica de los conceptos y las relaciones entre los conceptos de la mecánica newtoniana, y en el análisis del discurso de los/as estudiantes en torno a la conceptualización y estructuración de ideas fundamentales en el campo de la física.

Del análisis de diversos aspectos vinculados con las imágenes empleadas en libros de texto universitarios de Química Orgánica –como recurso para la comprensión de estereoisómeros– surgió que existe un apropiado uso de representaciones en perspectiva o tridimensionales, pero falta de explicitación de las reglas que rigen la decodificación de estas representaciones y del uso de recursos orientadores que favorezcan la captación del carácter espacial de las estructuras. Respecto de los aspectos epistemológicos vinculados con las representaciones moleculares se apreció que la referencia al marco teórico en el que se sustentan está totalmente ausente, el carácter representacional en algunos autores aparece de modo ambiguo y amplio, y las referencias a la funcionalidad de los diferentes tipos de representaciones están ausentes o se presentan en forma incompleta.

En cuanto al análisis de las actividades propuestas en las guías de estudio de cursos de Química –en relación con las habilidades cognitivo-lingüísticas requeridas para abordarlas–, se observó que el tipo de actividades no se corresponde con las que se presentan en las evaluaciones escritas: mientras que en la guía predominan actividades que requieren definir, describir y realizar cálculos, las habilidades cognitivo-lingüísticas que se requieren en las evaluaciones son argumentar, justificar y explicar. Las demandas cognitivo-lingüísticas de los cursos, según los objetivos implícitos en las evaluaciones, son de nivel superior a las que se requieren para responder a las actividades incluidas en las guías de estudio. Esta observación respecto de las guías de estudio sirvió, al menos en parte, para explicar lo que surgió del monitoreo del proceso de aprendizaje: se advirtieron serias limitaciones en el manejo de habilidades cognitivo-lingüísticas e incomprensiones sobre estructura de la materia, en estudiantes del curso de ingreso a la universidad. En el mismo sentido, estudios realizados en ese contexto, pero en el eje de Matemática, tanto de la UNQ como de la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ), mostraron las mismas limitaciones relacionadas al uso del lenguaje, generando incomprensiones en conceptos de álgebra elemental.

En relación con el análisis del discurso de estudiantes en torno a la conceptualización y estructuración de las leyes de conservación, pudo advertirse

que la mayoría presenta un discurso con predominio de relaciones anafóricas, estructuración lógica y razonamientos complejos que alternan con reduccionismos funcionales. En el estilo de discurso predomina el empleo de la definición frente al estilo explicativo, y las conceptualizaciones formales más que las conceptuales, cuando se da respuesta a las situaciones planteadas.

Además, fue posible identificar una diversidad de conflictos en los registros semióticos en estudiantes universitarios, relacionados con los objetos matemáticos que intervienen en el planteamiento de las hipótesis estadísticas, y se sugirió una introducción más gradual a la idea de inferencia a través de propuestas didácticas y elaboración de materiales para transferencia al aula. Así, en función de las incomprendiones detectadas, vinculadas a la aplicación del modelo discontinuo de la materia, se desarrolló una propuesta alternativa de intervención en el aula en algunas comisiones del curso de ingreso y se promovió la utilización de *software* didáctico para trabajar las incomprendiones sobre teoría atómica en las aulas de Química I.

Los resultados obtenidos dan cuenta de que tanto docentes como estudiantes tienen limitaciones para: comprender la dependencia del significado de los conceptos científicos con el contexto al que pertenecen; reconocer el significado físico que encierran las expresiones matemáticas de las que hace uso la física e identificar las diferencias sustanciales entre los enunciados de naturaleza formal y los de naturaleza fáctica. Dichas limitaciones se ven reflejadas en la enseñanza y en el aprendizaje.

En función de las observaciones antes mencionadas, se modificaron los cuadernillos de actividades utilizados por los tutores del Departamento de Ciencia y Tecnología, introduciéndose, fundamentalmente, algunos aspectos vinculados con el hablar y escribir en ciencias.

2.4 Dificultades asociadas a la enseñanza y el aprendizaje de la física y la química

Entre los años 2015 y 2019 se desarrolló el proyecto “Dificultades asociadas a la enseñanza y el aprendizaje de la química en cursos universitarios

para no químicos”. En este proyecto, se trabajaron nuevos aportes al marco teórico de la didáctica de la Química y la Física en el nivel universitario y se profundizó el estudio de algunas dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje asociadas con el lenguaje en cursos de dichas disciplinas en el DCyT de la UNQ.

Se continuó con el análisis de diferentes actividades presentadas a los estudiantes durante el desarrollo de las clases y los libros de texto con los que se trabaja habitualmente en Química I, con el objetivo de determinar en qué grado estas favorecen la promoción de habilidades cognitivo-lingüísticas tales como definir, describir y justificar. Este análisis, en el caso de Química I, muestra que en la mayoría de los enunciados no se solicita en forma explícita que el estudiante defina, describa y/o explique. Gran parte de las actividades pueden responderse utilizando definiciones, fórmulas, cálculos, representaciones y descripciones, pero no requieren que el estudiante justifique sus respuestas. Estos resultados (Ramírez, Viera, Rembado y Zinni, 2015) cobran relevancia en relación con los encontrados en trabajos anteriores, en los cuales se observa que, para responder satisfactoriamente a las evaluaciones escritas de la misma asignatura, deben ponerse en juego todas estas habilidades cognitivo-lingüísticas. En el caso de Química II no es tan marcada la diferencia entre las actividades escritas correspondientes a las guías y las de las evaluaciones, predominando las actividades con cálculos.

Por otra parte, para el análisis de los libros de texto, se seleccionó uno de los primeros ejes temáticos que se desarrollan en las químicas introductorias: la química cuántica. Se analizó la presentación de dicho tema en diversos libros de texto empleados en Química I en relación con cuatro ejes: elección epistemológica, perspectiva de acercamiento, uso de la historia y filosofía de la ciencia y contextualización de las relaciones entre conceptos cuánticos y clásicos. Se observó que el modo de presentación de los temas no contribuye a una mejor comprensión de la ontología de la química cuántica (Ramírez, Fleisner y Viera, 2016 y 2017).

Continuando con los estudios tendientes a mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la química en cursos para no químicos, se trabajó sobre una

propuesta de actividades de laboratorio diseñada para un curso de Química Orgánica I (Viera, Ramírez y Fleisner, 2016 y 2017). Esta está fundamentada en el enfoque de enseñanza por competencias y pensada para la promoción de aquellas valoradas en carreras científico-tecnológicas. A través de su implementación, se promoverían competencias tales como organización y toma de decisiones, destrezas manuales, procedimientos y actitudes investigativas, comprensión conceptual, actitudes sociales y gestión de la información.

Se analizó el desarrollo del discurso argumentativo de estudiantes en un aula universitaria de Química I y se intentó encontrar su correlato con la comprensión de contenidos disciplinares. Para estudiar el discurso argumentativo, se utilizaron los modelos de Toulmin, de Van Dijk y de Adam (Ramírez, 2017). La investigación sobre el discurso en el aula, por su carácter de estudio de caso, resultó adecuada para la investigación-acción, aportó conocimiento teórico acerca del modo en el que un grupo de estudiantes de química básica construye el discurso argumentativo a lo largo de un cuatrimestre. Se trabajó tanto con el discurso oral de los estudiantes en el aula como con sus producciones escritas (respuestas orales y escritas a actividades en guías, respuestas escritas en evaluaciones y redacción de informes de laboratorio). Se constató que existen carencias en la construcción del discurso tanto en la estructura lógica como en torno a los contenidos de la disciplina. Dichas carencias pueden estar asociadas a la falta de comprensión de las estructuras que la ciencia utiliza para comunicar sus resultados. Esto último podría ser una consecuencia, entre otras, del desconocimiento de las pautas metodológicas de las ciencias, de una deficitaria negociación de significados entre estudiantes y docentes, y de carencias en el material didáctico propuesto por los y las docentes del curso. En función de los resultados, se diseñó una propuesta didáctica superadora tendiente a facilitar el desarrollo del discurso argumentativo en los/as estudiantes. En esta se propone cambiar algunos aspectos del material didáctico, las prácticas de aula y de las evaluaciones para favorecer el desarrollo del discurso argumentativo (Ramírez, 2017; Ramírez, Fleisner y Viera, 2017). El trabajo completo, "Desarrollo del discurso argumentativo en el aula universitaria de Química. Estudio en un curso básico para carreras científico-tecnológicas", se desarrolló en la Tesis de Maestría en Enseñanza

de las Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional del Comahue (Ramírez, 2017, dirigida por Fleisner y codirigida por Viera y Chiachiarini).

La asignatura Química Orgánica hace uso de gran cantidad de lenguajes simbólicos para desarrollar contenidos asociados a procesos macro y sub-microscópicos. Uno de sus principales objetivos es que los y las estudiantes sean capaces de explicar e inferir propiedades físicas y químicas a partir del análisis de la estructura de compuestos orgánicos. Las guías de estudio tradicionales contienen una serie de actividades tendientes a la memorización de ciertas estrategias y algunos enunciados en los cuales el/la estudiante debe justificar su respuesta. Sin embargo, las evaluaciones escritas suelen demandar la justificación de la mayoría de las respuestas. El alto grado de dificultad que encuentran los y las estudiantes para desarrollar satisfactoriamente estas justificaciones tendría como componente fundamental cuestiones asociadas al lenguaje, como vimos en trabajos anteriores realizados por este equipo de investigación. Por lo expuesto, nos pareció importante la elaboración de una propuesta superadora. Se diseñó una guía de estudio para la Unidad Temática “Relación estructura – propiedades” para cursos de Química Orgánica I. En ella se incluyeron 16 actividades que abordaban los contenidos conceptuales pero con enunciados enfocados al reconocimiento y utilización de las diferentes habilidades cognitivo-lingüísticas, la utilización de diferentes lenguajes disciplinares y el pasaje de uno a otro (Viera, Gudiño, Dettorre y Orellana, 2017).

Una profundización del trabajo anterior consistió en identificar aquellas actividades que significaron un mayor desafío para los estudiantes y, a partir de su reconocimiento, analizar las causas de la complejidad advertida por estos; como así también tratar de reconocer errores conceptuales en las respuestas brindadas. Este análisis permitió concluir que las actividades que fueron consideradas como de resolución complicada incluían la elaboración de textos justificativos utilizando diversos lenguajes propios de la química orgánica (fórmulas, gráficos, ecuaciones, etc.). El estudio de las respuestas de los y las participantes pudo relevar las siguientes dificultades: inclusión de conceptos poco pertinentes para la justificación de acidez relativa como la

tensión estérica y la polarizabilidad de diferentes elementos, el uso de la descripción estructural más que de la explicación de una determinada propiedad química en base a indicios estructurales y en algunos casos poca correlación entre las inferencias realizadas y las predicciones propuestas. También se observaron deficiencias en conceptos básicos como hibridación del átomo de carbono y de heteroátomos que llevaron a conclusiones y respuestas incorrectas (Gudiño y Viera, 2018).

Un estudio posterior estuvo dirigido a determinar cuáles consignas fueron consideradas “fáciles” y “muy fáciles” por los estudiantes. En su mayoría fueron aquellas que pedían definiciones. Más allá de que las respuestas brindadas fueran satisfactorias en cuanto a su estructura, su relación con conceptos propios de la disciplina, como pueden ser los términos macroscópico o submicroscópico, evidencia la falta de coincidencia entre lo que los y las estudiantes consideran una respuesta correcta y la visión de los/as docentes. Se infiere que a pesar de que una actividad sea considerada fácil, no necesariamente asegura respuestas correctas, es decir que la percepción del estudiante acerca de su propio desempeño en la elaboración de sus respuestas no se corresponde con lo que el o la docente puede llegar a considerar como una resolución adecuada (Viera y Gudiño, 2019).

Con la incorporación al proyecto de docentes del DCyT de la UNQ, de la UNAJ y de la Escuela Secundaria de Educación Técnica (ESET), se profundizó en el estudio de una de las unidades didácticas que presenta grandes desafíos para los/as estudiantes de química orgánica: la isomería espacial o estereoisomería. Esto se debe, en parte, a que los/as estudiantes deben desarrollar habilidades específicas, a las que se conoce como habilidades visoespaciales, relacionadas con la inteligencia espacial, fundamentales para comprender cómo se distribuyen o disponen los átomos o grupos de átomos en tres dimensiones. Para identificar las dificultades que experimentaban los/as estudiantes, se desarrolló una secuencia de actividades destinadas a indagar errores conceptuales comunes y obstáculos asociados al aprendizaje de la isomería conformacional y configuracional de ciclohexanos polisustituídos. A partir del análisis de las respuestas de los y las estudiantes, fue posible

identificar dificultades relacionadas con el uso de habilidades visoespaciales en el análisis y escritura de representaciones moleculares y también en el uso de diversos lenguajes específicos y sus convenciones para formular tales representaciones. En este sentido, se evidenció la necesidad de explicitar las reglas utilizadas para decodificar e interpretar las representaciones y de emplear recursos que promovieran la percepción del carácter espacial de las estructuras (Dettorre, Gudiño, Sabaini y Valino, 2019).

Con el objetivo de abordar estos obstáculos en el aula de Química Orgánica, se han diseñado tres programas informáticos que funcionan en dispositivos móviles, empleando imágenes con realidad aumentada (RA). Se trata de aplicaciones móviles específicas basadas en RA, creadas para funcionar en el sistema operativo Android, que están destinadas al estudio de modelos moleculares tridimensionales de compuestos orgánicos. Cada una de estas aplicaciones está pensada para abordar obstáculos del aprendizaje o contenidos de la enseñanza particulares, asociados al estudio de la estructura electrónico-molecular y a la isomería óptica y conformacional de compuestos orgánicos. No existen programas similares para el estudio de esta disciplina (Dettorre, Galizia y Sabaini, 2020). Actualmente, se están implementando en secuencias didácticas elaboradas para promover el aprendizaje de la estereoisomería en cursos universitarios de Química Orgánica y en el diseño de materiales didácticos multimedia que incluyen imágenes en realidad aumentada.

A partir de la mencionada incorporación de integrantes se amplió el campo de investigación del proyecto. En las asignaturas Química Orgánica Ecompatible y Química Verde de la Tecnicatura Universitaria en Tecnología Ambiental y Petroquímica (TUTAP, UNQ) y en el Laboratorio de Química Orgánica, perteneciente al 5° año de la Tecnicatura en Tecnología de Alimentos de la ESET, se desarrollaron trabajos integradores finales (TIF) orientados al laboratorio y destinados a mejorar la formación científica y tecnológica de estudiantes. Estas propuestas buscaron promover habilidades investigativas (indagar, comparar, deducir, especificar, gestionar información, trabajar colaborativamente, diseñar estrategias experimentales, observar, analizar los resultados, identificar errores y proponer modificaciones en los diseños

experimentales planteados, comunicar oralmente y por escrito) (Dettorre y Sabaini, 2018; Dettorre, Sabaini y González, 2019). También se analizaron los resultados de los TIF realizados en la TUTAP en relación con la elaboración de bioagroinsumos, en particular, biocontroladores, y a la producción de bioplásticos derivados de biomasa de origen animal y vegetal (Dettorre y Sabaini, 2019).

Se implementó también una propuesta experimental (preparación de distintos *slimes*: sustancias poliméricas con propiedades elásticas) destinada a estudiantes de primer año de secundaria, basada en indagación abierta. Se realizó un relevamiento de las representaciones y concepciones estereotipadas que los estudiantes poseen en torno al quehacer de la ciencia y se buscó deconstruir algunas de ellas. Se investigó, además, acerca del empleo de rúbricas para la evaluación de las propuestas implementadas en la asignatura Ciencias Naturales de primer año en la ESET. Los instrumentos fueron aplicados en dos cursos de 20 estudiantes cada uno y permitió una evaluación más innovadora y horizontal, en tanto se incluyeron las ponderaciones realizadas por el estudiantado (Dettorre, 2017).

Se llevó a cabo una investigación comparativa y exploratoria acerca del ámbito, los hábitos y las estrategias de estudio empleados por dos grupos de estudiantes: el primero de 400 alumnos/as de dos escuelas de enseñanza media (una privada y una estatal, ambas de la localidad de Quilmes) y el segundo de 60 alumnos/as del segundo año de dos carreras científico-tecnológicas (Licenciatura en Biotecnología e Ingeniería en Alimentos), ambas de la UNQ. Para ello se elaboró un cuestionario con preguntas referidas a condiciones, estrategias y hábitos de estudio que son favorables para el aprendizaje. Los resultados muestran diferencias notables en los hábitos y las estrategias de ambas muestras. En relación con el ámbito de estudio, las diferencias se reducen, pero los alumnos universitarios procuran mejorarlo. Además, se observó que los y las estudiantes universitarios dedican más horas diarias al estudio, toman más apuntes en clases y realizan un trabajo de elaboración, análisis y síntesis más profundo que los del secundario. Ambas poblaciones tienen problemas similares cuando se trata de organizar tiempos y en la dificultad para concentrarse (Ramírez, Rembado, Fleisner y Viera, 2018).

A pesar de no estar incluido en el plan de trabajo inicial, se realizó una investigación sobre las dificultades que presentan los/as estudiantes en el manejo del lenguaje técnico específico de la física. Se analizaron dichas dificultades de forma general y poniendo especial énfasis en aquellas asociadas al lenguaje simbólico. Esta inclusión se pensó en función del estrecho vínculo entre los contenidos de química y física y los factores que tienen en común las dificultades en el aprendizaje comprensivo de ambas disciplinas. Dicha línea de trabajo se vio favorecida por el hecho de que dos de los integrantes del proyecto desarrollan sus tareas docentes en asignaturas del área Física. Se investigó acerca de las características semánticas particulares de los términos que designan magnitudes físicas (Fleisner, 2015), la información contenida en los conceptos métricos (Fleisner, Ramírez y Viera, 2016), la relación entre lenguaje y experimentación (Fleisner, 2017) y las dificultades asociadas al manejo del lenguaje de la física en la educación universitaria (Wainmaier y Fleisner, 2015 y 2016). Se trabajó también en el análisis de los informes de trabajos prácticos de laboratorio en Física I. Se caracterizaron las dificultades asociadas a la elaboración de informes y se desarrolló una propuesta alternativa de trabajo práctico (Fleisner, Ramírez y Sabaini, 2016). Se analizaron los resultados de la implementación de dicha propuesta de investigación en comparación con los resultados obtenidos con otros trabajos prácticos más tradicionales. Se observó, en los informes de laboratorio, que los y las estudiantes elaboran de esta práctica una adecuada mención del marco teórico que sustenta la experimentación y una correcta identificación de las variables a observar y medir. De modo general, observamos un mejor manejo del lenguaje técnico de la física. Asimismo, cuando se desarrollan este tipo de actividades prácticas de laboratorio, se favorece la comprensión del significado físico contenido en los enunciados formales y ecuaciones. Además, se promueve la gestión de información, el análisis y discusión de los resultados y la elaboración de conclusiones. Este tipo de propuestas motiva a los/as estudiantes, los ayuda a comprender mejor las distintas características de las magnitudes físicas y favorece las denominadas actitudes científicas.

Se trabajó sobre el discurso de los estudiantes en los cursos de física y química prestando especial atención a las dificultades en la construcción de

textos argumentativos y se diseñaron propuestas tendientes a favorecer la argumentación (Fleisner y Ramírez, 2018; Fleisner, Ramírez y Sabaini, 2017 y 2019; Ramírez y Fleisner, 2018; Sabaini y Fleisner, 2018).

Con el fin de identificar los posibles motivos que dificultan el desempeño académico de los y las estudiantes de química en carreras para no químicos y poder establecer una comparación entre distintas poblaciones de estudiantes, se consultó a docentes de la UNQ, Universidad Nacional de Tucumán (UNT) y Universidad Nacional de Jujuy (UNJu) a través de una encuesta elaborada por el equipo de investigación y colaboradores externos. De lo analizado, se destaca la coincidencia del 90% de los/as docentes consultados en evaluar como importante el grado de dificultad que presenta para los alumnos la asignatura Química. Tanto en la UNQ como en la UNJu se sostiene mayoritariamente que los factores que inciden de manera más relevante en el aprendizaje están vinculados con el estudiante y en particular con sus conocimientos y experiencias previos. Por el contrario, los y las docentes de la UNT consideran que la mayor dificultad radica en los contenidos de la asignatura. Respecto de la enseñanza, los/as docentes de UNQ y UNJu otorgan mayor importancia a las estrategias didácticas, mientras que en la UNT, a la relación entre contenidos y el tiempo destinado al aprendizaje. Cabe destacar que en las tres universidades, cuando se pregunta por los factores relativos a la institución que dificultan el aprendizaje, se señala a la relación contenido/tiempo como el que más influye. En cuanto a los factores relativos a las características de la asignatura, la metodología específica es la variable más importante para las universidades del norte, mientras que en la UNQ esta variable queda relegada al segundo lugar y resultan más significativos los niveles de abstracción de los contenidos abordados. Las obligaciones familiares y laborales son los factores extra-universitarios más relevantes para los/as docentes de la UNQ, seguidas por las condiciones socioeconómicas. En la UNT, se señala al desarraigo como factor aún más importante que los dos mencionados, mientras que en la UNJu son las condiciones socioeconómicas de los alumnos (trabajo realizado durante el primer año del proyecto).

Finalmente, desde 2018 se han venido desarrollando diferentes investigaciones vinculadas con la implementación de la bimodalidad en carreras científico-tecnológicas del DCyT. Se entiende por bimodalidad a la articulación y complementación de las modalidades de enseñanza y aprendizaje presencial y virtual. A pesar de que la UNQ es pionera en educación mediada por tecnologías -fue la primera universidad latinoamericana en poner en funcionamiento un aula virtual, en 1999- y de que existe un programa específico destinado al desarrollo de carreras dictadas en modalidad a distancia -el programa Universidad Virtual de Quilmes o UVQ-, recién a mediados de 2020 comenzó a ofertarse la primera carrera virtual del DCyT, la Tecnicatura Universitaria en Seguridad e Higiene del Trabajo. En este contexto, la bimodalidad es una estrategia que constituye una oportunidad marco para habilitar nuevas ofertas educativas que promuevan la inclusión con calidad, generando escenarios de enseñanza y de aprendizaje variados que se adecuen a las necesidades del alumnado y del mundo actual. En particular, a las de aquellos/as estudiantes cuya situación académica está más comprometida por ser trabajadores, sostén de familia o provenir de sectores sociales vulnerados de nuestra región.

Se estudió el desarrollo de cursos universitarios de grado y pregrado semipresenciales, que redujeron de manera paulatina su carga presencial o implementaron aulas virtuales como extensión del aula física (modalidad de aula extendida o aula virtual complementaria). Además, se aplicaron diversas estrategias tendientes a promover la formación y acompañamiento de los y las docentes en relación con el uso y gestión de recursos tecnológicos generales y específicos de las distintas disciplinas tecnológicas en entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje (EVEA). Dentro de los resultados de estas experiencias fue posible indagar e identificar las fortalezas y obstáculos encontrados por los diversos actores como consecuencia de la implementación de estrategias educativas mediadas por tecnologías. Entre las principales limitaciones se encuentran aquellas vinculadas con la formación de los/as docentes en relación con la enseñanza en entornos virtuales, así como con el uso y gestión de los recursos tecnológicos disponibles en el campus.

Por otra parte, el análisis de las distintas experiencias de implementación de asignaturas bimodales permitió identificar una serie de acciones y estrategias didácticas compartidas, que han sido novedosas y exitosas, al promover nuevas experiencias educativas y brindar más oportunidades de aprendizaje a los/as estudiantes. Dentro de ellas, es posible enumerar las siguientes: disminución de la carga horaria presencial sin afectar las clases experimentales, en el caso de las asignaturas con laboratorio; adecuación de materiales didácticos de todas las materias para su utilización en el entorno virtual; producción de material didáctico multimedia y audiovisuales propios por parte del profesorado; promoción de espacios de discusión, debate y trabajo colaborativo en el entorno digital; propuesta de nuevas estrategias de evaluación virtual, sincrónica o asincrónica; y desarrollo de clases en formato virtual o de aula invertida para complementar las clases presenciales (Dettorre y Bianco, 2020).

A diferencia de otras unidades académicas de la UNQ, el DCyT ha adoptado una concepción de bimodalidad amplia y flexible, que se ha adaptado no solo a las particularidades de las disciplinas a enseñar, sino también a las características del alumnado que cursa en cada franja horaria y al nivel de avance de los estudiantes en las distintas carreras. En este sentido, se ha promovido una virtualización de las asignaturas de manera progresiva, reduciendo la carga no presencial, en menor medida en los cursos iniciales, en los que la enseñanza presencial cumple una función fundamental a la hora de construir la filiación institucional de los y las estudiantes ingresantes, así como su acompañamiento en la construcción del oficio de estudiantes universitarios. Asimismo, la reducción de la carga horaria presencial en el turno noche ha permitido mejorar el acceso y permanencia de los estudiantes que trabajan o que tienen otras personas a su cargo (Dettorre, Igartúa, Rembado, Bianco, Suárez y Zinni, 2020).

Por otra parte, en el caso de las asignaturas con trabajos prácticos de laboratorio donde no es posible o deseable el reemplazo de las experiencias presenciales por el uso de recursos tecnológicos (como los simuladores o laboratorios virtuales), se utilizaron los EVEA para promover acciones previas y posteriores al desarrollo de las experiencias en el espacio físico, vinculadas

a la promoción de competencias tales como la gestión de la información, el trabajo colaborativo y la comunicación oral y escrita mediada por tecnologías (Dettorre, Sabaini, Fleisner y Ramírez, 2020; Gudiño et al., 2020),

3. Implicancias de los resultados de la investigación educativa a nivel institucional e interinstitucional

Los resultados de las diversas investigaciones llevadas a cabo en el DCyT en materia educativa han tenido un impacto importante en el mejoramiento de la calidad de la enseñanza y el aprendizaje al interior de las carreras del Departamento y ha dado lugar a la posibilidad de desarrollar múltiples acciones vinculadas con la extensión universitaria y la transferencia de conocimiento a otras instituciones. Dentro de dichas acciones, se destacan:

- el diseño y dictado de talleres dirigidos tanto a docentes de carreras científico-tecnológicas como del nivel medio y profesorados;
- el desarrollo de propuestas didácticas para cursos de química y de física;
- el diseño de dos cursos de posgrado en el marco de la Especialización en Nanotecnología Aplicada a la Salud;
- la creación del Diploma de Posgrado en Enseñanza de las Ciencias en Carreras Científico-Tecnológicas (ofertado tanto en modalidad virtual como presencial);
- la organización y participación como jurados de eventos científicos. Surge de nuestro grupo de investigación la creación de las Jornadas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico-Tecnológicas (IPECyT);
- la propuesta, diseño y coordinación de talleres de divulgación de actividades científico-tecnológicas destinados a adultos mayores;
- la participación y coordinación en los equipos responsables de tutorías;
- la participación en proyectos, evaluaciones, becas y líneas de trabajo de proyectos NEXOS;
- la intervención en la creación, participación y co-coordinación del Espacio de Acompañamiento para Asignaturas Bimodales del DCyT (EApAB);
- la elaboración, participación y dirección de proyectos de articulación con escuelas medias. Entre ellos, proyectos de extensión promovidos por la Secretaría de Políticas

Universitarias: “Proyecto de Apoyo a la Articulación Universidad-Escuela Media”, “Optimización en el acceso a saberes en el desarrollo de competencias para la prosecución de estudios superiores” y “Red Galileo”; proyectos de extensión universitaria dependiente de la Secretaría de Extensión de la UNQ: “El conocimiento científico: de la Universidad a su comunidad”, “La universidad va a la escuela”, “A más cómo, menos por qué”; proyectos de la fundación YPF: “Plantas de probeta. Dejemos descansar al poroto”;

- el diseño, desarrollo y coordinación de cursos y talleres de Ciencia y Tecnología para Adultos mayores dentro del programa Universitario para Adultos mayores de la UNQ (PUNQAM);
- el diseño e implementación de propuestas superadoras al interior de las aulas, tanto en modalidad presencial como en modalidad virtual;
- el diseño de *software* educativo con realidad aumentada para la modelización en química.

4. Conclusiones y perspectivas a futuro

Las conclusiones de la investigación en enseñanza y aprendizaje son siempre provisorias y relativas a una coyuntura particular. Generalmente, este tipo de investigaciones son abordadas a través de una metodología de investigación-acción, lo que genera un intercambio entre teoría educativa y práctica docente, que intenta adecuar el proceso de enseñanza con el objetivo de transformar y mejorar los procesos de aprendizaje. En este sentido, se ha venido trabajando y se pretende continuar desarrollando diversas propuestas de producción de materiales didácticos -tanto para la modalidad presencial como virtual y bimodal- y de diseño y oferta de cursos de posgrado.

El análisis de la evolución de los diversos proyectos de investigación educativa en ciencias enmarcados en el DCyT da cuenta del interés particular por realizar un diagnóstico de los obstáculos que presenta el estudiantado de las asignaturas de ciclos iniciales de carreras científico-tecnológicas en el nivel universitario para comprender contenidos de física y química. En particular, ha adquirido más relevancia la construcción de competencias generales y específicas asociadas a esas disciplinas por parte

de los y las estudiantes, haciendo hincapié en el desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas.

En los últimos años, la incorporación de nuevos miembros en los diversos proyectos de investigación educativa desarrollados en el marco del OEACEN, ha permitido ampliar las líneas de investigación, incluyendo el estudio de problemáticas asociadas a la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación en ciencias naturales en el nivel medio y la implementación de las TIC en el uso y diseño de entornos digitales y de estrategias metodológicas novedosas dirigidas a la mejora de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, tanto en el nivel secundario como en el universitario.

Por otra parte, desde la convicción de que la enseñanza y el aprendizaje se ven beneficiados por la continuidad de los procesos de desarrollo y la comunicación entre docentes de los distintos niveles educativos, se ha trabajado de modo articulado con otras instituciones y nos proponemos profundizar la vinculación con la ESET y otras instituciones de nivel medio, con otras universidades e institutos de formación docente y con la UVQ.

Referencias

- Detorre, L. A. (2017). Una propuesta de enseñanza mediante indagación abierta como primera aproximación a los trabajos prácticos experimentales en la escuela secundaria: preparación de elastómeros en el laboratorio de ciencias naturales. *I Congreso Nacional de Enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza y las Matemáticas*, Tandil, Argentina.
- Detorre, L. A. y Bianco, M. A. (2020). Acciones, estrategias y perspectivas de la Bimodalidad en el Departamento de Ciencia y Tecnología. En A. Zinni, F. Rembado y S. Lopez (comps.), *Nuevos procesos de formación: primeros pasos hacia la bimodalidad en el Departamento de Ciencia y Tecnología* (pp. 193-197). Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- Detorre, L. A. y Sabaini, M. B. (2018). Trabajos experimentales integradores en química sustentable: una propuesta didáctica para cursos universitarios. *III Jornadas de Enseñanza, Capacitación e Investigación en Ciencias Naturales y Matemática (3 JECICNAMA)* (pp. 607-615). Bernal.

- Dettorre, L. A. y Sabaini, M. B. (2019). Síntesis de Bioplásticos: desarrollo de propuestas innovadoras para la enseñanza en el Laboratorio de Química Verde. IV Simposio Virtual sobre Enseñanza de las Ciencias. Buenos Aires, Argentina.
- Dettorre, L. A., Galizia, F. y Sabaini, M. B. (2020). Diseño de aplicaciones móviles con Realidad Aumentada para la enseñanza de contenidos de Química Orgánica en el Nivel Universitario. En S. León Ruiz, L. V. Garbarini, S. I. Martelli Scorzato, R. M. Pósito y M. S. Quiroga (comps.), *La educación en prospectiva. Prácticas disruptivas mediadas por tecnología* (pp. 107-113). San Salvador de Jujuy, Argentina.
- Dettorre, L. A., Igartúa, D., Rembado, F., Bianco, M. A., Suárez, M. y Zinni, M. A. (2020). Asignaturas bimodales en carreras científico-tecnológicas. Una propuesta educativa para promover la inclusión con calidad. *VII Jornadas Nacionales y III Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico-Tecnológicas*. Tucumán.
- Dettorre, L. A., Sabaini, M. B. y González, F. (2019). Enseñanza de la Química Verde en el laboratorio del nivel medio y pregrado universitario mediante proyectos de investigación orientados. *Actas del XXXII Congreso Argentino de Química* (pp. 941-943). Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Dettorre, L., Sabaini, M. B., Fleisner, A. y Ramírez, S. (2020). Entornos virtuales de aprendizaje en el nivel universitario y su articulación con la enseñanza y aprendizaje en el laboratorio de Química Sustentable. *Latin American Journal of Science Education*, 7(1), 1-7.
- Dettorre, L., Gudiño, E., Sabaini, M. B. y Valino, A. (2019). Errores conceptuales y obstáculos en el aprendizaje de la isomería espacial de compuestos cíclicos en un curso universitario de química orgánica. *Actas del XXXII Congreso Argentino de Química* (pp. 911-913). Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Fleisner, A. (2017). Experiencia y lenguaje: la construcción del discurso científico. *Actas del X Simposio Internacional Principia*, Brasil.
- Fleisner, A. (2020). Procesos formativos de conceptos en física. *Latin American Journal of Science Education*, 7(1), 1-11.
- Fleisner, A. y Ramírez, S. (2018). Análisis de textos escritos de estudiantes de carreras científico-tecnológicas en cursos de Física y Química básicas. *Actas VI IPECyT*.
- Fleisner, A. y Sabaini, M. B. (2019). Física y lenguaje: el significado de los términos de magnitudes. *Enseñanza de la Física*, 31, 327-332.
- Fleisner, A. y Sabaini, M. B. (2020). Dificultades en la conceptualización y en la construcción del discurso oral en la enseñanza de la física universitaria. *Latin American Journal of Science Education*, 7(2), 1-7.

- Fleisner, A. (2015). Una revisión crítica de los mundos posibles en Kripke: el caso de los términos de magnitudes físicas. *Actas del IX Simposio Internacional Principia*, Brasil.
- Fleisner, A., Ramírez, S. y Sabaini, M. B. (2017). Análisis del discurso argumentativo de los estudiantes de un curso universitario de física. *Enseñanza de la Física*, 29, 139-144.
- Fleisner, A., Ramírez, S. y Viera, L. (2016). El lenguaje de la física: la importancia de la información contenida en los conceptos métricos. *Latin American Journal of Physics Education*, 10(4), 43062-43068.
- Fleisner, A., Ramírez, S. y Sabaini, M. B. (2016). Determinación de "g": una propuesta de trabajo experimental. Actas del 1er Congreso Internacional de la Enseñanza de las Ciencias Básicas (CIECIBA).
- Gudiño, E. y Viera, L. (2018). Identificación de dificultades en la elaboración de textos justificativos en Química Orgánica. *XVIII Reunión de Educadores en la Química. REQ*, (pp. 105-109). Río Cuarto, Córdoba. https://www.exa.unrc.edu.ar/wpcontent/uploads/2018/08/Libro-de-resumenesXVIII-REQ_final-1.pdf
- Gudiño, E., Dettorre, L. y Viera, L. (2020). Química Orgánica en entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje: una propuesta inclusiva para su articulación con el espacio de laboratorio. *VII Jornadas Nacionales y III Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico-Tecnológicas*. Tucumán.
- Merino Rubilar, C., Izquierdo Aymerich, M. y Arellano Jonson, M. (2006). Plantilla dinámica para asistir en la construcción de un texto para argumentar ideas científicas. *Current Developments in Technology-Assisted Education*, 145-149.
- Mora, J. G. (2004). La necesidad del cambio educativo para la sociedad del conocimiento. *Revista Iberoamericana de Educación*, 35, 13-37.
- Ramírez, S. (2017). *Desarrollo del discurso argumentativo en el aula universitaria de Química. Estudio en un curso básico para carreras científico-tecnológicas* (tesis de maestría). Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina. <http://rdi.uncoma.edu.ar/bitstream/handle/123456789/15444/TESIS%20DE%20MAESTR%c3%8dA%20SILVIA%20RAM%c3%8dREZ.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
- Ramírez, S., Fleisner, A. y Viera, L. (2017). Análisis del discurso argumentativo de los estudiantes de un curso universitario de química. IX Congreso Iberoamericano de Educación Científica (CIEDUC2017), I Seminario de Inclusión Educativa y Social-Digital. Actas del congreso.

- Ramírez, S., Fleisner, A. y Viera, L. (2017). El laboratorio de Química Orgánica: una propuesta para la promoción de competencias científico-tecnológicas. *Educación Química*, 28(3), 147-153.
- Ramírez, S., Rembado, F., Fleisner, A. y Viera, L. (2018). ¿Cómo estudian los alumnos en la escuela media y en la universidad? *Actas del X Congreso Internacional Didácticas de las ciencias y XV Taller Internacional sobre la Enseñanza de la Física*.
- Ramírez, S. y Fleisner, A. (2018). Textos argumentativos: análisis de informes de laboratorio de estudiantes de un curso de química. *Actas del VI IPECyT*.
- Ramírez, S., Fleisner, A. y Viera, L. (2016). Química cuántica: la presentación de conceptos, modelos y teorías en libros de texto de química general. *Actas del V Congreso Nacional de investigación en ciencias y tecnologías- EDUCYT*.
- Ramírez, S., Viera, L., Rembado, F. y Zinni, M. A. (2015). Actividades propuestas en cursos básicos de química: ¿Qué habilidades cognitivo-lingüísticas promueven?, *Educación en la Química en línea*, 21(1), 19-31.
- Sabaini, M. B. y Fleisner, A. (2018). Textos argumentativos en los informes de trabajos prácticos de laboratorio. *Enseñanza de la Física*, 30, 199-209.
- Salcedo Torres, L. (2004). Las competencias en la formación profesional. Ponencias de Vicerrectores académicos en Encuentro Nacional realizado en Pereira.
- Sanmartí, N. (2011). Competencias: más burocracia o un constructo útil. En J. Vallès Villanueva, D. Álvarez Rodríguez y R. Rickenmann del Castillo (comps.), *L'activitat docent. Intervenció, Innovació, Investigació* (pp. 81-96). Documenta Universitaria (Girona).
- Tuning Project (2003). <http://www.tuningal.org/>
- UNESCO (1998). La educación superior en el siglo XXI: visión y acción. *Conferencia Mundial sobre Educación Superior*, 9(2). París: UNESCO.
- Viera, L., Gudiño, E., Dettorre, L. y Orellana, M. (2017). Promoviendo habilidades cognitivo lingüísticas y el uso de los múltiples lenguajes disciplinares: propuesta para un curso universitario de química orgánica. XI Jornadas Nacionales y VII Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Terciaria. Asociación Química Argentina. Buenos Aires.
- Viera, L., Ramírez, S. y Fleisner, A. (2017). El laboratorio en Química Orgánica: Una propuesta para la promoción de competencias científico tecnológicas. *Educación Química*, 28(4), 262-268.

- Viera, L. y Gudiño, E. (2019). Actividades enfocadas a la promoción de habilidades cognitivo-lingüísticas en un curso de Química Orgánica: visión de los estudiantes sobre el grado de dificultad. *X Congreso Iberoamericano de Educación Científica* (pp. 482-487). Montevideo, Uruguay.
- Wainmaier, C. y Fleisner, A. (2016). Problemas de interpretación del lenguaje simbólico de la física. *Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*. La Plata, Argentina.
- Wainmaier, C. y Fleisner, A. (2015). Interpretación del lenguaje simbólico de la física: las “lecturas” de los estudiantes. *Latin American Journal of Physics Education*, 9(2), 2501/1- 2501/8.

DESCORRER EL VELO: UNA MIRADA DE GÉNERO SOBRE LAS JORNADAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS DE JÓVENES EN FORMACIÓN¹

LAURA TREBUCCQ, PAMELA TOLEDO, ROSANA ROTA, CYNTHIA GULINO, CARLA CAPOBIANCO, VALERIA SEGATORI, CLAUDIA BRITOS, DALILA REYNA, NADIA CHIARAMONI, MARIANA CAPELLO, MARIANA SUÁREZ, ALEJANDRA ZINNI, SANDRA GOÑI Y MARÍA LAURA CARBAJAL²

Resumen

Actualmente, solo el 28% de las personas investigadoras en el mundo son mujeres (UNESCO, 2019). Una vez más, desde el colectivo Mujeres en Ciencia y Tecnología (Mujeres en CyT) nos propusimos caracterizar las IV Jornadas de Investigadores e Investigadoras en Formación en Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes (JIF 2021-UNQ) a partir de una mirada de género, a través del relevamiento de distintos aspectos relacionados con la inclusión de las mujeres y disidencias en la ciencia y en la tecnología. El universo de estudio está conformado por las 203 personas que presentaron trabajos (primera autoría) en estas Jornadas así como por las direcciones de

1 Texto ampliado del resumen (con título: “Descorrer el velo: una mirada de género sobre las IV Jornadas de Jóvenes Investigadores e Investigadoras en Formación en Ciencia y Tecnología de la UNQ”), presentado en las IV Jornadas de Investigadores e Investigadoras en Formación en Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes (JIF 2021), marzo de 2021.

2 Colectivo Feminista Mujeres en Ciencia y Tecnología, Departamento de Ciencia y Tecnología (DCyT), Universidad Nacional de Quilmes (UNQ), Bernal, B1876BXD, Argentina. E-mail: mujeresen-cyt@gmail.com

los artículos (última autoría), teniendo en cuenta los siguientes parámetros: género, escalafón o categoría revestida, filiación, producción científica, rango etario y áreas científico-tecnológicas (simposios). Los indicadores obtenidos se comparan con los Diagnósticos del MINCyT (Tignino, 2020 y 2021) e Informe al Directorio de CONICET (Franchi, 2016). Para ello, se construyó la base de datos a partir del libro de resúmenes de las JIF 2021-UNQ y búsquedas en línea en diferentes bases de datos. A partir de ella, puede observarse que, si bien hay una distribución equitativa entre los parámetros analizados, la segregación horizontal sigue siendo un factor sumamente notable cuando analizamos las disciplinas en forma detallada. Es por este resultado que la educación constituye una dimensión que debe ser abordada con políticas de género integrales, donde el estímulo de las vocaciones científico-tecnológicas en la niñez y adolescencia debe ocupar un rol central.

Por otro lado, se realizó una encuesta anónima a quienes se inscribieron en los diferentes simposios de las JIF para relevar sesgos de género, abordando cuestiones intrínsecas a las personas (edad, etapa de formación, género, lugar de trabajo, género de la persona que les dirige y de quien dirige el grupo de trabajo); a los espacios laborales (presencia de lactario, jardín maternal o guardería), y finalmente a la existencia de protocolos sobre violencia de género institucionales y su implementación. En coincidencia con los diagnósticos del MINCyT (Tignino, 2020 y 2021), y en relación con acciones de política pública con perspectiva de género, en las instituciones se han dado avances en cuanto a la visibilización de la violencia de género en el ámbito laboral. Sin embargo, los instrumentos aún deben ser implementados/mejorados, y será necesario seguir capacitando en género a la totalidad de quienes integran las instituciones. Las cuestiones de maternidad/paternidad y los sistemas de cuidado de menores son aspectos de los ámbitos laborales que aún se encuentran en estado incipiente. En pos de la equidad de género será necesario incluirlas en las agendas institucionales.

Palabras clave: ciencia y género, indicadores, perspectiva de género, interseccionalidad.

1. Introducción

Según la UNESCO (2019), las mujeres representan más de la cuarta parte (28%) del número total de personas que investigan en el planeta, aunque en algunas regiones las proporciones son diferentes. Por ejemplo, América Latina y el Caribe superan ampliamente esa proporción, ya que el 46% de las personas investigadoras son mujeres. Sin embargo, un análisis más pormenorizado detrás de números tan optimistas para la región esconde una realidad en la que las mujeres están lejos de alcanzar la igualdad. Todavía se observa una gran diferencia en el acceso a las posiciones más altas en la jerarquía de las carreras científicas y en los puestos de toma de decisión (Albornoz, 2018). Asimismo, aún no existe un reconocimiento equitativo a la hora de obtener los subsidios para la investigación, hecho que repercute en la falta de autonomía y genera mayor inequidad.

Desde el año 2008, la UNESCO señala la necesidad de incorporar indicadores de género vinculados con la ciencia y la tecnología en las instituciones educativas (incluyendo en ellas las de nivel superior, tanto grado como posgrado), para fomentar la participación de las mujeres en estos ámbitos, donde se desarrollan carreras e investigación sobre las temáticas científico-tecnológicas. Por otra parte, también recomienda el aumento de la recolección de datos desagregados por género y la promoción de investigaciones rigurosas para mejorar la comprensión sobre las inequidades de género de los sistemas vinculados.

En este contexto, desde el colectivo Mujeres en Ciencia y Tecnología (Mujeres en CyT), se propuso caracterizar las IV Jornadas de Investigadores e Investigadoras en Formación en Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes (JIF 2021-UNQ) desde una mirada de género, a través del relevamiento de distintos aspectos relacionados con la inclusión de las mujeres y disidencias en la ciencia y la tecnología. Se pretende observar en qué grado prevalecen las “brechas de género” en el universo de estudio mediante la detección de fenómenos y conceptos ya descritos por diferentes autores y autoras, como “techo de cristal”, “efecto tijera” o “tubería con fugas”, barreras y segregaciones verticales que refieren a la disminución de la presencia femenina en los niveles de mayor jerarquía o de toma de decisión. Así como también

el concepto de segregación horizontal, que refiere a la sub o sobrerrepresentación de un género en determinadas áreas disciplinares, de tal manera que se reproducen y refuerzan estereotipos de género (Albornoz, 2018; Tignino, 2020 y 2021). Por otro lado, a través de diversas interacciones de las categorías de análisis propuestas para sondear sesgos de género en el ambiente laboral, se puede dar forma a las múltiples dimensiones de las experiencias laborales que no se pueden observar en un análisis por separado. Estas intersecciones pueden configurar aspectos estructurales políticos y representacionales de las violencias contra las mujeres científicas en su ambiente laboral (Viveros Vigoya, 2016). Así, a través de la intersección y articulación de las diferentes categorías de análisis, se pueden visibilizar diferentes dimensiones sociales que operan en nuestro ambiente universitario en relación con la formación y el desarrollo de jóvenes profesionales en ciencia y tecnología.

Esta visibilización no solo pretende ser una descripción o caracterización aislada, sino que también espera mostrar el comienzo o el principio, para indagar con mayor profundidad en los sesgos de género arraigados en la estructura de la educación superior respecto de la formación profesional científico-tecnológica (González y Fernández Jimeno, 2016). Se entienden los sesgos de género como una construcción social que involucra roles, estereotipos y visiones que perpetúan los prejuicios y la discriminación, ampliando las brechas y la desigualdad por razones de género (González y Fernández Jimeno, 2016; Albornoz, 2018). Se espera que estas sean las bases para poder avanzar en el diseño de lineamientos de políticas universitarias que realmente contemplen la perspectiva de género, y que se complementen con las herramientas (a implementar o implementadas) relacionadas que se generen en las áreas de gestión dentro de los organismos de CyT en relación con la misma problemática. Entre las propuestas se sugiere, por ejemplo, la creación de un Programa Nacional de Estímulos a Instituciones que incluyan planes de contratación y promoción de investigadoras, el desarrollo de programas de ciencia para la niñez y juventud en todos los niveles educativos que estimulen su interés y vinculación a las ciencias, así como promover la incorporación de lideresas científicas con perspectiva de género en cargos de decisión en el diseño de políticas científicas y tecnológicas en el país.

2. Metodología

Este trabajo se realizó con perspectiva de género: la formulación del problema tiene en cuenta la variable de género; los datos se recogieron y analizaron desagregados por sexo; en las categorías de análisis se incorporó la cuestión de género teniendo en cuenta la interacción con otras variables utilizando la interseccionalidad como herramienta de análisis para dar cuenta de las dimensiones sociales (Viveros Vigoya, 2016). Los resultados se presentan desagregados por sexo. Asimismo, se evitó transmitir estereotipos de género y prejuicios sexistas, y se empleó un lenguaje inclusivo.

Recolección de datos

Se llevó a cabo un análisis del libro de resúmenes de las JIF 2021, del cual se extrajeron las siguientes categorías de análisis: género del primer autor/a del trabajo, género del último autor/a del trabajo, simposio al que pertenece el trabajo. La información sobre rango etario, cantidad de publicaciones y categoría de investigador/a respecto de la última autoría del trabajo, fue extraída de las bases de datos del Repositorio Institucional CONICET Digital y Buscador SICYTAR. Del total de 208 participantes, cinco presentaron más de dos trabajos, por lo cual fueron excluidos, de forma tal de evitar la repetición. Por lo tanto, el universo de análisis fue de 203 participantes. Debido a la imposibilidad de determinar la categoría “otro” dentro del género, ya que la misma no existe en las bases analizadas, se optó por dividir los datos de forma binaria, entre femenino y masculino.

Diagnóstico de sesgos de género en los lugares de trabajo

Para indagar respecto de los sesgos de género en los lugares de trabajo y los aspectos estructurales de inclusión/exclusión de mujeres y disidencias, se desarrolló un cuestionario que fue enviado a todas las personas primeras autoras participantes, para que respondan en forma de encuesta voluntaria. En todos los casos, el universo de análisis fue sobre las 77 respuestas obtenidas. La encuesta estuvo conformada por tres secciones: la primera sección

abarca cuestiones generales (edad, etapa de formación, género y simposio al que presentó en las JIF); la segunda indaga sobre las características del lugar de trabajo, tanto del laboratorio/grupo (nivel micro) como de la institución (nivel macro); y finalmente, la tercera sección fue destinada a preguntas sobre violencia de género. En la primera etapa, la categoría género incluyó “femenino, masculino, otre”. En este caso, pudo llevarse a cabo una división no binaria, dado que la encuesta fue de elaboración personal, lo cual permitió indagar sobre este aspecto. En la segunda sección, con el fin de estudiar la variable “sesgo de género” dentro del laboratorio (grupo) y la institución, se evaluaron las preguntas “género de la persona que te dirige” y “género de la persona que dirige tu laboratorio”; y, para evaluar la variable presencia de instrumentos institucionales que fomentan la inclusión de mujeres y disidencias, se preguntó “¿Tienen lactario?”, “¿Tienen jardín maternal o guardería?” y “¿Tienen protocolo de violencia de género?”. En la tercera sección, para evaluar aspectos estructurales de inclusión/exclusión de mujeres y disidencias, se preguntó respecto de la violencia de género. Se incluyó previamente la definición “Entendemos por violencia contra las mujeres y disidencias toda conducta, acción u omisión, que de manera directa o indirecta, tanto en el ámbito público como en el privado, basada en una relación desigual de poder, afecte su vida, libertad, dignidad, integridad física, psicológica, sexual, económica o patrimonial, como así también su seguridad personal”, extraída de la Ley de Protección Integral a las Mujeres (N° 26.485). Las preguntas de esta sección fueron las siguientes: “¿Alguna vez sufriste violencia de género en tu trabajo?”, “¿Pudiste denunciarlo?”, “Ese conflicto, se resolvió/no se resolvió” “¿Conocés algún otro caso de violencia de género en tu lugar de trabajo?”, “Si hubo conflicto: Se resolvió/ no se resolvió/ no sé qué pasó”.

Análisis de los datos

El análisis de los datos se llevó a cabo con el programa Microsoft Excel (Microsoft Office). Con los datos obtenidos del libro de resúmenes, se analizó: la segregación horizontal en los distintos simposios, los fenómenos de techo de cristal (analizando cantidad de publicaciones y categoría de investigador según género) y los sesgos de género en la dirección de becarios/as. A su vez,

la encuesta permitió analizar los sesgos de género en el lugar de trabajo y los instrumentos institucionales de inclusión de mujeres y disidencias.

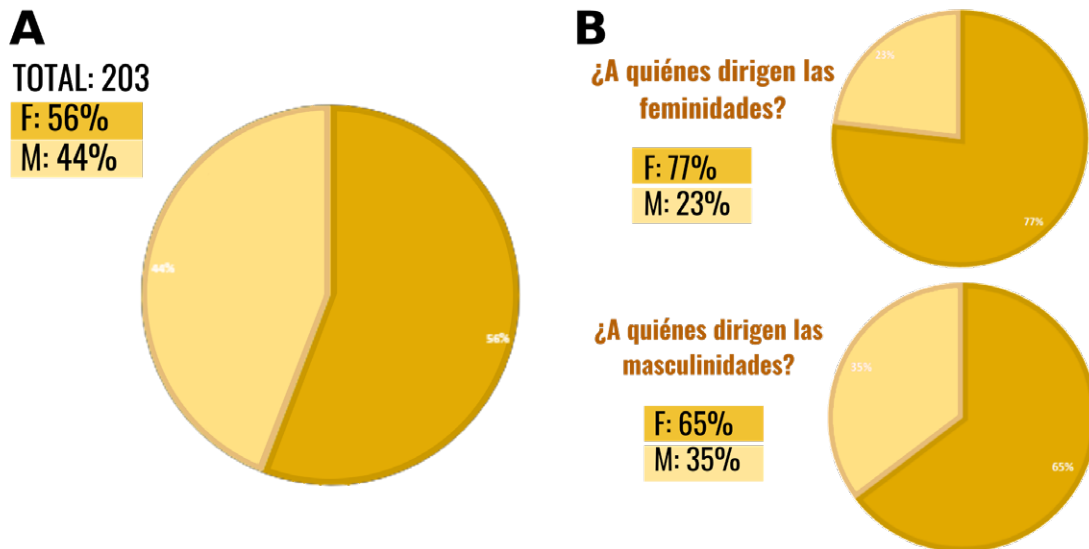
3. Resultados y discusión

3.1 Análisis de sesgos de género en la dirección

En los 203 trabajos analizados, se observó que las últimas autorías (dirección de trabajos) corresponden mayoritariamente a personas de género femenino (Fig. 1A). Este porcentaje, por otro lado, es similar al porcentaje de mujeres en el sistema científico tecnológico nacional (Tignino, 2020 y 2021). Sin embargo, al analizar a quiénes dirigen las feminidades y a quiénes las masculinidades, se observó que las primeras dirigen en un 77% a mujeres, mientras que las segundas lo hacen en un 65% (Fig. 1B). Estos datos revelan un sesgo de género en la decisión de dirección, el cual podría responder a dos situaciones. Por un lado, la utilización de estereotipos negativos femeninos, como por ejemplo, la poca aptitud de las mujeres para tareas científicas, su falta de responsabilidad, su excesiva sensibilidad, entre otros estereotipos ya descritos en diversos ámbitos laborales (Godoy y Mladinic, 2009; Roman Onsalo et al., 2013). Por otro lado, estos datos pueden responder a una situación completamente distinta: que las mujeres eligen a directoras mujeres para sentirse más cómodas, lo cual responde a estereotipos positivos femeninos, como que las mujeres son más comprensivas, sensibles, entre otros. En cualquiera de estos casos, es importante destacar que dichos estereotipos perpetúan las inequidades de género en los ámbitos laborales, afectando las decisiones que se toman y los marcos de oportunidades a los cuales se ven expuestos los géneros, reproduciendo un sistema en el cual los hombres dirigen a hombres y las mujeres a mujeres.

Finalmente, es importante destacar que estos datos pueden también responder a que las personas de género femenino eligen personas de su misma condición de género para su dirección, de forma tal de evitar sufrir situaciones de violencia de género, las cuales en la Argentina, en un 90%, son ejercidas por hombres (Línea 144 - Información estadística).

Figura 1. Análisis de sesgos de género en la dirección.



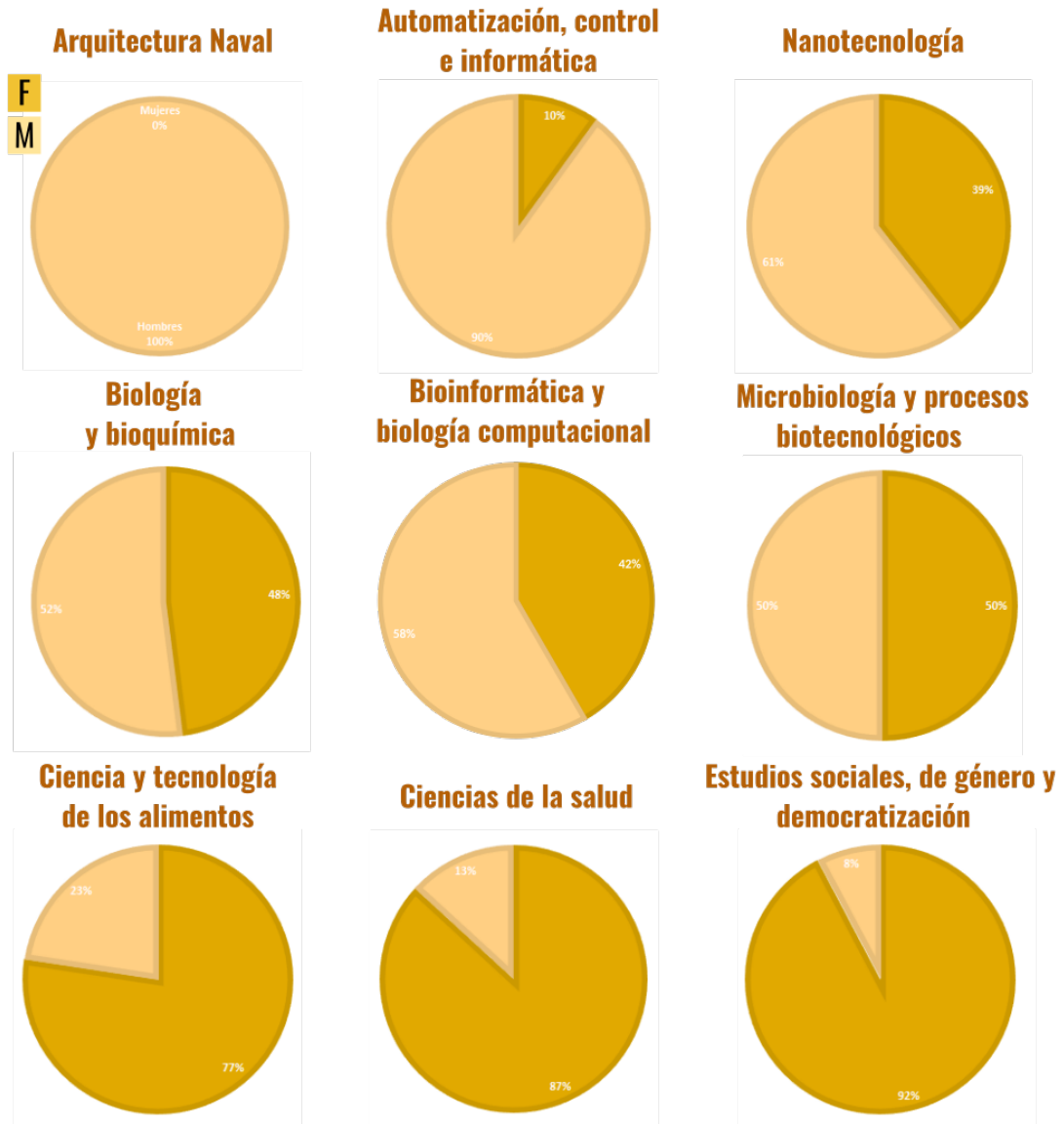
(A) Los trabajos publicados en las JIF 2021 fueron analizados según el género de la persona que dirigió, mostrando una prevalencia del género femenino. (B) Se realizó el análisis de la relación entre género de primeras y últimas autorías y se observó que las feminidades dirigen principalmente a otras feminidades. F (naranja oscuro) y M (naranja claro) corresponden a los géneros femenino y masculino, respectivamente.

3.2 Análisis de la segregación horizontal entre simposios

La distribución del género de los últimos autores de los trabajos fue analizada en función de los simposios. Se observó una clara segregación horizontal respecto de las temáticas (Fig. 2), con 0% género femenino en el simposio de Arquitectura Naval, tan solo un 10% en Automatización, Control e Informática, mientras que en los simposios como Ciencias de la Salud y Ciencia y Tecnología de los Alimentos que involucran disciplinas asociadas a tareas de cuidado, el género femenino representó un 87% y 77%, respectivamente. En el simposio de Estudios sociales, de género y democratización de la Ciencia y la Tecnología, la participación de personas del género femenino alcanzó el 92%. Estos datos se condicen con los obtenidos a nivel nacional sobre el Sistema Científico Tecnológico Nacional (Tignino, 2020 y 2021), donde se observa una sub-representación de las mujeres en disciplinas como

tecnología, ingenierías y ciencias exactas, disciplinas históricamente reservadas a los hombres.

Figura 2. Segregación horizontal en los simposios.



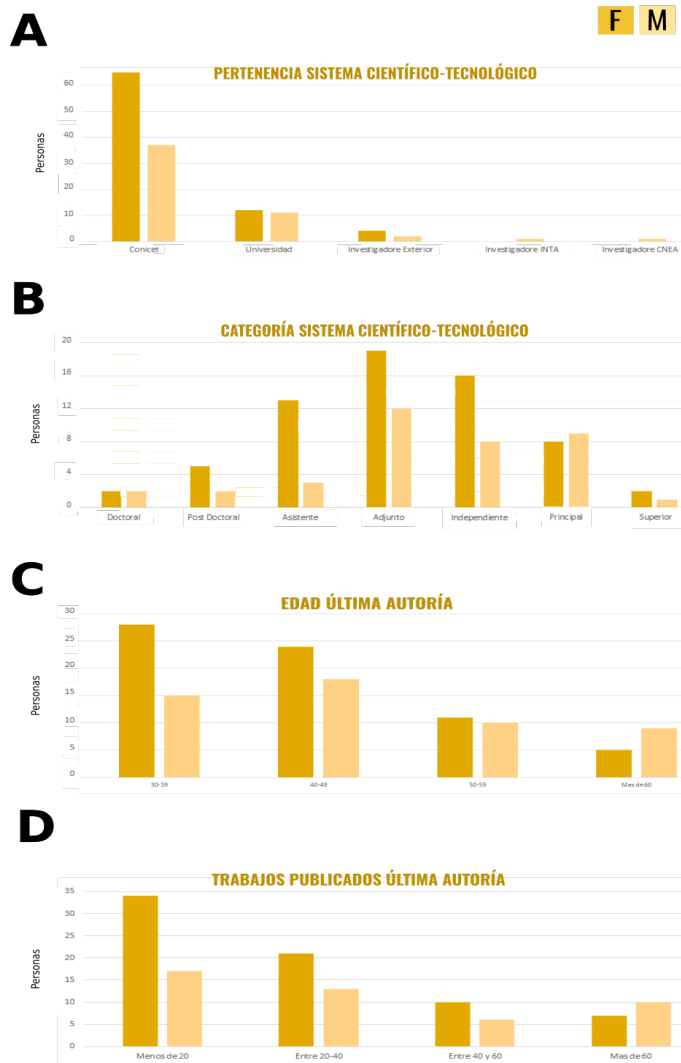
Puede verse la distribución de M (masculino, naranja claro) y de F (femenino, naranja oscuro), según los ejes temáticos de presentación de trabajos de las jornadas mostrando la feminización y masculinización de las distintas áreas disciplinares representativas.

3.3 Análisis de indicadores en relación con el techo de cristal

Al analizar las edades y la categoría dentro del sistema científico tecnológico de las últimas autorías de los trabajos, se observó el concepto de “techo de cristal” (Fig. 3). Del total analizado, se observa que la mayoría de las personas investigadoras pertenece al CONICET (Fig. 3A). Si bien las edades se encuentran distribuidas de forma equitativa entre los géneros (Fig. 3C), los datos correspondientes a categoría de investigador/a (solo analizada para investigadores/as CONICET) muestran resultados interesantes: pese a que las personas de género femenino son más en las categorías “adjunto” e “independiente”, esta cantidad disminuye en los escalafones “principal” y “superior” (Fig. 3B). Esto denota claramente un “efecto tijera”, que demuestra la falta de acceso de las mujeres a los cargos de mayor jerarquía, situación que ya ha sido descrita a nivel nacional (Tignino, 2020 y 2021). Resulta particularmente interesante destacar que la muestra analizada en este trabajo mostró distribuciones similares a las que se analizaron a nivel nacional, tanto para “segregación horizontal” como para “techo de cristal”.

A su vez, se analizó la cantidad de publicaciones de los últimos lugares en las autorías de los trabajos presentados a las JIF, obteniendo que la mayoría de las personas de género femenino posee menos de 20 o entre 20-40 publicaciones, mientras que las personas de género masculino son mayoría en la categoría “más de 60” (Fig. 3D). Estos datos, una vez más, corroboran el techo de cristal observado, donde las personas de género femenino tienen menos acceso a publicar que las de género masculino. Esta tendencia ya ha sido descrita por Albornoz y colaboradores (2018), quienes han analizado datos de producción científica en diversos países de Iberoamérica. Han observado que la brecha de género es mayor entre los autores de mayor producción, siendo esta superior al 10% a favor de los hombres, para quienes publicaron 10 o más artículos. Además, han señalado en esa misma publicación que una posible explicación de este fenómeno es la posición jerárquica de los grupos y la posibilidad de que los jefes hombres firmen la gran mayoría de los artículos producidos en sus lugares de trabajo (Albornoz, 2018).

Figura 3. Techo de cristal y efecto tijera.



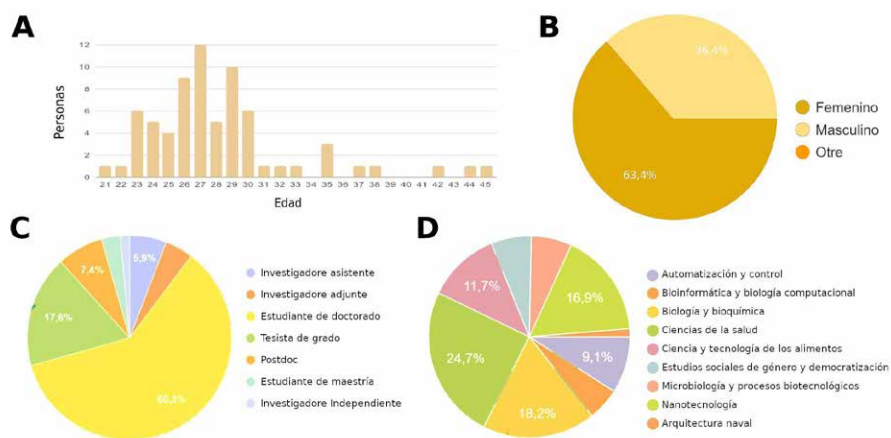
(A) Análisis de la pertenencia a instituciones científicas (CONICET, universidades, instituciones en el exterior, INTA, CNEA) de las personas en la última autoría de los trabajos presentados a las JIF 2021. Se observa que la mayoría trabaja en el CONICET. (B) Análisis de la categoría (doctoral, postdoctoral, asistente, adjunto, independiente, principal o superior) de las direcciones de los trabajos presentados dentro del CONICET. Se muestra que el género femenino está mayoritariamente representado en las categorías “adjunto” e “independiente”, y disminuye en los escalafones “principal” y “superior”. (C) Análisis del rango etario de las personas con última autoría en el trabajo presentado, observando que ambos géneros se encuentran similarmente representados. (D) Se contabilizó el número de publicaciones de última autoría, encontrando que las personas de género femenino tienen principalmente “menos de 20” o “entre 20-40” publicaciones, mientras que el género masculino es mayoría cuando se tiene más de 60 artículos.

3.4 Análisis sobre sesgos de género en la jerarquía de los lugares de trabajo

Se llevó a cabo una encuesta estructurada voluntaria a las personas participantes con primera autoría, la cual permitió extraer una diversidad de datos. En primera instancia, se pudo analizar la distribución de la muestra teniendo en cuenta quiénes respondieron la encuesta. En su mayoría fueron personas del género femenino (63,3%). Ninguna de las personas se autopercibió dentro de la categoría “otro”, por lo que se puede concluir que la autopercepción fue binaria (Fig. 4B). Respecto de la franja etaria, se concentró en personas de entre 20 y 45 años (Fig. 4A), mientras que el grado de formación seleccionado fue mayoritariamente “estudiante de doctorado” (Fig. 4C). Ningún simposio se vio sub-representado en las respuestas. Esta participación plural se observa en los porcentajes similares obtenidos para todos los simposios de las Jornadas (Fig. 4D).

Al analizar las preguntas “género de la persona que te dirige” y “género de la persona que dirige tu laboratorio”, se pudo observar que son mayormente personas del género masculino (en un 48,1% y un 58,4%, respectivamente) destacándose claramente el efecto “techo de cristal”. Un pequeño porcentaje (1,2%) respondió utilizando la categoría “otro”, lo cual deja en claro la sub-representación e invisibilización de las personas no binarias.

Figura 4. Caracterización del universo encuestado.



(A) Edad de las personas que respondieron la encuesta. (B) Género de las personas que respondieron la encuesta; ninguna persona se identificó con un género no binario. (C) Grado de formación de las personas participantes. (D) El análisis del simposio en el que se presentó la persona encuestada muestra que no hubo sub-representación de ninguna área.

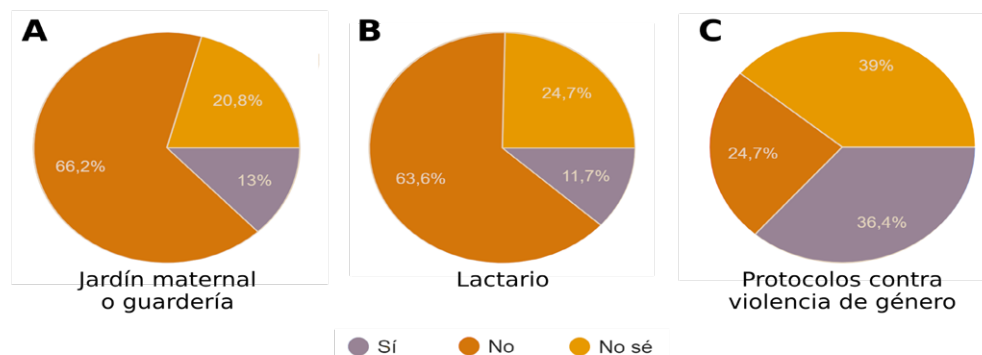
3.5 Análisis sobre los instrumentos institucionales con perspectiva de género

Las preguntas se centraron en visibilizar la implementación de tres instrumentos: presencia de lactario, presencia de guardería o jardín maternal y existencia de protocolos contra la violencia de género.

Respecto de la primera, en un 11,7% las personas encuestadas declararon tener lactario en sus lugares de trabajo (Fig. 5A); con respecto a la presencia de jardines maternales o guarderías, el “sí” fue de 13% (Fig. 5B), mientras que en relación con la existencia de protocolos contra la violencia de género, el 36,4% declaró contar con este instrumento (Fig. 5C). Sin embargo, un 39% declaró desconocer la existencia de los mismos, lo cual demuestra una baja promoción del instrumento en los lugares de trabajo; dicha situación impacta en el acceso a la información de quienes trabajan en dichos lugares.

Estos resultados demuestran que los instrumentos de inclusión y las acciones de política pública con perspectiva de género en las instituciones analizadas son aún incipientes. Los datos obtenidos se condicen con el informe llevado a cabo por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (Tignino, 2020 y 2021), en el cual se señala que los instrumentos más frecuentes en las instituciones del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, son los protocolos, programas y observatorios contra la violencia. La ausencia de estos espacios e instrumentos se encuentra estrechamente relacionada con los conceptos de “piso pegajoso” y “efecto tijera”. Estos datos muestran la necesidad imperiosa de continuar en el camino de construcción y ampliación de los diversos instrumentos, entre ellos, aquellos que garanticen un área de trabajo con un sistema de cuidado de menores, tarea en mayor medida reservada a las personas de género femenino, situación de desigualdad que termina impactando en su desarrollo laboral y generando una postergación de la carrera que recae sobre la persona gestante.

Figura 5. Instrumentos institucionales con perspectiva de género.



(A) La existencia de jardines maternos o guardería solo se vio en un 13% de los casos. (B) Los lactarios están visiblemente presentes en el 11,7% de los casos. (C) Los protocolos contra la violencia de género existen en al menos un 36,4% de los casos.

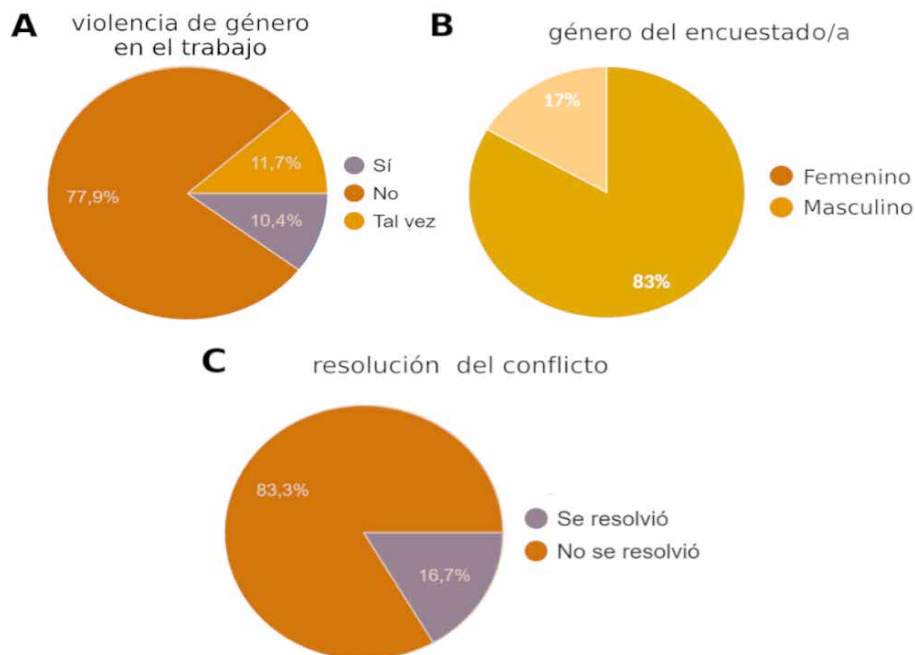
3.6 Análisis sobre situaciones de violencia de género en el ámbito laboral

La violencia de género es una problemática que afecta a una gran cantidad de personas del género femenino en la Argentina. Se entiende por violencia contra las mujeres y disidencias a toda conducta, acción u omisión, que de manera directa o indirecta, tanto en el ámbito público como en el privado, basada en una relación desigual de poder, afecte su vida, libertad, dignidad, integridad física, psicológica, sexual, económica o patrimonial, como así también su seguridad personal. En el período 2017-2018, la línea 144 de atención telefónica recibió 1108 llamadas consultando por violencia de género en el ámbito laboral. El 99% de estas llamadas fue realizada por personas que se autoperciben de género femenino, y el 1% por personas que se autoperciben como transexuales. Por otro lado, los datos mostraron que quienes ejercen la violencia son en un 98% hombres (Observatorio Nacional de Violencia contra las Mujeres, 2018).

Se indagó a las personas participantes respecto de haber sufrido violencia de género en el trabajo, y el 77,9% manifestó no haberla sufrido, mientras que

un 10,4% manifestó haberla sufrido y un 11,4% se mostró indeciso (a través de la opción “tal vez”). De este 22,1%, el 83% fueron personas del género femenino (Fig. 6A). Sobre quienes manifestaron haber sufrido violencia, cuando se les preguntó si pudieron denunciarla, el 100% respondió que no (Fig. 6B), y respecto de si el conflicto se resolvió, el 83,3% manifestó que no (Fig. 6C). Por otro lado, se consultó a quienes habían manifestado haber sufrido violencia de género respecto de la percepción de violencia de género sobre otra persona trabajadora. El 57,1% contestó haber presenciado una situación de violencia, mientras que el 42,9% se manifestó indeciso. Finalmente, frente a la pregunta de si el conflicto fue resuelto, el 50% manifestó que no, y el 50% manifestó no saber si se resolvió.

Figura 6. Situaciones personales de violencia de género en el ámbito laboral.

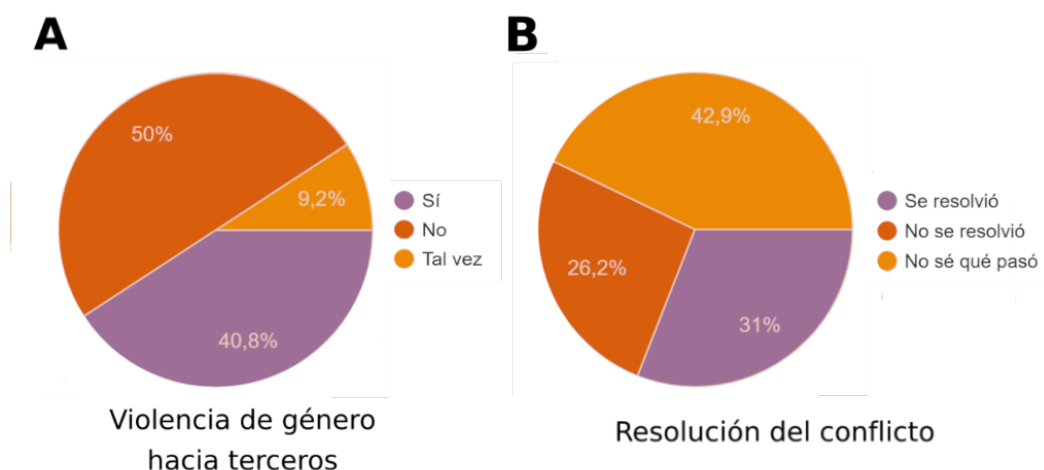


(A) Porcentaje de personas que sufrieron violencia de género en sus trabajos. (B) Género de las personas que sufrieron violencia de género. (C) Porcentaje de resolución de la situación de violencia.

Posteriormente, se indagó a quienes habían manifestado inicialmente no haber sufrido violencia, si conocían un caso de violencia de género. El 50% manifestó que no, el 40,8% que sí, y el 9,2% se mostró indeciso (Fig. 7A). Respecto de si la situación se solucionó, el 26,2% manifestó que no, el 31% que sí, y el 42,9% manifestó no saber (Fig. 7B). Es importante destacar que dentro del porcentaje que expresa indecisión respecto de la resolución del conflicto, puede haber situaciones que se resolvieron, pero que quien responde efectivamente lo desconozca, debido al tratamiento confidencial de estos datos en los programas de género.

Estos datos demuestran que existe un alto porcentaje de violencia de género en los lugares de trabajo analizados y que el problema persiste en el tiempo, lo que evidencia la necesidad de la presencia o mejora de instrumentos con perspectiva de género como los protocolos y programas contra la violencia de género, y la importancia de su consecuente comunicación a toda la comunidad trabajadora. A su vez, es fundamental la generación e implementación de políticas públicas de planes estratégicos inclusivos y de promoción de I+D con perspectiva de género, al igual que capacitaciones en género en las diversas instituciones del Sistema Científico Tecnológico Nacional.

Figura 7. Situaciones de violencia de género en el ámbito laboral hacia terceros.



(A) Conocimiento de casos de violencia de género ejercida sobre otra persona. (B) Conocimiento de resolución de las situaciones de violencia de género ejercida sobre otra persona.

4. Conclusiones y perspectivas futuras

La caracterización desde la perspectiva de género de las Jornadas de Investigadores e Investigadoras en Formación UNQ 2021 como estudio de caso ha comenzado a descender el velo. A partir de los datos colectados, las herramientas y categorías de análisis abordadas, se muestran sesgos de género en algunas dimensiones sociales. Por ejemplo, relaciones de poder patriarcales en la distribución jerárquica laboral de las personas trabajadoras en los grupos de investigación de institutos y universidades que participaron en calidad de expositores de trabajos científico-tecnológicos en el evento. Esta tendencia es similar a la reportada en sus informes por el MINCYT y el CONICET, observándose los fenómenos de “techo de cristal”, “piso pegajoso”, “efecto tijera” y “segregación horizontal”, siendo esta última el más significativo.

El universo de las JIF 2021 muestra que los instrumentos que fueron indagados –protocolos de acción y prevención contra la violencia de género, sistemas de cuidado de menores y los relacionados con la maternidad/paternidad– se encuentran poco implementados y/o deben ser mejorados. Por otro lado, también evidencia que existen y persisten situaciones de violencia de género en nuestras instituciones que no se resuelven y/o no son denunciadas. Una fracción de las personas que respondieron la encuesta manifiesta haber vivido violencia de género en sus ámbitos laborales y/o haber visto situaciones de violencia de género, con muy bajo índice de resolución de la problemática. Esta situación lleva a establecer la necesidad de revisar las estrategias e instrumentos actualmente implementados así como a esgrimir otras estrategias de política pública para garantizar el fin de las desigualdades y de la violencia de género en el sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI).

Por un lado, son necesarios cada vez más espacios de debate y deconstrucción. Por otro, son fundamentales la generación e implementación de políticas públicas de planes estratégicos inclusivos y de promoción de I+D con perspectiva de género y la ampliación de la participación de mujeres y disidencias en los espacios de representación y toma de decisiones del Sistema Científico-Tecnológico Nacional. Esto fomentará el ascenso no solo de las mujeres, sino de todas las disidencias dentro del sistema CTI. Además, una política clara de

inclusión que se incorpore desde etapas tempranas en las carreras de grado científico-tecnológicas, y que se aleje de la dinámica patriarcal clásica que ha demostrado el sistema CTI, puede fomentar la inserción del colectivo LGTBIQ+, sumamente invisibilizado y sub-representado en el sistema CTI. Es necesario entonces continuar con las capacitaciones en género dentro de la ley Micaela (N° 27.499) en instituciones del sistema científico-tecnológico e incluirlas en las agendas institucionales como políticas de género integrales.

Las desigualdades específicas encontradas en este contexto socioeconómico, cultural e histórico por medio de la interseccionalidad como herramienta de análisis, así como el sistema de relaciones sociales y de poder vigente, sigue mostrando el carácter situado del conocimiento científico-tecnológico dentro del patriarcado. En el universo de estudio, el género como dimensión social continúa siendo central en la organización del ambiente laboral científico-tecnológico, ya que se visualizaron opresiones simultáneas y múltiples. El sistema de relación social y poder en el ambiente científico continúa perpetuándose en el androcentrismo.

Es por ello que llamamos a la reflexión y a una toma de conciencia en pos del compromiso con la transformación social hacia la equidad de géneros en el ambiente científico-tecnológico en el cual nos desarrollamos profesionalmente. Con la idea de brindar, además, propuestas con potencia transformadora, con el objetivo de disminuir las brechas de género en nuestro ambiente social de impacto directo. Por último, desde nuestro colectivo, los resultados obtenidos necesariamente demarcan la necesidad de implementar estrategias de trabajo en el territorio, donde la estimulación de las vocaciones científico-tecnológicas en la niñez y adolescencia ocupe un rol central, para de esta manera aportar en el camino hacia la equidad.

Agradecimientos

Al Comité Organizador de las JIF 2021, por brindarnos el espacio para el debate y la oportunidad de presentar el trabajo. A las Mujeres en CyT, por ser un espacio de construcción y lucha colectiva.

Referencias

- Albornoz, M., Barrere, R., Matas, L., Osorio, L. y Sokil, J. (2018). Las brechas de género en la producción científica iberoamericana. *Papeles del Observatorio N° 9*. Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad de la Organización de Estados Iberoamericanos (OCTS-OEI).
- Buscador SICYTAR. Base de datos Ministerio Ciencia y Tecnología, Argentina. <https://sicytar.mincyt.gob.ar/buscar/>
- Franchi, A., Palomino, M., Cano Colazo, M.V., Jeppesen, C. y Kochen, S. (2015-2016). *Informe Proyecto "Desigualdades de género de las trayectorias científicas"*. CONICET.
- Godoy, L. y Mladinic, A. (2009). Estereotipos y roles de género en la evaluación laboral y personal de hombres y mujeres en cargos de dirección. *Psykhé*, 18(2), 51-64. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-22282009000200004>
- González, M. I. y Fernández Jimeno, N. (2016). Ciencia, tecnología y género. Enfoques y problemas actuales. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 11(31), 51-60. ISSN: 1668-0030. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92443623003>
- Ley N° 26.485 (2009). Ley de Protección Integral a las Mujeres de Argentina.
- Ley N° 27.499 (2019). Ley Micaela de Argentina
- Línea 144 - *Información estadística*. Género, Argentina <https://www.argentina.gob.ar/generos/linea-144/informacion-estadistica>. Consultado 30/4/2021.
- Observatorio Nacional de Violencia contra las Mujeres (2018). *Violencia contra las mujeres en el ámbito laboral*. Instituto Nacional de las Mujeres. Informe Violencia Laboral Bianaual 2017-2018.
- Repositorio Institucional CONICET Digital. Base de datos <https://ri.conicet.gov.ar/>
- Román Onsalo, M., Ríos Paniagua, A. y Traverso Cortés, J. (2013). Barreras de género en el desarrollo profesional de mujeres técnicas de la construcción. *Revista de la construcción*, 12(1), 87-99. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2013000100009>.
- Tignino, M.V y equipo técnico (2020-2021). Diagnóstico sobre la situación de las mujeres en Ciencia y Tecnología. *Documentos de trabajo N° 1* (Febrero 2020) y N° 8 (febrero 2021). MINCYT.

TREBUCQ, TOLEDO, ROTA, GULINO, CAPOBIANCO, SEGATORI, BRITOS, REYNA,
CHIARAMONI, CAPELLO, SUÁREZ, ZINNI, GOÑI, CARBAJAL

UNESCO (2019). *Descifrar el código: La educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM)*.

Viveros Vigoya, M. (2016). La interseccionalidad: una aproximación situada a la dominación. *Debate Feminista*, 52, 1-17.

EMPRENDIMIENTOS OCUPACIONALES: TRABAJO EN EQUIPO EN TIEMPOS DE PANDEMIA

NATALIA CARBALLO¹

Resumen

En el plan de trabajo de la Beca BeFII 2019, UNQ, “Encuentro de las Terapias Ocupacionales y la Economía Social y Solidaria en los procesos de conformación de emprendimientos sociales como dispositivos de Salud Mental Comunitaria en Esquel y Trevelin”, el objetivo fue identificar el aporte interdisciplinario de la Terapia Ocupacional (TO) y la Economía Social y Solidaria (ESS) en los emprendimientos productivos en Salud Mental Comunitaria (SMC). Para ello, se estudió Quenuir y El Caldero, dos emprendimientos socioproductivos creados como dispositivos de Salud Mental que surgen en el ámbito del sistema de salud en Esquel y Trevelin, Chubut, Argentina.

Los emprendimientos económicos denominados también “Empresas Sociales” se caracterizan por haber sido desarrollados de diferente modo a la empresa capitalista tradicional. Las empresas o emprendimientos sociales (EmS) nacen de la toma de conciencia y de la reacción ante situaciones de exclusión y vulnerabilidad social, y no de la mera búsqueda de obtener ganancias o lucro. Constituyen iniciativas específicas que articulan el bienestar de la comunidad, la integración social y la potenciación de capacidades humanas; de manera que las EmS conforman una estrategia de trabajo privilegiada como dispositivo de Salud Mental de modalidad alternativa al manicomio, en oposición a la lógica de manicomialización de la atención de personas con padecimiento mental. El objetivo es promover la inclusión social.

1 Universidad Nacional de Quilmes.

En acuerdo con las organizaciones se definieron los objetivos de la intervención, se registraron las respuestas ante el contexto de pandemia e identificaron aportes de las terapias ocupacionales en el rol de coordinación de los emprendimientos. El proceso de construcción de datos consistió en la integración de los distintos conceptos surgidos a partir de la información disponible mediante la participación y realización de entrevistas.

En Quenuir y El Caldero los equipos interdisciplinarios en diálogo de saberes brindaron atención y acompañamiento a lxs emprendedorxs participantes, así como trabajaron por la gestión, reorganización y sostén del emprendimiento, respondiendo al contexto de Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO) y pandemia de COVID-19. En el proceso, debieron cuestionar las dinámicas cotidianas, los proyectos previos y expectativas, así como los obstáculos para la organización asamblearia conjunta.

La presencia de terapistas ocupacionales aportó herramientas eficaces para la coordinación de los equipos de trabajo que desarrollaron estrategias significativas en respuesta al ASPO y la pandemia de COVID-19 en emprendimientos sociales de salud mental comunitaria en Esquel y Trevelin, Chubut.

Palabras clave: economía social y solidaria, trabajo en equipo, salud mental comunitaria.

1. Conformación de los emprendimientos

1.1 Iniciativas como punto de partida

La empresa social Quenuir inicia sus actividades el 17 de agosto de 2010 como resultado del encuentro de dos iniciativas; a nivel local se originó en 2009 un taller de elaboración de fieltro artesanal en el espacio de un dispositivo de Salud Mental de Esquel; a nivel provincial se implementa un proyecto de cooperación internacional en la temática de SM y ESS.

En 2009, la Secretaría de Salud de Chubut, en acuerdo con la organización no gubernamental italiana CISP (Comitato Internazionale per lo

Sviluppo dei Popoli), que se propuso colaborar con el proceso de reforma del sistema de salud mental en la Argentina, presentan el proyecto ISOLE (Integración Socio-económica y Lucha contra la Exclusión Social) en la provincia de Chubut, destinado a promover y financiar proyectos productivos y económicos que facilitaran la reinserción social de lxs usuarixs de los Servicios de Salud Mental. El proyecto ISOLE financia e impulsa en dicho año los primeros tres emprendimientos productivos en el sistema de Salud Mental de Chubut, con el acuerdo de que posteriormente la provincia replicara el proceso financiando otros tres nuevos emprendimientos, entre los que se encuentra Quenuir.

La directora provincial de Salud Mental observa el potencial del taller de fieltro y les propone a las talleristas, una de ellas terapeuta ocupacional, conformar una empresa social como dispositivo de Salud Mental Comunitaria del hospital zonal de Esquel.

Por su parte, la empresa social El Caldero surge en 2015 a partir de la iniciativa de una terapeuta ocupacional con experiencia de trabajo en empresas sociales de Buenos Aires, que al llegar a la zona acompañó al equipo de Quenuir cuando su respectiva coordinadora transitaba suplencia por embarazo. La profesional se propone armar el proyecto tras identificar la necesidad de un espacio que alojara a las personas egresadas de las llamadas “escuelas 500” o “escuelas especiales”, así como a otras personas que afrontaran similares situaciones de posible vulnerabilidad. También identifica la potencialidad de un taller de cerámica de disposición municipal, ubicado en zona barrial, que tenía actividad solo por las tardes.

La iniciativa se materializó como dispositivo de salud con localización territorial en la comunidad, mediante la articulación entre el sistema de Salud Mental, en congruencia con la Ley Nacional de Salud Mental 26.657, el Municipio de Trevelin, que facilitó el convenio temporal del espacio físico perteneciente al área de Educación, y el apoyo de la Asociación Civil Alibuen Patagonia, conformada por varios emprendimientos sociales de Chubut, que también dispuso de mobiliario necesario.

En el programa de la Jornada Provincial de Empresas Sociales de Salud Mental, realizada el 9 y 10 de agosto del 2012 en Esquel, Chubut, se fundamentó que las empresas sociales de salud mental son alternativas para la inclusión social y la capacitación en oficio de personas con problemáticas de salud mental, teniendo como meta final la posterior inserción laboral de dichas personas; que son un dispositivo más de la red sociosanitaria para el abordaje de las problemáticas de salud mental; y que consisten en una estrategia comunitaria cuyo fin es la promoción de la salud y la integración socio-laboral de las personas, utilizando como medio la producción, la capacitación en tarea y la comercialización de bienes y/o servicios.



Emprendedor armando tapis en fieltro de diseño propio

La nueva dinámica establecida en estos espacios invita a trabajar desde las potencialidades de cada unx, tiene en cuenta las cuestiones relativas a las relaciones de poder y propone la gestión asamblearia. De esta forma, “permite también devolver a las personas que padecen, su protagonismo en los procesos de reparación de su salud” (Freytes, 2009, p. 3).

1.2 Producción artesanal

La producción artesanal es un aspecto que forma parte de la estrategia del emprendimiento como dispositivo de salud. Desde una perspectiva tradicional de la terapia ocupacional, las actividades manuales que involucran

el entrenamiento de funciones y habilidades mediante el proceso creativo de transformación de ciertos materiales para la creación de la artesanía son estrategias beneficiosas para la promoción de bienestar. Estas conservan lo primitivo de la transformación de los materiales dispuestos por el medio natural y es en la particularidad de su proceso de producción/creación, que también se valora el compartirlo y disfrutarlo. La habilidad artesanal suministra un contexto para experimentar control, independencia y autoestima, y es en la artesanía donde se fusionan el pensamiento y la acción, las manos y la voluntad para un propósito común (Kielhofner, 1983).

En ambos emprendimientos no es casual la elección de materias primas en congruencia con los recursos naturales locales, es decir, tanto la arcilla como la lana se encuentran disponibles por las características del territorio:

- En El Caldero extraen la arcilla directamente del territorio y tras varios procesos de mezclado y tamizado, obtienen la masa para modelar y la barbotina líquida con la que producen las piezas de cerámica que luego comercializan. También producen algunos de los esmaltes y engobes que utilizan.
- En Quenuir, la principal materia prima para la producción del fieltro es la lana cruda o lana vellón, que suele ser un sobrante en la esquila de las ovejas; mediante la técnica de afieltrado es aprovechada para la producción textil. En la Patagonia es característica la producción ovina.

Sin embargo, en Quenuir identificaban que no todos los emprendedores se mostraban interesados por las actividades de producción de fieltro, así como a quienes participaban hace mucho tiempo les podría resultar redundante.

En octubre de 2019, se conformó la unidad productiva Pucón a partir de la asociación de cuatro mujeres que participaban de El Caldero, quienes producen piezas de cerámica originales y las comercializan. Entre ellas se organizan y se distribuyen las tareas en función de sus habilidades. Sus producciones se caracterizan por diseños con simbología mapuche, aspecto que las identifica, como plantea Cardini (2007). En las artesanías convergen lo cultural y lo económico, los procesos identitarios y de memoria, lo tradicional y patrimonial en debate con el arte. En este sentido, una de las mujeres manifestó como principal valor de participar en Pucón el “aprender juntas” y “apoyarse”.



Productos de Pucón y El Caldero.

1.3 Equipos en diálogo de saberes

En el funcionamiento cotidiano de los emprendimientos, que contempla la producción artesanal y la promoción de bienestar, se destaca como característica fundamental el diálogo de saberes como dinámica constante dentro de los equipos conformados por trabajadorxs del sistema de salud. Este es un aspecto sustancial para la deliberación de problemáticas emergentes y toma de decisiones, promoviendo la integración de diversos saberes disciplinares, culturales, territoriales, generacionales, particulares e inherentes a cada unx de sus miembros.

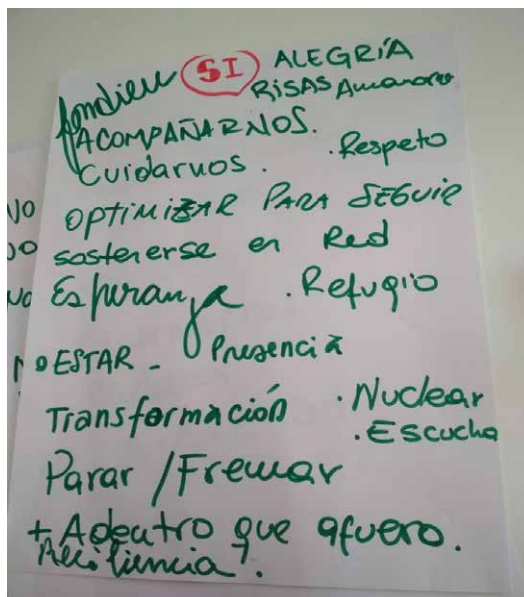
Para De Sousa Santos (2017, p. 237), “la ecología de saberes se opone a la lógica de la monocultura del conocimiento y del rigor científico, e identifica otros saberes y criterios de rigor y validez que operan de forma creíble en prácticas sociales que la razón metonímica declara no existentes”. Es por eso que se considera que la diversidad de formaciones y experiencias entre lxs integrantes de los equipos, así como sus características personales, hacen a la vinculación empática, fraternal y horizontal entre ellxs y lxs emprendedorxs.

Si bien son las terapistas ocupacionales quienes en ambos equipos cumplen el rol de coordinación, estas aportan a la integración de las diferentes

perspectivas y conocimientos mediante dinámicas de grupo que involucran lo corporal, artístico, expresivo y reflexivo.



Actividad artística expresiva en El Caldero.



Actividad reflexiva grupal en Quenuir.

1.4 Trabajo en red

Las redes que conforman los entramados sociales son construcciones vinculares que se desarrollan a partir de la interacción entre instituciones, grupos y/o personas, caracterizadas como un sistema abierto, multicéntrico y heterárquico (Dabas, 2003). El trabajo en red consiste en la vinculación en cuanto estrategia de articulación e intercambio donde convergen voluntaria o concertadamente sus esfuerzos, experiencias y conocimientos para el logro de fines comunes.

Tanto Quenuir como El Caldero trabajan conscientemente en la articulación de redes institucionales y comunitarias, por lo que se disponen abiertamente a visitas, propuestas y participaciones de diversa índole. Así también, dedican tiempo a reunirse con otras instituciones, dispositivos de salud, emprendimientos sociales, y participan e impulsan espacios comunitarios de feria y encuentros con lxs emprendedorxs y sus familias.

En este trabajo se entiende la red como una posibilidad de interacción e integración, que no tiene necesariamente definido de antemano su alcance y que se piensa de manera abierta, favoreciendo permanentemente la oportunidad de generar nuevos horizontes, recorridos, donde no está predefinido el punto de llegada.

Como se define en el Módulo “Salud y Redes” del Ministerio de Salud de la Nación: toda red puede crecer, transformarse, reconfigurarse. Las redes dinámicas, como lo son todas las redes sociales no instituidas, no tienen origen ni finalidad, estas se hacen “camino al andar”. Las redes dinámicas, como el rizoma, atraviesan fronteras, crean nuevos dominios de experiencia, perforan los estratos, proveen múltiples itinerarios (Najmanovich, 2005, p. 22).



Actividad reflexiva corporal en Quenuir

2. Sostener los emprendimientos en pandemia de COVID-19

2.1 Respuestas ante el aislamiento social preventivo y obligatorio (ASPO)

Luego de que el 11 de marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) declarase el brote de coronavirus como una pandemia, se decretó el

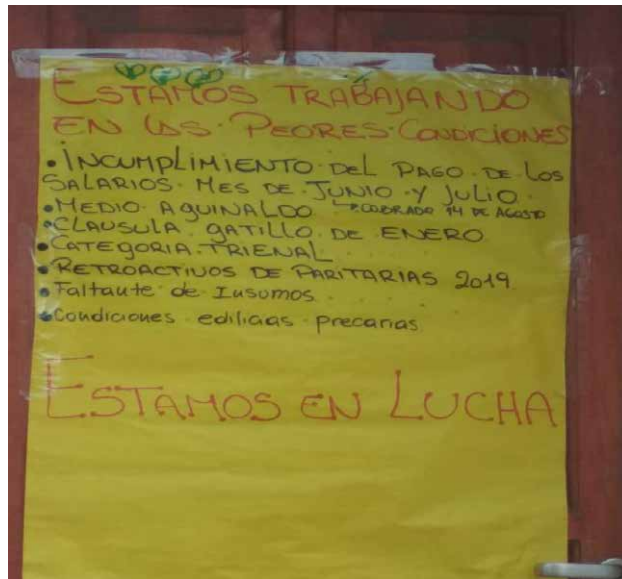
20 de marzo el aislamiento social preventivo y obligatorio (ASPO) en todo el territorio argentino, medida que se conoce como “fase 1”. Aun sin existir casos en la provincia de Chubut se accionó en forma preventiva la reorganización de los servicios de atención de Salud Mental.

El equipo de Quenuir fue un ejemplo de rápida adaptación de estrategias para el acompañamiento de lxs emprendedorxs, y a partir del lunes 23 de marzo se adecuó la producción de fieltro a la dinámica domiciliaria. Esta estrategia de adaptación constó de la distribución de “kits” con los materiales necesarios para continuar con la producción en fieltro de pantuflas y alfombras, entre otros productos.

En El Caldero, el equipo se concentró en la experimentación de producción con diferentes talcos para el mejoramiento de la técnica y calidad de la masa para moldear, que también distribuyó a emprendedorxs y escuelas para fines recreativos.

Ambos emprendimientos fortalecieron sus redes virtuales y los equipos de trabajadorxs de salud se organizaron para estar en contacto y atentos a responder situaciones emergentes como fueron: en el caso de Quenuir, la asistencia de un reciente emprendedor que se encontraba en situación aguda por consumo problemático de alcohol; y en el de El Caldero, la entrega de mercadería a una reciente emprendedora y su familia que no disponían de recursos económicos para abastecerse.

Es importante señalar que en el contexto de Emergencia Económica, Financiera y Administrativa declarada el 14 de enero del 2020 en Chubut, la administración provincial sostuvo medidas de ajuste y pago escalonado durante todo el año, que significaron la precarización e incumplimiento en el pago de haberes de lxs empleadxs públicos, incluyendo lxs trabajadores de Salud. En estas condiciones, los equipos de trabajadores de salud de Quenuir y El Caldero dispusieron de sus vehículos y recursos personales para llevar adelante las estrategias de acompañamiento domiciliario.



Cartel en la puerta de Quenuir el 18 de agosto de 2020.

2.2 Limitaciones y consecuencias

Los emprendimientos sociales que son a su vez dispositivos de salud se encuentran obstaculizados para la comercialización por formar parte del servicio de atención pública, es decir, no podrían recibir dinero; sin embargo, esta normativa es previa al origen de emprendimientos de capacitación e inclusión sociolaboral que practican la comercialización, y considerando el tiempo de trayectoria de estos proyectos, se hace evidente la falta de comprensión y compromiso político para dar respuestas en este sentido. Desde el año 2016, cambió la disposición que apoyó estas estrategias antimanicomiales en sus orígenes.

El financiamiento estatal establecido corresponde, en primer lugar, al pago de sueldos de lxs trabajadorxs del equipo de salud, que como se mencionó en párrafos precedentes fue afectado por las medidas de ajuste adoptadas por el gobierno provincial; y en segundo, a la disposición de espacios físicos acordes para el desarrollo de los dispositivos, aspecto que también se incumple. En el caso de Quenuir, en 2017 la falta de pago del alquiler provocó que el servicio debiera sostenerse varios meses en forma ambulatoria, brindando talleres en

otros dispositivos hasta lograr conseguir un espacio propio. Actualmente, El Caldero no consigue la renovación del contrato de locación ni obtiene respuesta a las problemáticas edilicias. En ambas experiencias, son las personas habitantes de esos espacios, con asistencia de sus familiares y redes sociales comunitarias, quienes propician el mantenimiento de los edificios, aunque en el caso de El Caldero se ven limitadxs por la complejidad de las fallas estructurales, como son el mal estado del techo y la falta de cloacas, que requieren del diseño y financiamiento de nuevas construcciones.

Estos aspectos previos a la pandemia de COVID-19 son desarrollados en este apartado para contextualizar las decisiones adoptadas. Si bien los emprendimientos han tenido el objetivo de distribución de las ganancias entre lxs emprendedorxs, en el año 2020 y como consecuencia de los contextos ya mencionados, la comercialización en espacios comunitarios se vio imposibilitada, mientras continuaba la problemática de no poder abrir cuentas bancarias para la comercialización por redes sociales virtuales, que también carecían de difusión y actividad frecuente.

Los ingresos económicos se utilizan para la reinversión, gastos de mantenimiento, el pago de servicios necesarios como Internet, etc., y conforman el fondo para gastos comunes y cotidianos del emprendimiento.

Para retornar a la presencialidad se adoptaron los protocolos de cuidado que restringen el encuentro de varias personas. Por lo tanto, ya no se realizaron asambleas conjuntas y la frecuencia de asistencia de lxs emprendedorxs se vio reducida para adecuarse a los cupos dispuestos según las características de cada espacio físico. Estas medidas concentraron aún más la toma de decisiones a cargo del equipo de trabajadorxs de la salud.



Operadora comunitaria y estudiante de psicología rotante, cortando cerámicos para arreglar el piso.



Operador comunitario y emprendedora limpiando la vereda para pintar la necesaria señalización de estacionamiento exclusivo para personas con discapacidad.

2.3 Transformaciones y fortalecimiento del trabajo en equipo

Tras acompañar y participar semanalmente de los dos emprendimientos durante algunos meses, se distingue el trabajo en equipo como aspecto crucial para la organización y desempeño del emprendimiento. Las dinámicas de organización tienen “base” en el diálogo de los equipos de trabajadorxs de salud, que en interacción cotidiana con lxs emprendedorxs se denominará aquí “trabajo en equipo interior”; por su parte, “trabajo en equipo exterior” hará referencia a la articulación con la Asociación Civil

Alibuen Patagonia,² la Red de cooperativas sociales³ y otros espacios de colaboración conjunta.

Los equipos de trabajadores de salud disponen de una hora cotidiana y un día semanal para la notificación y deliberación de acontecimientos y decisiones. En el caso de El Caldero, durante un tiempo solo se encontraron como equipo de trabajadorxs de salud durante una hora, previa a la llegada de lxs emprendedorxs y llegado el momento, consideraron necesaria la implementación de un día en particular para extender dichos encuentros, similar a lo que ya venía haciendo el equipo de Quenuir.

¿Por qué resultan necesarias las reuniones del equipo de salud y qué sucede en ellas? Considerando el rol del equipo en diálogo de saberes dentro del dispositivo de salud, los espacios de reunión permiten deliberar las situaciones emergentes, que pueden afectar en general o en particular a ellxs o a lxs emprendedorxs, para así reflexionar y diseñar posibles estrategias de acompañamiento y resolución de conflictos. Los días destinados a las reuniones, las coordinadoras suelen idear dinámicas de grupo que incorporan la expresión artística y corporal; se da lugar a la catarsis y la reflexión, que aporta a la construcción de sus vínculos como compañerxs. La atención afectiva se practica primero en los equipos de trabajadores de salud, por lo que dan particular importancia al poder afrontar sus diferencias o establecer acuerdos grupales; puntos en común con los que continuarán trabajando en equipo hacia el “interior” y “exterior” de los emprendimientos.

Durante el tiempo en el que participé, sucedieron cambios en la conformación de ambos equipos. En Quenuir se sumó una nueva operadora

2 Esta organización busca favorecer la inclusión social de personas en situación de vulnerabilidad psicosocial en la provincia de Chubut. Tiene como objetivos: potenciar la capacidad de cada persona para aprender un oficio y adquirir habilidades que le permitan comenzar un emprendimiento propio sobre la base de la economía social y solidaria; abogar por la creación de una legislación provincial de empresas sociales de salud mental que garantice el respeto a los derechos humanos y el cuidado del medio ambiente; gestionar y desarrollar programas de promoción de la salud mental y la prevención de problemáticas psicosociales en la provincia.

3 Red conformada por cooperativas y emprendimientos de integración socio-laboral de salud mental, universidades nacionales, asociaciones civiles y federaciones del sector del cooperativismo.

comunitaria con conocimientos en agricultura, que motivó la diversificación de propuestas incluyendo el proyecto de construcción de un invernáculo al dispositivo. Y en El Caldero, el tallerista especialista en alfarería se trasladó de dispositivo dentro del área de Salud Mental del Hospital Zonal de Esquel. Estos cambios en las conformaciones de los equipos son el resultado de acuerdos y decisiones personales y grupales que generan transformaciones en diversos aspectos. Debido a la propia cualidad de la modalidad “trabajo en equipo”, cada participación (aunque no imprescindible) representa un aporte único y es el constructo final, más que la suma de sus partes.

Si bien todxs las personas del equipo “base” participan en el “interior” del emprendimiento mediante los espacios de producción conjunta y cotidiana, son principalmente las coordinadoras las que se dedican al trabajo en equipo vinculado al “exterior”, en actividades caracterizadas por la promoción y sosten de articulaciones en red.

Las transformaciones en Quenuir se evidencian en su cambio de logo, que fue el resultado del trabajo en equipo “exterior” a partir del aporte de una diseñadora voluntaria de Buenos Aires. Esta transformación visual se corresponde con los procesos en el “interior”, mediante los cuales el equipo “base” identificó la necesidad de incorporar más opciones que diversificaran las actividades propuestas a lxs emprendedorxs. Actualmente, además de la producción artesanal en fieltro, desarrollan actividades de producción de panificados y huerta.



Primer logo del emprendimiento.



Logo renovado en el año 2020.

Gracias al trabajo realizado desde la Asociación Civil Alibuen, los emprendimientos que la conforman lograron contar con servicio de Mercado Pago a fines de 2020. Para aprovechar la temporada navideña, diseñaron y produjeron un combo de mate (realizado por El Caldero, Trevelin), bombilla (realizada por Hilando Caminos, Trelew) y mantel individual de fieltro (realizado por Quenuir, Esquel). En cada uno de los tres emprendimientos se produjeron 45 piezas y se comercializaron 15 combos, además de poner en práctica el uso del nuevo sistema de cobro.



Flyer para la difusión de la promoción navideña.

3. Consideraciones finales

El trabajo interdisciplinario de la economía social y solidaria y la terapia ocupacional en los emprendimientos sociales provee criterios de organización y

cuidado, que resultan eficaces para responder conjuntamente ante las necesidades emergentes. Su encuentro las respalda mutuamente: mientras que la primera apoya aspectos organizativos en cuanto a la producción y comercialización, que a su vez tengan en cuenta el cuidado de la salud y la promoción de bienestar generando puestos de trabajo saludables, la segunda incluye criterios para la promoción de cuidados y organización cotidiana, así como propuestas de dinámicas grupales y entrenamiento de habilidades, que a su vez permitan sostener las actividades necesarias para el emprendimiento económico productivo.

Todas las participaciones hacen a los emprendimientos sociales. Estos están cotidianamente compuestos por innumerables contribuciones comunitarias tanto locales como a distancia, que construyen el *trabajo en equipo*. Al valorar el *diálogo de saberes*, existe apertura y disposición que invita y predispone a la participación de diversas personas, ya que entienden que todos los aportes hacen a la construcción colectiva. Es por eso que también reciben a estudiantes, residentes y rotantes de distintos lugares, incentivándolxs a involucrarse y posibilitando procesos de enseñanza y aprendizaje mutuos y horizontales.

Al entender los aspectos económicos como factores determinantes para la accesibilidad, es necesario continuar fortaleciendo y multiplicando el desarrollo de propuestas semejantes, con el objetivo de producir ingresos acordes y generar puestos de trabajo genuinos para las personas con problemáticas de salud mental y/o vulnerabilidad social que los necesiten. Los aspectos de cuidado y promoción de bienestar correspondientes a los dispositivos de salud pública son prioritarios, por lo que estas propuestas resultan óptimas, brindan espacios de contención, construcción de lazos sociales y aportan a la producción de *salud mental comunitaria*.

Referencias

- Cardini, L. (2007). *Reflexiones que convergen: aproximaciones a la producción artesanal indígena en la ciudad de Rosario*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- Dabas, E., Casserly, P. y Lemus, J. (2009). *Salud y Redes*. Ministerio de Salud de la Nación Argentina.

- Freytes, M. (2009). *Red de Servicios Socio-sanitarios*. Escuela Bienal de Especialización para Operadores de Empresas Sociales. Trelew, Chubut.
- Kielhofner, G. (1983). El arte de la terapia ocupacional. *Health through Occupation: Theory and Practice in Occupational Therapy*. Filadelfia: F.A. Davis Company.
- Sena, S. (2017). *La economía social y solidaria como un aporte a la salud comunitaria*. Quilmes: Editorial Posgrado UNQ.
- De Sousa Santos, B. (2018). Introducción a las epistemologías del sur. En B. de Sousa Santos (comp.), *Construyendo las Epistemologías del Sur (Vol. II, Para un pensamiento alternativo de alternativas)*. Buenos Aires: CLACSO.

LA VULNERABILIDAD DE LAS MUJERES EN ENTORNOS VIRTUALES. RETOS DE LA LEGISLACIÓN NACIONAL

CLARA MASCIULLI Y BELÉN CHILANO¹

Resumen

En muchos casos, las redes sociales presentan importantes beneficios y se constituyen como herramientas aliadas para la lucha por el empoderamiento de las mujeres (Orizaga Inzunza, 2017). Pero también pueden configurarse como escenarios donde se profundizan acciones de discriminación y agresión hacia el género femenino. Así, en la actualidad, la violencia virtual es tan real y preocupante como la que se ejerce en la vida *offline* (Serrano-Barquín y Ruiz Serrano, 2013).

La violencia de género digital es definida como todo tipo de violencia que esté mediada por una tecnología (Demirdjian, 2019; Zerda, 2018). Se trata de un fenómeno cada vez más frecuente, ya que el 73% de la población de mujeres en el mundo ha experimentado algún tipo de ciberviolencia, según un informe de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) publicado en 2015.

El sistema normativo de la Argentina, en cumplimiento con las convenciones y tratados internacionales ratificados, más la lucha de los movimientos de mujeres/feministas (Gil, 2019), cuenta con la Ley Nacional N°26.485, que incluye la “violencia simbólica” dentro de los tipos de violencia de género, y

1 Instituto de Política y Gobierno, Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA), Junín (CP: 6000), Buenos Aires, Argentina. Correo: clara.masciulli@hotmail.com

como una modalidad la “violencia mediática”, pero no considera específicamente las agresiones efectuadas de manera virtual.

La falta de especificidad genera posturas contrapuestas sobre el marco normativo de la violencia digital. Algunos autores la consideran como una modalidad de las ya previstas en la ley 26.485, especialmente como violencia mediática, entendiendo que esta se adecúa a las prácticas del ámbito digital. Otros autores postulan que la ciberviolencia es un “tipo” de violencia y no una modalidad, entendiendo que la vida digital no podría ser definida por exclusión o por analogía con ningún aspecto de los ya conocidos en el plano físico, así como tampoco podría entenderse como una “modalidad” de violencia, ya que las características de la digital y sus componentes requieren un tratamiento y abordaje autónomos (Zerdá y Demtchenko, 2018).

En este contexto, el presente trabajo se propone como objetivo general analizar el alcance de la legislación argentina respecto de la violencia de género contra la mujer ejercida en los entornos digitales. A estos fines, también se busca: describir las formas que adquiere la violencia de género digital, analizar el alcance de la violencia simbólica y la violencia mediática, evaluar la ley 26.485, exponer el alcance del Código Penal en la materia y considerar los proyectos de ley presentados sobre la temática.

Palabras clave: violencia de género, ciberviolencia, legislación.

1. Violencia de género en los entornos virtuales

La violencia contra las mujeres es un fenómeno histórico, global e integral, en el que aparecen violencias latentes que Internet visibiliza, dando la posibilidad de debatir y repensar la legitimación o el poder que tienen las víctimas, y cómo opera la impunidad de los agresores en los entornos digitales (Demirdjian, 2019). A lo largo de la historia, la mujer fue sometida a la cultura machista y se ha perpetuado la desigualdad entre el hombre y la mujer, cuestión que en la actualidad también se ve reflejada en el uso de las TIC (Barrera, 2017). Los estereotipos tradicionales que existen en las relaciones sociales entre hombres y mujeres, con valores sexistas, se proyectan en

la violencia de género ejercida en el mundo de Internet y las redes sociales (Torres et al., 2013). Así, la violencia contra las mujeres supone una nueva forma en lo digital, con las mismas características de la realidad *offline*, basada en la desigualdad y el sexismo; pero adquiriendo un nuevo formato y facilidad de reproducción propia de las nuevas tecnologías (Estébanez, 2013). El efecto multiplicador de los mensajes que se transfieren en las redes sociales promueve el sostenimiento de creencias e ideas de odio y desprecio hacia las mujeres, que alimentan los preceptos machistas y conforman un discurso violento y sexista hacia estas (García Rosales, citado en Fernández, 2017).

Cabe agregar que las mujeres llevan la carga social impuesta por el patriarcado de responder a distintos parámetros y estándares sociales sobre la imagen, la conducta, el desenvolvimiento diario y las elecciones de vida, que las tornan absolutamente vulnerables cuando se expone su intimidad o su faceta privada (Fundación Activismo Feminista Digital, 2017). En palabras de Vaninetti: “Las mujeres frente a la irrupción vertiginosa de las TIC, se hallan altamente vulnerables y en una posición desventajosa, potenciada por las características del medio y de las tecnologías involucradas” (2018, p. 21). Esto hace que la magnitud del daño que se les ocasiona encuentre apoyo en el anonimato que proporciona Internet, generando en la víctima una sensación de impunidad y desasosiego frente a la facilidad de difusión y reproducción de contenidos, cuyo acceso puede ser constante, careciendo de horarios y de barreras geográficas (Vaninetti, 2018).

En este sentido, la ciberviolencia de género es entendida como todo tipo de violencia que esté mediada por una tecnología (Demirdjian, 2019), siendo un fenómeno con impacto en la vida de las mujeres, presente en la actualidad y cada vez más frecuente. De hecho, un informe de la Organización de las Naciones Unidas sobre esta temática, publicado en 2015, asegura que el 73% de la población de mujeres en el mundo ha experimentado algún tipo de ciberviolencia. Barrera y Rodríguez (2017) enuncian que la violencia de género digital es aquella que surge con la tecnología, son actos de violencia de género cometidos, instigados o agravados, de forma parcial o total, por el uso de las TIC, plataformas de redes sociales y correo electrónico. Canet y Martínez

(citados en Fernández, 2017), por su parte, añaden que la violencia de género *online* posee características que la diferencian de la violencia tradicional ejercida *offline*, y que se relaciona con la existencia de un mayor número de perpetradores, con una mayor impunidad de estos y con un aumento del daño para las víctimas como consecuencia de una mayor propagación de los actos.

1.1 Modalidades de violencia de género digital

Múltiples son las prácticas que pueden englobarse dentro de lo que se considera ciberviolencia (Vaninetti, 2018). A continuación, se identifican las principales.

Una de las formas en que se perpetúa esta violencia es mediante el *ciberacoso*, una forma de limitación de la libertad que genera dominación y relaciones desiguales entre hombres y mujeres, mediante estrategias humillantes que afectan la privacidad e intimidad de la víctima. Las mujeres jóvenes suelen ser más vulnerables al daño del ciberacoso por la desigualdad en la consideración y valoración social a la que generalmente se someten sus comportamientos e imágenes (Torres et al., 2013).

Otra de las maneras en que se manifiesta la violencia de género es mediante el *cibercontrol*, que acontece con la vigilancia continuada de las actividades que la mujer realiza en la red, por ejemplo: los comentarios, los *likes*, las fotos que comparte o incluso su localización. Además, por parte de la pareja, puede manifestarse en el acto de exigir explicaciones sobre sus publicaciones o amistades, exigir contraseñas de sus redes sociales y hasta prohibir el uso de las plataformas, bajo el pretexto de acciones de confianza (Estébanez, 2013). Esto puede, a su vez, derivar en hechos como “la amenaza de la publicación no consentida de imágenes íntimas o sextorsión; o en conductas intrusivas y no deseadas (*stalking*)” (Pérez Vallejo, 2019, p. 49).

Así, entre los tipos de agresiones sociales que tienen lugar en el mundo *online*, también se incluyen: la *suplantación de identidad*, que se caracteriza por el uso o falsificación de la identidad de una persona sin su consentimiento, que se da a través de la creación de perfiles o cuentas falsas; usurpación

del sitio, nombre o datos que refieran a la persona; hacerse pasar por una persona, incluso usando su propia cuenta para hacer comunicaciones; robo de identidad, dinero o propiedad (Barrera, 2017). El *grooming*, que hace referencia a las técnicas practicadas deliberadamente por un adulto –a través de Internet– para establecer una relación de confianza con un menor, ejerciendo un control emocional sobre este, con el objetivo final de concretar un abuso sexual (Ojeda Martínez, 2018). El *sexting* se define como el intercambio voluntario de imágenes, videos o mensajes íntimos de contenido sexual a través de dispositivos tecnológicos, especialmente por medio de telefonía móvil (Ojeda Martínez, 2018). Si bien el *sexting* no constituye una conducta dañosa en sí, puede generar perjuicio en el caso de que la persona receptora del contenido lo reenvíe a otros/as y lo difunda de manera generalizada a través de cualquier sitio web o red social, provocando un grave daño a los derechos de la víctima (Ojeda Martínez, 2018).

De esta manera, Internet posibilita múltiples formas de agresión y acoso, con características propias: la facilidad de acceso desde cualquier dispositivo, la posibilidad de ejercer violencia manteniendo distancia geográfica; la falta de control por parte de la víctima, debido a la mayor exposición; y su cualidad de ser para siempre, ya que cada acto ofensivo queda disponible de manera permanente en la red (Rebollo Catalán y Donoso Vázquez, 2018). Estos actos de violencia por razón de género contra las mujeres en línea pueden dar lugar a daños o sufrimientos psicológicos, físicos, sexuales o económicos en las mujeres (Informe Naciones Unidas, 2018). El riesgo de daños deriva de los contenidos, como imágenes sexistas, degradantes y estereotipadas de la mujer o pornografía, entre otros; y de los comportamientos en el espacio virtual, ya sea acoso moral, hostigamiento criminal o intimidación (Informe Naciones Unidas, 2018).

2. Marco normativo respecto de la violencia de género digital en la Argentina

Los instrumentos internacionales y regionales de derechos humanos establecen las obligaciones de los Estados de adoptar los mecanismos

correspondientes en pos de combatir todas las formas de discriminación contra la mujer, incluida la violencia en línea, y de proteger, además, sus derechos humanos, en especial el derecho de toda mujer a no ser objeto de violencia (Informe Naciones Unidas, 2018). Así, los Estados tienen el deber de tomar las diligencias necesarias a fin de prevenir, investigar y castigar los actos de violencia contra la mujer (ibíd.). Sin embargo, lo cierto es que muchos Estados no disponen de un marco jurídico integral con disposiciones específicas sobre la violencia digital, lo que provoca múltiples obstáculos para el acceso a la justicia de las mujeres víctimas y les otorga a los autores una sensación de impunidad (ibíd.).

2.1 Ley 26.485

El Estado argentino, en cumplimiento con las convenciones y tratados internacionales ratificados y en consonancia con la lucha de los movimientos de mujeres/feministas (Gil, 2017), sanciona en su legislación nacional la violencia contra la mujer, aunque progresivamente se van incorporando nuevos tipos y modalidades específicas. En 2009 se aprueba la ley 26.485 denominada “Ley de Protección integral para prevenir, sancionar y erradicar la violencia contra las mujeres en los ámbitos en que desarrollen sus relaciones interpersonales”. En ella se define la violencia contra la mujer en el artículo 4 como:

...toda conducta, acción u omisión que, de manera directa o indirecta, tanto en el ámbito público como en el privado, basada en una relación desigual de poder, afecte su vida, libertad, dignidad, integridad física, psicológica, sexual, económica o patrimonial, como así también su seguridad personal. Quedan comprendidas las perpetradas desde el Estado o por sus agentes. Se considera violencia indirecta, a los efectos de la presente ley, toda conducta, acción u omisión, disposición, criterio o práctica discriminatoria que ponga a la mujer en desventaja con respecto al varón.

Asimismo, en el artículo 5 quedan especialmente comprendidos seis tipos de violencias contra las mujeres: física, psicológica, sexual, económica y patrimonial, simbólica y política; esta última incluida por la modificación de

la ley 27.533. Y, posteriormente, en el artículo 6, se ubican las modalidades de violencia: doméstica, institucional, laboral, contra la libertad reproductiva, obstétrica, mediática y en el espacio público, incorporada esta última por la modificación de la ley 27.501.

De ello se evidencia que no se menciona de forma taxativa –ni como tipo ni como modalidad– la violencia ejercida en espacios digitales, aun cuando está comprobado que tres cuartos de las mujeres en línea se han visto expuestas a alguna forma de violencia cibernética (Frydman, 2018). Por este motivo, distintos autores consideran que se encuentra receptada en el tipo de violencia simbólica o en la modalidad de violencia mediática.

La violencia simbólica es definida por la ley como “la que, a través de patrones estereotipados, mensajes, valores, íconos o signos transmita y reproduzca dominación, desigualdad y discriminación en las relaciones sociales, naturalizando la subordinación de la mujer en la sociedad” (art. 5, inc. 5). La violencia simbólica contra las mujeres está constituida por la emisión de mensajes, íconos o signos que transmiten y reproducen relaciones de dominación, desigualdad y discriminación que naturalizan o justifican la subordinación y la violencia contra las mujeres en la sociedad (Martínez, 2011).

En tanto, la modalidad de violencia mediática se encuentra definida en el artículo 6 inciso f de la ley 26.485 como:

...aquella publicación o difusión de mensajes e imágenes estereotipados a través de cualquier medio masivo de comunicación, que de manera directa o indirecta promueva la explotación de mujeres o sus imágenes, injurie, difame, discrimine, deshonre, humille o atente contra la dignidad de las mujeres, como así también la utilización de mujeres, adolescentes y niñas en mensajes e imágenes pornográficas, legitimando la desigualdad de trato o construya patrones socio-culturales reproductores de la desigualdad o generadores de violencia contra las mujeres.

Por lo tanto, la violencia mediática es una forma de violencia simbólica que utiliza los soportes mediáticos y los códigos periodísticos para reproducir la discriminación hacia la identidad de mujer (Morales, 2010).

Sin embargo, ni la violencia simbólica ni su modalidad de violencia mediática abarcan la violencia en espacios digitales, ya que la primera solo se refiere a patrones estereotipados, mensajes, valores, íconos o signos naturalizando la subordinación de la mujer en la sociedad dejando sin regulación a figuras tan comunes como el ciberacoso, el *grooming* (vinculado con la pederastia), la pornografía, el *sexting*, la trata de personas y la difusión de imágenes íntimas sin consentimiento; y la segunda tiene un abanico más amplio en cuanto a los casos que regula pero solo respecto de los medios masivos de comunicación, dejando de lado las redes sociales, que son el espacio donde más violencia digital se sufre (ADC, 2017).

2.2 Código Penal Nacional

Por lo general, las agresiones en medios digitales se asocian a situaciones que en muchos casos no cuentan con autonomía conceptual; pero otras sí y se expresan generalmente en anglicismos asociados a ciertos fenómenos tecnológicos, que con el tiempo devienen figuras típicas penales y son especialmente estudiados por el derecho criminal (Wierzba y otro, 2020). Así es que, en el Código Penal Nacional, se observa la recepción de distintas figuras como:

- La producción, distribución, facilitación, comercialización, divulgación y/o tenencia de material de explotación sexual infantil, penando a quien produjere, finanziare, ofreciere, comerciare, pubblicare, facilitare, divulgare o distribuyere, por cualquier medio, toda representación de un menor de dieciocho (18) años dedicado a actividades sexuales explícitas o toda representación de sus partes genitales con fines predominantemente sexuales, al igual que el que organizare espectáculos en vivo de representaciones sexuales explícitas en que participaren dichos menores (conforme artículo 128 del Código Penal).

- *Grooming* o ciberacoso sexual infantil, el cual es definido como “el acoso sexual hecho por un adulto a un niño, niña o adolescente por medio de Internet u otros medios electrónicos” (conforme al art. 131 del Código Penal) (Wierzba y otro, 2020).
- Acceso sin autorización a un sistema o dato informático de acceso restringido, cometido por aquel que a sabiendas accediere por cualquier medio, sin la debida autorización o excediendo la que posea, a un sistema o dato informático de acceso restringido (art. 153 bis del Código Penal).
- Daño informático, el cual se produce cuando se altera, destruye o inutilizan datos, documentos, programas o sistemas informáticos (art. 183, 2º párrafo del Código Penal).
- Daño informático agravado, cuando el daño es producido a datos, documentos, programas, o sistemas informáticos públicos o bien, cuando se ejecutara en sistemas informáticos destinados a la prestación de servicios de salud, de comunicaciones, medios de transporte, etc. (art. 184, inc. 5º y 6º del Código Penal).

Sin embargo, como se advierte, no existen tipos penales específicos que sancionen conductas lesivas en los medios digitales respecto de la violencia de género.

2.3 Proyectos de ley

En la Argentina se han presentado distintos proyectos de ley respecto de la incorporación de la violencia de género contra las mujeres ejercida en los entornos digitales. Algunos de estos proponen modificar el Código Penal Nacional, como es el caso del proyecto de Luis Petri del año 2020, que tiene por objeto incorporar al Código Penal la figura de la pornovenganza, ya que, al estar ausente, carece de una respuesta específica que se ajuste a la magnitud de tal agravio.

Se debe considerar la habitualidad con la que el delito se genera debido al avance de las TIC, imposible de prever en la redacción originaria del código

y sus sucesivas modificaciones (Petri, 2020). Los ciberdelitos presentan algunas características que –por el medio en donde se realizan– los diferencia de otros delitos, destacándose la facilidad con la que los usuarios pueden publicar contenidos en las redes sociales que favorecen la violencia de género contra la mujer, ya que cualquiera –valiéndose de una identidad real o ficticia– puede compartir fotos o videos de carácter sexual en segundos, y sin ningún tipo de censura, multiplicando exponencialmente el perjuicio que quiere causar (Petri, 2020). Cabe mencionar que, según datos de la Asociación Argentina de Lucha contra el Cibercrimen (AALCC, 2019), en los últimos dos años hubo casi 650 denuncias por pornovenganza y alrededor de 3.500 por sextorsión, lo que muestra un incremento del 20 y 35%, respectivamente.

Otros proyectos de ley proponen modificar la ley 26.485 de Protección Integral de las Mujeres, incorporando la violencia digital. Así, en 2018, distintos legisladores presentaron un proyecto fundamentando que las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son una gran herramienta para promover el ejercicio de los derechos humanos, pero también resultan un terreno propicio para su amenaza y ataque. Según este proyecto de ley, la violencia machista en los entornos virtuales adquiere nuevas formas constantemente y aumenta velozmente, por lo que cualquier otra conducta que represente un real menoscabo al libre acceso y desenvolvimiento de las mujeres constituye un ataque hacia la dignidad digital de ellas. El rápido desarrollo de la tecnología puede dar lugar a diferentes y nuevas manifestaciones de violencia de género, por lo que el marco normativo debería ir adaptándose (Martínez, Carrizo et al., 2018).

3. Conclusiones finales

La violencia ejercida en el espacio digital se configura como una problemática social que impacta no solo en la víctima en particular, sino que tiene implicancias a nivel colectivo. Esta situación se genera porque atenta contra los valores de igualdad y equidad, y pone trabas en la construcción de una sociedad respetuosa con las mujeres y las diferentes identidades y expresiones de género. La ciberviolencia perpetúa en la

red la discriminación y desigualdad que impide el avance de una sociedad democrática.

Contra la violencia de género hacia las mujeres se han impulsado distintos mecanismos legales de protección, pero en ellos no se contempla de manera específica la violencia efectuada en los espacios digitales, como sí se propone en los más recientes proyectos de ley. Se evidencia, entonces, que la legislación argentina no incluye de manera taxativa las agresiones efectuadas en el mundo virtual, y las categorías que considera la Ley 26.485 como violencia simbólica y mediática no resultan suficientes ni acordes para contemplarlas. Por tanto, la carencia de especificidad y tratamiento por parte de la ley dejan en situación de indefensión los derechos de las mujeres víctimas de las conductas lesivas digitales.

En este contexto, y ante el grave incremento de agresiones y violencia en la red, es importante que las actuaciones jurídicas se perfeccionen en pos de otorgar herramientas y procedimientos de protección acordes, para evitar la impunidad de los agresores y la vulnerabilidad de las víctimas.

Más allá de lo desarrollado, es menester remarcar que las TIC también constituyen herramientas de ayuda para visibilizar y prevenir las agresiones contra la mujer, ya que la misma velocidad y facilidad que proporciona Internet para propagar la violencia se pueden destinar a desarrollar estrategias para combatirla. Las redes sociales son también plataformas aliadas para comunicar y construir una red más solidaria y diversa, donde promover la cultura del respeto, reconocimiento de los derechos de las mujeres, el fortalecimiento de su autoestima y su empoderamiento.

Referencias

- ADC (2017). Estado de violencia online contra las mujeres en Argentina. Informe presentado ante la Relatoría Especial de Naciones Unidas sobre violencia contra la mujer.
- Barrera, L V. y Rodríguez, C. (2017). La violencia en línea contra las mujeres en México. *Luchadoras MX*. Informe para la Relatora sobre Violencia contra las Mujeres Ms Dubravka Šimonović.

- Demirdjian, S. (2019). Más allá de la pantalla: la violencia de género digital tiene consecuencias reales en la vida de las mujeres. *La Diaria Feminismos*, 9 de octubre de 2019. <https://ladiaria.com.uy/feminismos/articulo/2019/10/mas-alla-de-la-pantalla-la-violencia-de-genero-digital-tiene-consecuencias-reales-en-la-vida-de-las-mujeres/>
- Estébanez, I. (2013). *Sexismo y violencia machista en la juventud. Las nuevas tecnologías como arma de control*. Ponencia en II Encuentro Internacional sobre Fundamentalismos y Derechos Sexuales y Reproductivos. San Sebastián, España.
- Fernández-Montaño, P. (2017). *Violencia de género en Twitter: análisis desde el Trabajo Social*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid, septiembre de 2017.
- Frydman, S. (2018). La alianza global de medios y género. En S. Chaher (comp.), *Argentina: medios de comunicación y género. ¿Hemos cumplido con la plataforma de acción de Beijing?* 1ª ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Comunicación para la Igualdad Ediciones.
- Fundación Activismo Feminista Digital (2017). *Informe relevo año 2017: consideraciones, características y datos no oficiales recabados sobre la problemática del acoso virtual de género*.
- Gil, A.S. (2019). La Ley Nacional sobre Violencia contra las Mujeres y su tratamiento en la prensa argentina: entre lo políticamente correcto y la elusión. *Periódico do Núcleo de Estudos e Pesquisas sobre Gênero e Direito Centro de Ciências Jurídicas - Universidade Federal da Paraíba* V. 6 - Nº 02
- Martínez, J. (2011). Violencia simbólica contra mujeres. *Revista Púeblos*. <http://www.revista-pueblos.org/old/spip.php?article2290>
- Martínez, S., Carrizo, A., Najul, C. et al. (2018). Proyecto de ley Protección Integral de las Mujeres- Ley 26.485. Modificación. Incorporando la violencia digital. <https://www.hcdn.gob.ar/proyectos/proyecto.jsp?exp=5968-D-2018>
- Morales, P. (2010). Violencia mediática y discurso periodístico: Las sutiles violencias mediatizadas. *Comunicación Alternativa y TICs con Perspectiva de Género*. <http://amarcargentina.org/wp-content/uploads/2010/05/Violencia-Medi%C3%A1tica.pdf>
- Naciones Unidas (2018). *Informe de la Relatora Especial sobre la violencia contra la mujer, sus causas y consecuencias acerca de la violencia en línea contra las mujeres y las niñas desde la perspectiva de los derechos humanos*. <https://undocs.org/pdf?symbol=es/A/HRC/38/47>
- Ojeda Martínez, L. (2018). *Análisis y soluciones para la prevención de la violencia ejercida a través de las TIC en jóvenes y niños*. Tesis de grado. Universidad de Valladolid.
- Orizaga Inzunza, I. (2017). Internet y género. ¿Una herramienta de empoderamiento para las mujeres? *Revista Electrónica del Instituto de Investigaciones Jurídicas y Sociales Ambrosio Lucas Gioja*, 19, 37-54.

- Pérez Vallejo, A. (2019). Ciberacoso sexualizado y ciberviolencia de género en adolescentes. Nuevo marco regulador para un abordaje integral. *Revista de Derecho, Empresa y Sociedad (REDS)*, 14, 42-58.
- Petri, L. (2020). Proyecto de Ley. Cámara de Diputados. <https://www4.hcdn.gob.ar/dependencias/dsecretaria/Periodo2020/PDF2020/TP2020/3763-D-2020.pdf>
- Rebollo Catalán, Á. y Donoso Vázquez, T. (2018). *Violencias de género en entornos virtuales*. Barcelona: Octaedro. <https://elibro.net/es/ereader/unnoba/116822?page=19>.
- Serrano-Barquín, R. y Ruiz Serrano, E. (2013). Violencia simbólica en Internet. *Ra Ximhai*, 9(3), 121-139. Universidad Autónoma Indígena de México. El Fuerte, México.
- Torres, C., Roble, J. y De Marco, S. (2013). El ciberacoso como forma de ejercer la violencia de género en la juventud: un riesgo en la sociedad de la información y del conocimiento. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, Centro de Publicaciones.
- Vaninetti, H. (2018). Género, estereotipos y violencia en las Tics. Problemática y desafíos. *Suplemento especial Género y Derecho*. Ed. La Ley.
- Wierzba, S. M. y Danesi, C.C. (2020). Violencia en las redes sociales. ¿Acciones judiciales o normas y algoritmos como clave para la prevención? <https://www.ented.net/post/violencia-en-las-redes-sociales>
- Zerdá, M. y Demtchenko, M. (2018). Violencia de género digital. *Revista Jurídica de Buenos Aires* - año 43 - número 97,133. UBA.

MODELOS INCOMPATIBLES EN BIOLOGÍA: EL CASO DEL IGNORADO MODELO DE CÉLULA

DANIELA E. IGARTÚA¹

Resumen

A lo largo del tiempo la visión de la ciencia y de la actividad científica se han modificado profundamente dentro de las comunidades científicas. Filósofos de la ciencia, docentes y científicos de diferentes campos se han enfrentado a cambios de paradigmas, que implicaron transformaciones profundas en la forma de pensar y entender la *realidad*.

En la actualidad, entre otras cosas y desde diferentes ámbitos, se sostiene que las teorías científicas no reflejan la *realidad*, sino que la representan. En este proceso de representación, se han presentado casos de modelos científicos incompatibles entre sí. Muchos de ellos se han descrito y comparado en los ámbitos de la física y la química, pero se ha debatido relativamente poco en torno a los modelos en biología.

En este trabajo, luego de una alusión a los modelos científicos, se presentan dos modelos biológicos para el sistema *célula*. El modelo dominante, utilizado actualmente por científicos y docentes, se conoce como *modelo de la membrana* y se basa en la individualidad de la célula otorgada por su membrana plasmática. El segundo modelo, al que adhiere un pequeño grupo de científicos, se conoce como *modelo protoplasmático* o

1 Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes.
daniigartua@gmail.com; daniela.igartua@unq.edu.ar

modelo del protoplasma y enfatiza la singularidad de la sustancia celular en su totalidad.

Considerando aportes del campo de la biología, al que se suman otros derivados de metaciencias –como la filosofía y la historia de las ciencias–, se comparan ambos modelos y se dejan planteadas preguntas abiertas. Asimismo, se abre un espacio para la reflexión de implicancias en la enseñanza universitaria considerando aportes de la investigación educativa en ciencias.

Palabras clave: modelos en ciencia, modelos incompatibles de célula, enseñanza de la biología.

1. Introducción

La ciencia se centra en el desarrollo de teorías, modelos, leyes que nos permitan comprender, interpretar, predecir y modificar nuestra *realidad*. Pero, a lo largo del tiempo, la visión de la ciencia y de la actividad científica se ha modificado profundamente dentro de las comunidades científicas. Filósofos de la ciencia, docentes y científicos de diferentes campos se han enfrentado a cambios de paradigmas, que conllevaron transformaciones profundas en la forma de pensar y entender la *realidad*; lo ocurrido en el campo de la Biología es un claro ejemplo. En la actualidad, entre otras cosas y desde diferentes ámbitos, se sostiene que las teorías científicas no reflejan la *realidad*, sino que la representan (Lombardi, 2010; Adúriz-Bravo, 2010). En palabras de Pozo y Monereo (2009): “La función del conocimiento científico es construir mapas de los territorios que queremos habitar” (p. 20). Los mapas –al igual que los modelos– no reflejan la realidad, sino que la esquematizan para ayudarnos a movernos por ella. Claro está que un territorio admite diversos mapas y que se trata de seleccionar el mapa más adecuado para cada propósito. Esta idea se hace extensiva a los modelos en ciencias.

A su vez, la formación de los docentes e investigadores en ciencia no presenta límites específicamente determinados, y las actividades desarrolladas por ellos deben ser realizadas a través del manejo conjunto, e idealmente imparcial, de contenidos históricos relevantes, además de los propios contenidos

científicos. Específicamente en la labor docente, cuando nos concientizamos sobre las decisiones que tomamos cada día y queremos fundamentarlas, encontramos la necesidad de conocimientos provenientes de muchas y muy diversas disciplinas, incluyendo la epistemología, la filosofía de la ciencia, la historia, la pedagogía, la ciencia cognitiva y la lingüística (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009). Todos estos conocimientos se relacionan con los de las disciplinas científicas a enseñar, para diseñar auténticas actividades escolares (Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003) y para reflexionar sobre el papel de la ciencia. El correcto balance entre estos *ingredientes* daría lugar a la *progresión* del conocimiento y a los necesarios cambios epistemológicos que mantienen la construcción sostenida de conocimientos científicos, permitiendo también su *transmisión* a las siguientes generaciones.

Con relación a los aportes de la historia de las ciencias, debe reconocerse que en el campo de las ciencias naturales existen ciertas limitaciones en la discusión de aspectos históricos relevantes, por ejemplo, en aquellos que dieron lugar a la contemporánea visión de los sistemas biológicos. Los aspectos históricos son trascendentales y necesarios para poder entender críticamente la construcción del pensamiento y conocimiento científicos. La falta de dicho *ingrediente* dificultaría el hecho de entender por qué razones determinadas visiones emergen como dominantes para explicar fenómenos biológicos, mientras que otras son ignoradas. Un ejemplo concreto de dicho fenómeno se discute en este trabajo, a través de la presentación de dos modelos celulares incompatibles entre sí.

Con respecto a la epistemología, la concepción de modelo como mediador entre teoría y *realidad* contribuye a erradicar cierto preconcepto epistemológico ingenuo acerca de la ciencia, según el cual una teoría científica es una *copia* de la realidad y su verdad se evalúa en función de la correspondencia entre ambas (Lombardi, 2010). Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009) advierten que en la enseñanza tradicional secundaria y universitaria resulta usual encontrar lo que se conoce como concepción icónica de los modelos. Según esta concepción, el modelo científico es una *copia* (a escala, estática, simplificada, bidimensional o cualquier otra variante por el estilo) de aquello

real que se está estudiando. Esta visión de la actividad científica es consecuencia de la fuerte impronta empiropositivista en la educación, que promueve a las y los estudiantes una imagen empobrecida de la naturaleza de la ciencia.

Asimismo, si bien se admite la relevancia de la idea de modelo en la ciencia y en su enseñanza, varios autores resaltan que la polisemia del término *modelo* constituye un obstáculo a la hora de aprehender el alcance de este concepto. Particularmente, en biología, la palabra *modelo* puede utilizarse para designaciones muy variadas, como por ejemplo: organismos concretos (como el pez cebra, *Danio rerio*) que son ampliamente utilizados debido a su fácil manejo y por ser representativos de otros organismos animales más complejos; objetos materiales que representan en forma simplificada a otras entidades (como los modelos a escala hechos con plástico y metal para representar moléculas); soluciones paradigmáticas a problemas empíricos (como el modelo de operón del gen codificante de la lactosa, enzima encargada de hidrolizar la lactosa); interpretaciones teóricas e idealizadas de la estructura o de mecanismos funcionales de procesos biológicos (como el modelo llave-cerradura de la acción enzimática); conjunto de ecuaciones que describen aspectos del comportamiento de sistemas biológicos complejos (como el modelo cinemático Michaelis-Menten para la determinación de la velocidad de la acción enzimática); programas de simulación en ordenador (como los programas de Vida Artificial); entre otros usos (Diéguez, 2013). En este sentido, intentar aproximarse a una definición de *modelo científico* es una demanda conceptual aceptada en la epistemología y necesaria también en la enseñanza de las ciencias (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009), sobre todo si se considera que los modelos –y no el núcleo proposicional de la teoría científica– son los que se presentan usualmente en los libros de texto escolares y universitarios destinados a formar a los nuevos docentes y científicos (Giere, 1992).

En este trabajo, considerando aportes del campo de la biología, al que se suman otros derivados de las metaciencias –como la filosofía y la historia de las ciencias–, se realiza, en primer lugar, una breve revisión sobre la idea

de modelo en ciencias. En segundo lugar, se presentan dos modelos incompatibles en biología: el modelo de la membrana y el modelo del protoplasma, ambos referidos al sistema *célula*. Se comparan ambos modelos y se dejan planteadas preguntas abiertas. Asimismo, se abre un espacio para la reflexión de implicancias en la enseñanza universitaria considerando aportes de la investigación educativa en ciencias.

2. Revisión de los modelos en ciencias

A lo largo de los siglos XX y XXI, pueden identificarse tres concepciones generales sobre las teorías científicas: las concepciones *clásica* (o *heredada*), *histórica* (o *historicista*) y *semántica* (o *modelo-teórica*) (Lorenzano, 2018). En la actualidad, filósofos de la ciencia y científicos coinciden en que la ciencia no es una disciplina objetiva ni es productora de verdades definitivas, sino que constituye una actividad profundamente humana desarrollada en un contexto histórico-cultural particular que condiciona dicha práctica. Asimismo, es aceptado que la ciencia busca establecer teorías científicas fácticas, que pueden ser definidas como “un conjunto de enunciados articulados deductivamente de modo tal que todos los enunciados pertenecientes a la teoría pueden derivarse lógicamente de ciertos enunciados adoptados sin demostración, las hipótesis de partida” (Lombardi, 1998, p. 9). Dichas hipótesis de partida identifican la teoría y brindan información sobre el material de trabajo, permitiendo contrastarlas con las observaciones realizadas empíricamente. Pero, en general, el sistema real al cual la teoría pretende referir o representar involucra gran cantidad de factores, dando lugar a un sistema demasiado complejo para su análisis y tratamiento directo. Asimismo, muchos factores suelen ser irrelevantes en función de las hipótesis de partida adoptadas, por lo cual pueden ignorarse en el tratamiento del sistema real sobre la base de la teoría en cuestión. Es por ello que los científicos suelen trabajar con sistemas simplificados: los *modelos* del sistema real, que son “entidades abstractas en las cuales se consideran como variables solo los factores relevantes en el sentido indicado, o se suponen ciertas características de los objetos inobservables que componen el sistema” (Lombardi, 1998, p. 9). Un modelo es

entonces una entidad conceptual o material que pretendemos que se comporte como afirma la teoría a la que refiere y pueda decir algo del sistema real. Por ello, los modelos no se derivan ni de la teoría ni de la realidad, sino que pueden ser entendidos como un mediador autónomo entre ellas (Accorinti y González, 2016; Oliva, 2019).

En este sentido, una teoría científica tiene como referente directo a un modelo del sistema en estudio, en lugar de al propio sistema real. Por ello, cuando una teoría fáctica es contrastada experimentalmente y no se obtienen los resultados previstos, el problema podría radicar en que la teoría no describe adecuadamente el modelo fáctico, pero además, en que el modelo no es pertinente o totalmente adecuado para dicho sistema real en algún aspecto. Es por ello importante considerar, tal como describe Olimpia Lombardi (1998), que para la construcción de modelos se suelen realizar alguna/s de las siguientes operaciones:

- Recortes del sistema real: se ignoran factores que intervienen en el sistema debido a que se los considera irrelevantes en función de las hipótesis de partida de la teoría.
- Simplificación del sistema real: se ignoran ciertos factores debido a que su incidencia se considera despreciable respecto de otros factores en la ocurrencia del fenómeno bajo estudio.
- Identificación por caso límite: se asimilan fenómenos en principio diferentes sobre la base de concebir uno de ellos como caso límite del otro.
- Postulación de entidades ideales: se representan ciertos elementos del sistema real a través de entidades abstractas, generalmente de carácter matemático o geométrico, a fin de facilitar su descripción.
- Postulación de estructuras: cuando en la práctica resulta imposible determinar la naturaleza y propiedades de los elementos del sistema real, se postula una cierta estructura interna y se definen las relaciones entre los elementos de tal estructura.

Esta diversidad de operaciones y sus posibles combinaciones permiten comprender que la relación entre el modelo y el sistema real no es puramente pictórica (Lombardi, 1998), sino que el modelo es una representación incompleta, aproximada, inexacta y simplificada del sistema que representa (Oliva, 2019). Además, cabe señalar que para un mismo sistema real, puede existir una multiplicidad de modelos que lo pretendan representar. Siguiendo las ideas de Pozo y Monereo (2009), para un mismo territorio podrían existir multiplicidades de mapas que lo esquematicen y que serán utilizados en función del propósito.

En la actividad diaria, la elección del modelo a utilizar depende del interés y de los objetivos del docente o científico. En este sentido, no es posible considerar que un modelo es mejor que otro de un modo absoluto, dado que depende de la relación entre el modelo, el sistema real y los objetivos específicos. De todos modos, se debe realizar un análisis crítico cuando existen dos o más modelos para un mismo sistema real y dichos modelos refieren a teorías distintas. En dicho caso, puede ocurrir que, dentro de la precisión requerida, ambas teorías puedan resultar empíricamente corroboradas a través de sus respectivos modelos; en tal caso, el docente/científico tenderá a trabajar con la teoría y el modelo más sencillos (Lombardi, 1998). Pero también puede ocurrir que para un mismo sistema real, dos modelos (y/o sus respectivas teorías) sean incompatibles, lo que significa que adjudican al mismo sistema propiedades que no puede poseer al mismo tiempo (Lombardi et al., 2016). En este segundo caso, se podría decir que al menos uno de los modelos no representa al sistema en sentido realista, pero es imposible especificar cuál de los modelos es el incorrecto, o si ambos son incorrectos.

Frente a esta situación de dos modelos incompatibles, se despliegan las tres alternativas descritas por Lombardi et al. (2016). La alternativa más inmediata consistiría en abandonar la pretensión realista y representacionista de los modelos, adoptando algún tipo de instrumentalismo respecto de ellos. La segunda alternativa sería abandonar el monismo ontológico en favor de un pluralismo ontológico que disuelva la incompatibilidad. En un trabajo previo, Lombardi y Pérez Ransanz (2012) detallaron que, para el pluralismo, las

propiedades incompatibles no serían propiedades del mismo sistema, sino de dos sistemas diferentes, cada uno de ellos configurados en función del aparato semántico con el cual se lo describa. La tercera alternativa sería permanecer anclados al realismo más tradicional, considerando que, frente a dos modelos incompatibles, uno de ellos representa más adecuadamente al sistema, siendo uno de los modelos el *modelo objetivo o realista*, mientras que el otro podría ser, en el mejor de los casos, un *modelo meramente instrumental* (Lombardi et al., 2016). El problema de la última alternativa radica en que no siempre existen motivos internos suficientes que legitimen una de las posturas, además de que podrían no existir motivos científicos para preferir uno de los modelos incompatibles por sobre el otro.

Lo más interesante de la existencia de modelos incompatibles es que dicha situación suele ser recurrente en la práctica científica, existiendo numerosos casos, en diversos ámbitos de conocimiento. Lombardi et al. (2016) exponen algunos ejemplos, como los casos de incompatibilidad entre los modelos de enlace de valencia y de orbital molecular; entre los modelos para el cálculo de electronegatividad; entre los modelos de estructura del núcleo atómico; y los modelos de mecánica estadística de Boltzmann y de Gibbs. Tanto estos ejemplos como la mayoría de los otros modelos estudiados hasta el momento refieren a las áreas de la Física y la Química; resulta de interés resaltar, en este punto, que, en comparación, muy poco se ha analizado y estudiado en el ámbito de la Biología. Y ello, quizás, debido a que la filosofía de la biología se ha retrasado en el tiempo respecto de la filosofía de sus contrapartes, o quizás porque muchos de los modelos incompatibles han sido ignorados o descartados sin un previo análisis profundo al respecto.

3. Modelos incompatibles en biología: modelos de célula

La concepción de la célula como constituyente individualizada y primordial de los seres vivos comenzó alrededor de 1840 con el surgimiento de la Teoría Celular, atribuida conjuntamente a las investigaciones que llevaron a cabo por separado los alemanes Matthias Schleiden, en botánica, y Theodor Schwann, en fisiología animal y vegetal. Estas propuestas fueron

posteriormente llevadas al campo de la patología celular por el médico Rudolf Ludwig Karl Virchow. La Teoría Celular se basa en tres principios fundamentales: 1) todos los seres vivos se componen de células (es decir, se sugiere que la estructura celular es el principio irreducible de la vida); 2) las funciones vitales de los organismos ocurren dentro de las células, siendo la célula la unidad fisiológica de la vida (o todos los organismos vivos comparten una esencia o principio que les permite diferenciarse de las entidades inertes; principio ancestral basado en los presupuestos teóricos del vitalismo); 3) toda célula proviene de otra célula, siendo una célula la unidad de origen de todos los seres vivos.

Contemporáneamente con la Teoría Celular, emergen dos escuelas de pensamiento para explicar la naturaleza de estas entidades. Una de ellas se centró en la membrana plasmática, mientras que la otra enfatizó la singularidad de la sustancia celular en su totalidad. La primera se convirtió en el modelo hoy dominante, y se conoce como *modelo de la membrana* (Alberts, 1998). La segunda fue ignorada o relegada por los científicos de la época, pero ha comenzado a ganar relevancia en la actualidad frente a nuevos resultados experimentales que no pueden explicarse en función del modelo dominante. Este segundo modelo se conoce como *modelo protoplasmático* o *modelo del protoplasma* (Ling, 1962). A continuación, se desarrollan y comparan ambos modelos, solo en la medida necesaria para manifestar la incompatibilidad entre ellos.

3.1 Modelo de la membrana

Se trata del actual modelo dominante. No se detallará en profundidad, dado que puede observarse en cualquier libro de biología general o biología celular (Alberts, 1998; Curtis y Schnek, 2008; Lodish, 2005; Alberts y Bray, 2006). Sin embargo, es importante resaltar aquí que este modelo contempla la célula como un sistema compartimentado por membranas semipermeables (al agua, a iones y a otras moléculas) que contienen en su interior agua en estado líquido, la cual actúa como un solvente pasivo para iones, moléculas y macromoléculas.

En esta visión, el rol de estas membranas es central en el funcionamiento de la maquinaria celular, siendo la actividad celular dependiente de la energía que se genera metabólicamente. Por ello, este modelo se basa en principios que emergen de la fisicoquímica de sistemas diluidos (incluyendo la teoría de soluciones ideales, cinética de acción de masas, concepto de difusión, entre otros) y en la noción de que la célula existe en un estado estacionario dependiente del consumo de energía (disipación de dicha energía). Asimismo, esta línea de pensamiento entiende que el agua intracelular y los solutos disueltos en ella existen en un estado comparable al de las soluciones diluidas.

Finalmente, es importante resaltar que el *modelo de la membrana* puede utilizarse para interpretar satisfactoriamente los cuatro tópicos principales de la fisiología celular: (i) control del volumen celular, (ii) distribución selectiva de solutos, (iii) permeabilidad selectiva de solutos y (iv) potenciales eléctricos celulares.

3.2 Modelo del protoplasma

En su forma más elaborada se la conoce como *Hipótesis de Asociación-Inducción* (Ling, 1962), y contempla la célula como un gel compartimentado centrando la atención en el rol del citoplasma celular. En este modelo las células se conciben como geles o sistemas coloidales que responden dinámicamente a las fluctuaciones del medio en donde se encuentran, ya sea amortiguándolas o amplificándolas cooperativamente. Este modelo considera que el medio intracelular se caracteriza por estar molecularmente hacinado, y propone que el agua intracelular no existe solo en estado líquido, sino que puede adoptar reversiblemente un estado intermedio entre agua sólida y líquida (Pollack, 2001 y 2013). Nótese que, a diferencia del modelo anterior, aquí el agua actúa como un elemento activo, alojando solutos y manteniendo organizado el metabolismo celular en un estado de baja entropía que se vuelve sensible a factores ambientales de formas muy definidas.

Como detallan Bagatolli y Stock (2016), este modelo comenzó a surgir en 1861, cuando Max Schultze pronunció su doctrina protoplasmática, según la cual una célula viva es un bulto de protoplasma sin membrana que contiene

un núcleo. Esta opinión fue luego apoyada por Thomas Huxley, quien luego declaró que el protoplasma constituye la base de la vida. Con el correr del tiempo, esta visión evolucionó sobre una sólida base apoyándose en las propiedades fisicoquímicas de los sistemas coloidales, es decir, basándose en las observaciones de que el comportamiento de la mayoría de los solutos dentro de las células no suele parecerse a su comportamiento en soluciones diluidas.

Aunque varias investigaciones contribuyeron de manera importante a estas ideas durante el siglo XX, la versión más completa de esta perspectiva fue provista en 1962 por Gilbert N. Ling, quien la llamó *Hipótesis de Asociación-Inducción* (Ling, 1962; Ling, 2001). La primera palabra, *asociación*, denota que los componentes principales de las células vivas (como proteínas, agua y iones) están en contacto cercano o asociados entre ellos, no están libres. Esta contradicción a la ampliamente aceptada creencia de que el agua y los iones en las células están libres, es revolucionaria. La segunda palabra, *inducción*, indica que las células vivas y sus constituyentes actúan como *máquinas electrónicas* donde la transferencia de energía se produce por repeticiones de propagaciones de polarización y despolarización eléctrica del agua (Ling, 2001). Es menester destacar que no hay una contraparte a la inducción en el *modelo de la membrana* de la célula viva.

Asimismo, en este modelo, las propiedades de las células se consideran propiedades emergentes de los sistemas supramoleculares organizados. Con propiedades emergentes nos referimos a las propiedades de un determinado sistema que surgen del funcionamiento colectivo de sus partes, pero desaparecen cuando estas se aíslan individualmente (Labarca y Lastiri, 2017). Estas propiedades emergentes del medio intracelular son reguladas por la acción de metabolitos, los cuales, a través de procesos de asociación e inducción, causan reversiblemente la polarización del agua intracelular y adsorción de iones sobre la matriz de macromoléculas que conforman el citoplasma celular, respondiendo al cambio del entorno. Esta visión disputa la idea de que todo proceso celular conlleve exclusivamente disipación de energía; es decir que este modelo, además, considera posible la ocurrencia de procesos adiabáticos donde, contrariamente a un proceso disipativo, no existe intercambio de energía con el medio.

La *Hipótesis de Asociación-Inducción* logra explicar los cuatro tópicos de la fisiología celular mencionados anteriormente. Asimismo, este modelo permite explicar el control de un estado vivo en reposo con actividades fisiológicas reversibles y con una muerte irreversible. De acuerdo con él, la vida es la existencia de un estado de reposo en el protoplasma, donde los tres componentes mayoritarios de la célula están en un equilibrio metaestable de asociación.

3.3 Comparación de los modelos y evidencias actuales

En resumen, el *modelo de la membrana* describe la célula como un sistema compartimentado por membranas semipermeables que contiene en su interior agua en estado líquido (solución diluida) y que requiere energía metabólica para mantenerse activo. Por otro lado, el *modelo protoplasmático* concibe a la célula como un gel (sistema coloidal) compartimentado, hacinado de macromoléculas, que contiene agua coloidal en un estado intermedio entre agua sólida y líquida, y que se mantiene en un estado de baja entropía capaz de responder dinámicamente al entorno en que se encuentra, incluso sin disipar energía.

Ambos modelos, aunque excluyentes e incompatibles entre sí, pueden explicar satisfactoriamente los paradigmas de la fisiología celular moderna y la mayoría de los resultados experimentales obtenidos hasta el momento. Ante tal situación, las personas que trabajan en ciencia y educación podrían optar por cualquiera de las tres alternativas posibles –detalladas por Lombardi et al. (2016) y mencionadas anteriormente en este trabajo– para seleccionar cuál de los modelos utilizar. Sin embargo, un análisis histórico denota que los científicos han ignorado el *modelo protoplasmático*, seleccionando el *modelo de la membrana* como modelo objetivo o más realista, que se ha convertido en el actualmente dominante. Dicho análisis no explica por qué razón determinados modelos o visiones emergen como dominantes para explicar fenómenos biológicos mientras que otros son ignorados o relegados, aunque no surgieron evidencias que los refuten. Esta actividad favorecería inevitablemente el surgimiento de dogmas y, su peligroso efecto colateral, el adoctrinamiento, que atenta directamente contra el pensamiento científico

crítico. Concretamente, a pesar de no existir axiomas o experimentos que refuten al segundo modelo, la *Hipótesis de Asociación-Inducción* ha sido silenciada, excluyéndose del material bibliográfico utilizado en la enseñanza de la biología e ignorándose en la práctica científica diaria. Esto ha ocurrido incluso cuando este modelo proporciona un marco teórico razonable para explicar observaciones experimentales que no se adecuan al modelo celular dominante.

Entre otros ejemplos, el *modelo protoplasmático* permite explicar el acoplamiento dinámico de las propiedades mecanoquímicas (o viscoelásticas) del citoplasma celular y las transformaciones químicas (metabolismo) en el interior celular. Además, permite explicar los resultados experimentales obtenidos recientemente. Por ejemplo, estudios realizados en suspensiones de células viables de levaduras durante el proceso de fermentación han confirmado que existe un fuerte acoplamiento entre la dinámica del agua intracelular, el proceso metabólico de glicólisis y el funcionamiento del citoesqueleto, el cual exhibe oscilaciones temporales (Thoke et al., 2015; Thoke et al., 2017). Asimismo, otros estudios sugieren la posible ocurrencia de procesos adiabáticos, observados a través de oscilaciones de temperatura durante dichos procesos metabólicos (Thoke et al., 2018), los cuales minimizan el consumo de energía del sistema. Estos resultados respaldan la idea de un interior celular altamente hacinado, coherente y ordenado con propiedades similares a un gel (Bagatolli y Stock, 2016; Thoke et al., 2018). Además, estos resultados experimentales confirman la predicción de un nuevo formalismo teórico propuesto por T. Heimburg (Heimburg, 2017), en el cual los sistemas termodinámicos isoentrópicos pueden mostrar oscilaciones acopladas en todas sus variables extensivas e intensivas, sugiriendo la ocurrencia de ondas adiabáticas. Es decir, todas estas observaciones están en armonía con el uso del *modelo protoplasmático* y no pueden explicarse a través del *modelo de la membrana*, presentando evidencia de un interior celular altamente estructurado y cercano al equilibrio, donde el consumo de energía es mínimo para mantener regímenes oscilatorios regulares.

Aunque el hacinamiento molecular en el interior de las células ha sido reconocido en las versiones actualizadas del *modelo de la membrana*, el agua

todavía se considera como un disolvente líquido. Otros trabajos publicados recientemente (Hyman y Simons, 2012; Patel et al., 2017; Dolgin, 2018) han comenzado a discutir nuevamente la posible relevancia del estado coloidal del citoplasma celular, pero sin hacer referencia alguna al marco teórico provisto por la visión protoplásmica o cuestionar siquiera el modelo canónico establecido. Por el contrario, en estos trabajos se propone la búsqueda de nuevos mecanismos en lugar de nuevos modelos (además de que ignoran los históricamente propuestos), reflejando las consecuencias del adoctrinamiento académico y de la ausencia de reflexión al respecto.

4. Implicancias del ignorado modelo de célula

En este trabajo, desde una visión más bien pluralista, se propone que ninguno de los dos modelos descritos debería ser ignorado a la hora de enseñar qué se entiende por *célula* o en la labor científica diaria. Por el contrario, las propiedades incompatibles explicadas anteriormente en cada uno de estos modelos se deben a que se está hablando de sistemas diferentes, cada uno de ellos configurado en función del aparato semántico con el cual se lo describe. Con esto, no se busca favorecer a ninguna de las dos escuelas, sino más bien equipararlas y esclarecer la existencia de un modelo celular hasta el momento ignorado, dado que ambos modelos pueden resultar igualmente adecuados en función de los intereses, objetivos y contextos en los cuales se los utilicen. Sin embargo, algunas cuestiones relacionadas fundamentalmente con mi labor como docente y científica me han llamado poderosamente la atención luego de conocer y leer al respecto del ignorado *modelo del protoplasma*. Los invito a reflexionar sobre estas cuestiones a continuación.

4.1 Posibles implicancias en la educación universitaria

Respecto de la educación en ciencias, como explican Gil Pérez y Vilches (2008), las y los docentes universitarios debemos contribuir a la construcción de conocimientos a través de la investigación y promover la construcción del cuerpo de conocimientos aceptado por la comunidad científica a las nuevas generaciones mediante la enseñanza. Sin embargo, ¿qué ocurre

cuando notamos que el cuerpo de conocimientos aceptado por la comunidad científica está dejando de lado modelos y teorías sin una adecuada justificación o debate al respecto? En este sentido, debemos ser conscientes de que nuestra práctica docente se ve enriquecida por aportes derivados de la didáctica de las ciencias, que hoy en día se constituye como una disciplina autónoma (Adúriz-Bravo y Mercé Izquierdo, 2002). Con esto me refiero a que la investigación y la reflexión sobre los procesos de enseñanza y de aprendizaje que particularmente ocurren en las carreras científico-tecnológicas permitirían generar estrategias superadoras como consecuencia de considerar diversos factores, tales como el modo en que se aprenden las ciencias, la naturaleza del conocimiento que se enseña y las finalidades de la enseñanza.

Es importante notar entonces que, como describe Oliva (2019), en la enseñanza mediada por modelos científicos se pueden identificar al menos cinco acepciones diferentes para el término *modelización*: 1) la modelización como progresión de modelos; 2) la modelización como práctica científica; 3) la modelización como competencia; 4) la modelización en su dimensión instrumental, y 5) la modelización como estrategia de enseñanza. A partir de las dos primeras concepciones, surgen dos cuestiones que deseo plantear para nuestra reflexión como docentes.

Cuestión 1: Con la idea de modelización como progresión de modelos se presupone que el estudiantado va construyendo y sofisticando sus modelos mentales paulatinamente a través de retroalimentaciones, preguntas, pistas, explicaciones y otro tipo de apoyos aportado por sus docentes, lo que permite avanzar hacia una comprensión más ajustada de la realidad (Oliva, 2019). Me pregunto entonces qué ocurre cuando, como docentes, no planteamos las retroalimentaciones, preguntas y otros apoyos necesarios para que realmente haya una modificación de los modelos mentales hacia comprensiones de la realidad que permitan una visión pluralista y una correcta comprensión de la idea de modelos en ciencias. Es decir, en este caso particular, ¿qué ocurre cuando decidimos exponer el modelo canónico de *célula*, en lugar de recurrir al debate de los presentados modelos incompatibles? ¿No estaríamos,

con esta actividad, sentando el precedente de que solo existe un modelo para cada sistema real y que todos los otros deben ser desestimados?

Cuestión 2: Por otro lado, la modelización como práctica científica se presenta como oportunidad para iniciar al estudiantado en prácticas científicas auténticas que impliquen la construcción, el uso y la revisión de modelos (Oliva, 2019). Me cuestiono entonces por qué en la educación universitaria en Biología no se tratan los casos de modelos incompatibles para los distintos sistemas reales estudiados, incluyendo los modelos de célula. Considero que la revisión de modelos incompatibles no solo permitiría ampliar la visión del estudiantado de la práctica científica, sino también ayudaría a formarlos como científicas/os capaces de reflexionar sobre su práctica y de no caer en el adoctrinamiento científico.

4.2 Posibles implicancias en la investigación científica

Como mencionaba anteriormente, conocer el ignorado *modelo del protoplasma* ha abierto nuevos interrogantes relacionados a mi labor como docente y científica. Las cuestiones vinculadas a la educación superior han sido discutidas en la sección anterior. Por ello, para culminar este trabajo plantearé dos cuestiones vinculadas a mi labor como científica, dejando preguntas abiertas al respecto, que espero la ciencia pueda responder en un futuro (no muy lejano).

Cuestión 1: Hasta el momento, se ha establecido que los medicamentos (drogas) que se consumen y prescriben cotidianamente cumplen su función en el tratamiento de condiciones o enfermedades gracias a su interacción con alguna molécula o macromolécula blanco del interior de un tipo especial de célula dentro de un organismo particular. Sin embargo, la ciencia ha fallado en desarrollar terapias realmente efectivas contra enfermedades que hoy en día nos interpelan, como lo son el cáncer, la enfermedad de Alzheimer, de Parkinson o el Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA). Asimismo, respecto de muchas drogas que se reconocen como efectivas en el tratamiento de enfermedades, se desconoce su mecanismo específico de acción. Me pregunto entonces si esta búsqueda fallida de nuevas drogas o mecanismos no se debe a que se

considera la célula como un sistema diluido y la droga como un desencadenante de acción al interactuar únicamente con una macromolécula en particular. ¿No podría ocurrir, según la visión protoplasmática, que las drogas ingresaran al protoplasma celular modificando la polarización de las moléculas de agua coloidales y dando lugar al proceso de inducción para modificar la forma en que las células responden a ese entorno? En ese caso, ¿no deberíamos comenzar a estudiar los efectos de las drogas sobre las propiedades del agua coloidal, en lugar de seguir buscando su macromolécula blanco?

Cuestión 2: Relacionado con lo anterior, muchos/as investigadores/as dedican su vida a dilucidar la estructura de las proteínas, con el fin de comprender cómo estas cumplen determinadas funciones dentro de las células (basados en la hipótesis de que toda estructura tiene asociada una función, hipótesis también cuestionada hoy en día) o con el fin de predecir qué moléculas (drogas) podrían modificar su función, si es que cumplen algún rol particular en el desarrollo de alguna enfermedad. Para este cometido, se purifican proteínas naturales o se sintetizan artificialmente utilizando métodos que incluyen la acción de solventes agresivos o muchísimos pasos de purificación, para luego estudiar la estructura en dos condiciones igualmente extremas: cristales sólidos de proteínas, utilizando métodos como la cristalografía, o en soluciones diluidas, a través de técnicas espectroscópicas o resonancia magnética nuclear. En ambas condiciones, las proteínas se hallarían en un estado no compatible con el modelo protoplasmático de célula, dado que estas macromoléculas no se encontrarían ni en estado sólido ni en condiciones diluidas, sino en un medio molecularmente hacinado donde el agua se comporta como agua líquida y sólida a la vez (agua coloidal). Por lo tanto: ¿la estructura de todas las proteínas que fueron dilucidadas hasta el momento corresponde *realmente* a la estructura que dicha macromolécula adopta en el interior celular?

5. Reflexiones finales

En este trabajo, luego de una alusión a la idea de modelos científicos, se presentaron dos modelos para el sistema real *célula* que resultan incompatibles entre sí, por otorgar características al sistema que no puede poseer al

mismo tiempo. Desde una visión pluralista, se equipararon los modelos y se esclareció la existencia del ignorado *modelo protoplasmático*, sin proponer la adopción de ninguno de ellos como el verdadero. Finalmente, se reflexionó sobre las implicancias de ignorar estos modelos incompatibles a la hora de la enseñanza y la práctica científica. En ese sentido, se concluye que debe romperse con las prácticas en el aula y laboratorio que promuevan visiones epistemológicas inadecuadas de las ciencias. En esta sociedad de la información cruzada, tal como describen Pozo y Monereo (2009), la meta de la enseñanza universitaria (en particular de la biología) no debería ser brindar al estudiante un único mapa ni darle un atlas universal que contuviera todos los mapas autorizados o verdaderos, sino enseñar las competencias necesarias para navegar, para moverse por nuevos territorios y emprender nuevos destinos, sabiendo elegir el mapa más adecuado para cada meta. De la misma manera, las personas que trabajamos en ciencia no deberíamos sesgarnos a la lectura del único mapa que tenemos de antaño, sino ampliar nuestra mirada y utilizar los mapas que más se adecuen a los objetivos del trabajo.

Agradecimientos

Este trabajo se gestó en el marco del curso “Problemas filosóficos de las ciencias particulares: Física, Química, Biología y Ciencias Formales” del Diploma de Posgrado en Enseñanza de las Ciencias en Carreras Científico-Tecnológicas de la Universidad Nacional de Quilmes, por lo que deseo agradecer a todo el equipo de docentes que lo motivaron (Dra. Olimpia Lombardi; Dr. Martín Labarca; Dr. Sebastián Fortin; Dra. Mariana Córdoba; Prof. Hernán Accorinti; Dr. Marcelo Losada). Asimismo, este trabajo se completó gracias al aporte de la directora del Diploma, Mg. Cristina Wainmaier, quien no solo me alentó a su escritura, sino que también contribuyó a la revisión del texto.

Referencias

Accorinti, H. L. y González, J. C. M. (2016). Acerca de la independencia de los modelos respecto de las teorías: un caso de la química cuántica. *Theoria: An International Journal for Theory, History and Foundations of Science*, 225-245.

- Adúriz-Bravo, A. (2010). Concepto de modelo científico: una mirada epistemológica de su evolución. En L. Galagovsky (comp.), *Didáctica de las Ciencias Naturales: El caso de los Modelos Científicos*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(3), 130-140.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4(3).
- Alberts, B. (1998). The cell as a collection of protein machines: preparing the next generation of molecular biologists. *Cell*, 92(3), 291-294.
- Alberts, B. y Bray, D. (2006). *Introducción a la biología celular*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Bagatolli, L. A. y Stock, R. P. (2016). The cell as a gel: material for a conceptual discussion. *Physiol. Mini Rev*, 9, 38-49.
- Curtis, H. y Schnek, A. (2008). *Biología*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Diéguez, A. (2013). La función explicativa de los modelos en biología. *Contrastes. Revista Internacional de Filosofía*, 18, 41-54.
- Dolgin, E. (2018). Cell biology's new phase. *Nature*, 555(7696), 300-302.
- Giere, R. (1992). *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (Edición original de 1988).
- Gil Pérez, D. y Vilches, A. (2008). Que deben saber e saber hacer los profesores universitarios?. *Novos enfoques no ensino universitario* (pp. 25-43). Vicerreitoría de Formación e Innovación Educativa.
- Heimburg, T. (2017). Linear nonequilibrium thermodynamics of reversible periodic processes and chemical oscillations. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 19(26), 17331-17341.
- Hyman, A. A. y Simons, K. (2012). Beyond oil and water—phase transitions in cells. *Science*, 337(6098), 1047-1049.
- Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12(1), 27-43.
- Labarca, M. y Lastiri, M. (2017). Relaciones interteóricas. En C. Vanney, I. Silva y J. Franck (eds.), *Diccionario Interdisciplinar Austral*. Buenos Aires: Instituto de Filosofía, Universidad Austral.
- Ling, G. N. (1962). *Physical Theory of the Living State: The Association-Induction Hypothesis*. Nueva York: Blaisdell, 680.

- Ling, G. N. (2001). *Life at the Cell and Below-Cell Level: The Hidden History of a Fundamental Revolution in Biology*. Nueva York: Pacific Press.
- Lodish, H. (2005). *Biología celular y molecular*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Lombardi, O. (1998). La noción de modelo en ciencias. *Educación en Ciencias*, 2(4), 5-13.
- Lombardi, O. (2010). Los modelos como mediadores entre teoría y realidad. En L. Galagovsky (comp.), *Didáctica de las Ciencias Naturales: El caso de los Modelos Científicos*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Lombardi, O. y Ransanz, A. R. P. (2012). *Los múltiples mundos de la ciencia: un realismo pluralista y su aplicación a la filosofía de la física*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno Editores.
- Lombardi, O., Accorinti, H. y Martínez, J.C. (2016). Modelos científicos: el problema de la representación. *Scientiæ Zudia, São Paulo*, 14(1), 151-174.
- Lorenzano, P. (2018). Leyes, modelos y teorías en biología. *Perspectivas*, 3(2), 55-88.
- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 5-24. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648>
- Patel, A., Malinowska, L., Saha, S., Wang, J., Alberti, S., Krishnan, Y. e Hyman, A. A. (2017). ATP as a biological hydrotrope. *Science*, 356(6339), 753-756.
- Pollack, G. H. (2001). *Cells, Gels and the Engines of Life: A New, Unifying Approach to Cell Function*. Seattle: Ebner & Sons.
- Pollack, G. H. (2013). *The Fourth Phase of Water*. Seattle: Ebner & Sons.
- Pozo, J. y Monereo, C. (2009). La nueva cultura del aprendizaje universitario o por qué cambiar nuestras formas de enseñar y aprender. En J. I. Pozo y P. Pérez Echeverría (comps.), *Psicología del aprendizaje universitario: La formación en competencias*. Madrid: Morata.
- Thoke, H. S., Olsen, L. F., Duelund, L., Stock, R. P., Heimbürg, T. y Bagatolli, L. A. (2018). Is a constant low-entropy process at the root of glycolytic oscillations? *Journal of Biological Physics*, 44(3), 419-431.
- Thoke, H. S., Thorsteinsson, S., Stock, R. P., Bagatolli, L. A. y Olsen, L. F. (2017). The dynamics of intracellular water constrains glycolytic oscillations in *Saccharomyces cerevisiae*. *Scientific Reports*, 7(1), 16250.
- Thoke, H. S., Tobiesen, A., Brewer, J., Hansen, P. L., Stock, R. P., Olsen, L. F. y Bagatolli, L. A. (2015). Tight coupling of metabolic oscillations and intracellular water dynamics in *Saccharomyces cerevisiae*. *PloS one*, 10(2), e0117308.

**BIOLOGÍA Y BIOQUÍMICA, CIENCIAS
DE LA SALUD, CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE LOS ALIMENTOS, MICROBIOLOGÍA Y
PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS**

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA ACTIVIDAD ANTICOAGULANTE E HIPOGLUCEMIANTE DEL PRIMER INHIBIDOR DE TRIPSINA REPORTADO EN SEMILLAS DE CHAÑAR

BRENDA OZÓN,¹ SANTIAGO CLAVER,¹ DANIELA LUFRANO,² ANA LAURA VICARIO,³ EVELINA QUIROGA,³ WALTER DAVID OBREGÓN,¹ JULIANA COTABARREN¹

Resumen

Los inhibidores peptídicos de proteasas (IPPs) son compuestos químicos de bajo peso molecular encontrados en tejidos y fluidos de animales, plantas y microorganismos. La potencialidad y eficacia terapéutica de los IPPs han sido reportadas para diferentes enfermedades. A pesar de esto, su uso como inhibidores de enzimas involucradas en desórdenes metabólicos ha sido poco estudiado, por lo que la búsqueda de nuevos agentes alternativos de origen natural que puedan ser aplicados en tales patologías se vuelve relevante. En particular, las fuentes vegetales de IPPs son un campo poco explorado, aunque muestran gran riqueza y diversidad. Motivado por la necesidad de encontrar nuevas especies de plantas que representen novedosas fuentes de proteínas, este trabajo pretende evaluar las semillas de chañar (*Geoffroea decorticans*) como nuevas fuentes de inhibidores de proteasas. En

1 Centro de Investigación en Proteasas Vegetales (CIPROVE), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.

2 Instituto Multidisciplinario de Biología Celular (IMBICE) - Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.

3 Laboratorio de Membranas y Biomateriales, Instituto de Física Aplicada (INFAP), Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional de San Luis-CONICET, San Luis, Argentina.

este estudio se presenta el aislamiento y purificación del primer inhibidor de tripsina termoestable de *G. decorticans* (GdTI), una proteína de 6743,7 Da con fuerte actividad inhibitoria ($K_i=2,1$ nM) aun luego de ser sometido a elevadas temperaturas y pHs extremos (100% de actividad luego de 5 h a 100 °C y 80% de actividad luego de 1 h a pH 2-12), lo cual lo convierte en uno de los inhibidores de serín proteasas más potentes de origen vegetal. Además, fue posible evidenciar que GdTI presenta actividad anticoagulante para las vías de coagulación intrínseca y extrínseca, siendo el primer inhibidor de origen vegetal con efecto sobre la vía extrínseca de coagulación. Finalmente, GdTI mostró actividad inhibitoria de α -glucosidasa ($IC_{50}= 0,18$ μ M), evidenciando su potencial como agente hipoglucémico. Los resultados de este trabajo sugieren que GdTI podría ser empleado como una droga antidiabética natural, debido a su actividad antitrombótica e hipoglucémica, alentando futuros estudios con impacto en su potencial aplicación biomédica.

Palabras clave: *Geoffroea decorticans*, inhibidor de tripsina, anticoagulantes, hipoglucemiantes.

1. Introducción

Las proteasas son enzimas que hidrolizan los enlaces peptídicos de las proteínas, desempeñando una gran variedad de acciones biológicas esenciales en organismos vivos (Rawlings et al., 2014). Los inhibidores peptídicos de proteasas (IPPs) son compuestos químicos de bajo peso molecular encontrados en tejidos y fluidos de animales, plantas y microorganismos. Son moléculas reguladoras que controlan la actividad de sus proteasas blanco, en algunos casos bloqueando su actividad exacerbada y descontrolada, con el objeto de prevenir la proteólisis indeseada. Los IPPs están extensamente distribuidos dentro del reino vegetal, generalmente en órganos de almacenamiento, como semillas y tubérculos (Valueva y Mosolov, 2004). Se cree que la función principal de los IPPs de plantas está asociada a los mecanismos de defensa y regulación de proteasas endógenas, pero también pueden funcionar como proteínas de almacenamiento (Mosolov et al., 2001). La actividad inhibitoria de los IPPs obedece a su capacidad de formar

complejos estables con las proteasas blanco, bloqueando, alterando o impidiendo el acceso del sustrato al sitio activo de la enzima mediante interacciones por puentes disulfuro, de hidrógeno o interacciones hidrofóbicas (Valueva y Mosolov, 2004).

El uso tradicional de los IPPs en biomedicina está referido a su acción sobre proteasas blanco que se encuentran sobreexpresadas en determinadas patologías. Su potencialidad y eficacia terapéutica ha sido reportada para diferentes enfermedades: autoinmunes, inflamatorias y respiratorias (Ottaviani et al., 2006), cardiovasculares y neurodegenerativas (tal como Alzheimer) (Wood et al., 2003) y han resultado ser útiles para el diseño de fármacos para prevenir la propagación de organismos que provocan enfermedades peligrosas, como el sida (Arribas et al., 2005), el cáncer (Clemente y Del Carmen Arques, 2014; Kennedy y Wan, 2002) y la malaria (Dash et al., 2003). Por este motivo, el control de la proteólisis ha surgido como una herramienta farmacológicamente eficiente, utilizando diferentes inhibidores de proteasa para tratar enfermedades infecciosas y sistémicas.

A pesar de todas las actividades biológicas (y sus posibles aplicaciones) mencionadas anteriormente, su uso como inhibidores de enzimas involucradas en desórdenes metabólicos ha sido poco estudiado. Varias alternativas terapéuticas han sido aplicadas en trastornos de hiperglucemia, con el principal propósito de reducir la hiperglucemia posprandial y las complicaciones microvasculares asociadas con la desregulación de los niveles de glucosa en sangre (Holman et al., 2008). En este contexto, la inhibición de la enzima α -glucosidasa –responsable de catalizar la liberación de glucosa de carbohidratos complejos– ha sido efectiva en reducir los niveles de glucosa en sangre (Johnson et al., 2011). Un ejemplo de estas enfermedades es la diabetes *mellitus*, que está caracterizada por hiperglucemia en asociación con una alteración en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas (Schmidt y Hickey, 2009). Tratamientos actuales que involucran el uso de drogas con actividad hipoglucemiante, aunque son efectivos, tienen serios efectos secundarios a nivel gastrointestinal (Manandhar Shrestha et al., 2017). Por su parte, es sabido que los eventos tromboticos debidos a la coagulación de la sangre

representan un problema serio en las enfermedades cardiovasculares (Goto y Tomita, 2013; Ishihara et al., 2014; Lindholm y Mendis, 2007). Aunque se ha usado la heparina para este propósito en los últimos 50 años, su utilización resulta en el desarrollo de trombocitopenia y respuesta inmune cuando se usa por mucho tiempo (Kim et al., 2013). Además, otras drogas anticoagulantes como la aspirina y clopidogrel resultan en serios efectos secundarios (Eikelboom et al., 2012), por lo que encontrar nuevos IPPs con actividad inhibitoria de la cascada de coagulación resultaría en una atractiva estrategia contra la trombosis. En este contexto, la búsqueda de nuevos agentes anticoagulantes e hipoglucemiante de origen natural es de gran interés y relevancia, dados su potencial uso e implicancia en terapias biomédicas relacionadas con estas enfermedades metabólicas.

Las proteasas, como la trombina, están involucradas en varios procesos, como la cascada de coagulación de la sangre (Haq et al., 2010). Las afecciones fisiopatológicas como el infarto de miocardio, el tromboembolismo venoso y el ictus implican una actividad inadecuada de la trombina (Huntington y Baglin, 2003; Stubbs et al., 1995). Se ha verificado la acción de IPPs con actividad antitrombina y en la regulación de la angiogénesis y de las calicreínas glandulares (Di Nisio et al., 2005; Pathak et al., 2013), promoviendo a los IPPs como una clase novedosa de moléculas en el campo del descubrimiento de nuevos fármacos (Winckers et al., 2013).

En particular, las fuentes vegetales de IPPs son un campo escasamente explorado, aunque muestran gran riqueza y diversidad. Tal es el caso de *Geoffroea decorticans*, un árbol presente en regiones áridas de Sudamérica cuyo nombre popular es chañar. Si bien esta especie vegetal ha sido investigada previamente en su composición química y propiedades nutricionales –como fuente de nutrientes esenciales–, los estudios de proteínas purificadas en esta especie son escasos. Es por ello que en este trabajo se plantea el aislamiento, purificación y caracterización de un nuevo IPP vegetal utilizando como material de partida una planta inédita que crece en nuestro país, el chañar (*Geoffroea decorticans*), que ha sido utilizada como planta medicinal y alimentaria por las diferentes culturas de nuestra región.

2. Materiales y métodos

2.1 Preparación de extracto crudo

El endocarpio leñoso de los frutos de chañar fue quebrado a mano con el fin de obtener sus semillas. Aproximadamente 10 g de semillas fueron lavadas con agua destilada y molidas usando una procesadora con agregado de 100 mL de buffer Tris-HCl 0,1 M, pH 7,5 en baño de hielo para evitar la posible desnaturalización de las proteínas. Luego de incubar durante 120 min a 4 °C, la mezcla fue filtrada con gasa y centrifugada por 30 min a 7,000 g a 4 °C. El sobrenadante clarificado (a partir de ahora: GdEC) fue recogido e inmediatamente congelado a -20 °C hasta el momento de su análisis. El contenido proteico y la actividad inhibitoria de tripsina fueron determinados como se describe en las próximas secciones.

2.2 Determinación del contenido proteico total

La estimación del contenido proteico se realizó por el método de Bradford (1976). Las curvas de calibración se confeccionaron utilizando albúmina de suero bovino (BSA) como estándar en el rango de 10-1000 µg/mL. Los volúmenes fueron adaptados para la lectura de absorbancia en placa de 96 pocillos (Lector de placas Tecan Infinite M200 Pro). Se realizó el blanco correspondiente utilizando el reactivo de Bradford. Todas las medidas se realizaron por triplicado, con la estimación de la desviación estándar correspondiente.

2.3 Determinación de la actividad inhibitoria de tripsina

La actividad de tripsina se determinó por el incremento en la absorbancia a 410 nm producto de la hidrólisis del sustrato BAPNA (N-alfa-Benzoil-DL-Arginina-4-Nitroanilida), mediante lecturas en intervalos de 30 segundos durante 10 min a 37 °C. Los volúmenes fueron adaptados para la lectura en placa de 96 pocillos (Lector de placas Tecan Infinite M200 Pro) en un volumen final de 200 µL.

La inhibición de tripsina causa una disminución en la velocidad de hidrólisis del sustrato, lo que se traduce en la atenuación de la pendiente de hidrólisis. Definimos una unidad inhibitoria de tripsina (1 UIT) como la disminución en 0,01 unidades de absorbancia a 410 nm en 10 min de ensayo, a 37 °C. Se determinaron los blancos de enzima y sustrato. Todas las medidas fueron realizadas por triplicado, con la estimación de la desviación estándar correspondiente.

2.4 Purificación

2.4.1 Purificación parcial mediante tratamiento térmico

Se realizó una purificación parcial del extracto crudo por aplicación de tratamiento térmico. GdEC fue sometido a un amplio rango de temperaturas (40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 °C) en un baño de agua por 30 min. Después de enfriar a temperatura ambiente, las proteínas desnaturalizadas térmicamente fueron removidas por centrifugación durante 30 min a 7,000 xg y 4 °C. Cada muestra obtenida fue llamada GdTT40, GdTT50, GdTT60, GdTT70, GdTT80, GdTT90 y GdTT100, de acuerdo con la temperatura de incubación usada, a las cuales se les determinó el contenido proteico y la actividad inhibitoria de tripsina.

2.4.2 Purificación mediante técnicas cromatográficas

2.4.2.1 Cromatografía de exclusión molecular

Como primer paso de purificación se realizó una cromatografía de exclusión molecular empleando un relleno de amplio rango de resolución. Para ello, una alícuota de 2 mL de GdTT90 (80 µg/mL) fue cargada en una columna Sephacryl-S100 HR (1,5 x 40 cm) previamente equilibrada con buffer Tris-HCl 0,1 M, pH 7,5 conectada al Äkta-Purifier (GE Healthcare). La elución fue realizada a una velocidad de flujo de 0,8 mL/min, monitoreando la absorbancia a 215 nm y 280 nm. Para conservar la columna, esta fue lavada con buffer Tris-HCl 0,1 M, pH 7,5 y posteriormente etanol 20%.

A cada una de las fracciones eluidas se les determinó la concentración de proteínas mediante el método de Bradford y la actividad inhibitoria de tripsina.

2.4.2.2 Cromatografía de afinidad a tripsina

Las fracciones provenientes de la exclusión molecular que presentaron actividad inhibitoria de tripsina fueron agrupadas y sembradas en una columna cromatográfica con tripsina inmovilizada (1,5 x 12 cm) previamente equilibrada con buffer Tris-HCl 0,1 M, pH 7,5 conectada al Äkta-Purifier (GE Healthcare). Las proteínas no retenidas fueron eluidas con el mismo buffer a una velocidad de 0,7 mL/min, midiendo la absorbancia a 280 nm hasta llegar a cero. A continuación, la fracción retenida fue eluida generando un descenso progresivo de pH, cambiando el buffer de elución por buffer glicina-HCl pH 2,6 para lograr la desestabilización del complejo tripsina-inhibidor. Las fracciones eluidas fueron neutralizadas por agregado de NaOH 1 M. Para conservar la columna, se lavó con buffer Tris-HCl 0,1 M, CaCl₂ 50 mM, pH 8 y posteriormente etanol 20%.

A cada una de las fracciones eluidas se les determinó la concentración de proteínas mediante el método de Bradford y la actividad inhibitoria de tripsina. El inhibidor de tripsina purificado fue nombrado GdTI (Inhibidor de tripsina de *G. decorticans*).

2.5 Caracterización bioquímica

2.5.1 Electroforesis SDS-PAGE

El extracto crudo de chañar y los tratamientos térmicos fueron analizados por SDS-PAGE con el objeto de determinar el grado de pureza del inhibidor de proteasa en los sucesivos pasos de purificación. Las muestras fueron preparadas en buffer de muestra (Tris 0,13 M, SDS 2%, β-mercaptoetanol 5% v/v, glicerol 8% v/v, azul de bromofenol 0,002% p/v, pH 6,8) e incubadas durante 5 min a 100 °C, luego sometidas a electroforesis desnaturizante a una corriente constante de 15 mA por gel empleando una cuba electroforética

Mini-Protean III (Bio-Rad, Hercules, CA 94547, USA) utilizando un gel de apilamiento 4% T, 3% C y un gel de resolución de 12% T, 3% C. Los geles fueron sometidos a tinción de plata siguiendo el protocolo de Chevallet et al. (2006).

2.5.2 Caracterización proteómica

2.5.2.1 Determinación del peso molecular por MALDI-TOF/MS

La masa molecular del inhibidor, así como su grado de pureza fueron determinados por Espectrometría de Masas MALDI-TOF (*Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization- Time Of Flight*) en el Centro de Estudios Químicos y Biológicos por Espectrometría de Masa de la Universidad de Buenos Aires (CEQUIBIEM).

Para el análisis, la muestra fue desalada por diálisis con filtros de 0,022 μm y mezclada a continuación con un volumen igual de solución matriz de ácido 3,5-dimetoxi-4-hidroxicinámico (ácido sinapínico). La mezcla muestra-matriz se depositó sobre una placa de siembra (MTP 384 de acero pulido de Bruker Daltonics), dejando secar a temperatura ambiente. Los espectros de masas fueron adquiridos en un espectrómetro de masas Bruker Daltonics Ultraflex MALDI-TOF (Bruker Daltonics, Billerica, MA, USA) operando en un modo lineal positivo. La calibración se realizó con calibradores peptídicos externos (mezcla de patrones Bruker Daltonics GmbH).

2.5.2.2 PMF MALDI-TOF/MS

La banda seleccionada de la electroforesis se cortó en trozos pequeños que se colocaron en un tubo *ependorf*, se lavaron con agua MilliQ y acetonitrilo al 50% varias veces para remover el colorante, y se secaron al vacío. Los fragmentos del gel se cubrieron con una solución de DTT 20 mM por 20 min a 60 °C, se centrifugaron y lavaron con acetonitrilo durante 5 min. Los fragmentos se incubaron en una solución de iodoacetamida 25 mM por 15 min a 37 °C y oscuridad, y se lavaron con agua MilliQ y acetonitrilo alternativamente. La digestión triptica se realizó con tripsina (4 ng/ μL) en buffer NH_4HCO_3 100 mM pH 8,5 durante 12 h a 37 °C. Los péptidos resultantes se

recuperaron por extracción con acetonitrilo al 50% (v/v) y luego fueron secados en un SpeedVac, y fueron finalmente redisueltos en TFA al 0,2% (v/v).

2.5.2.3 Determinación de la huella peptídica

El inhibidor purificado se analizó por huella peptídica (*peptide mass fingerprinting*, PMF), previa digestión trípica de una banda electroforéticamente homogénea (Obregón et al., 2009). Los péptidos se analizaron por MALDI-TOF MS. La identificación del mapa trípico se analizó usando el programa MASCOT (<http://www.matrixscience.com>) según los siguientes parámetros de búsqueda: (1) Tipo de búsqueda, *peptide mass fingerprint*; (2) Enzima, tripsina; (3) Base de datos, SwissProt 55 m.2; (4) Taxonomía, *Viridiplantae*; (5) Modificaciones variables, Metilcarbamida (C), Oxidación (M); (6) Valores de masas, monoisotópico; (7) Tolerancia del peso de la proteína, + 100 ppm; (8) Carga de la proteína, +1. Adicionalmente, la secuencia correspondiente al cDNA del nuevo inhibidor se sometió a digestión trípica teórica empleando el software Sequence Editor 3.1 (Bruker Daltonics, Biotools 3.1) y comparó con la obtenida empíricamente.

2.5.3 Ensayos de estabilidad

2.5.3.1 Efecto del pH

Se determinó la estabilidad del inhibidor a valores extremos de pH. Para ello se incubó la muestra a pH 2, pH 4, pH 6, pH 8, pH 10 y pH 12 durante 1 h a 25 °C. Transcurrido el tiempo de incubación, la muestra se neutralizó y se determinó la actividad inhibitoria de tripsina residual de GdTI.

La cantidad de muestra utilizada en cada ensayo fue de 20 µL, independientemente de la cantidad de proteínas que haya quedado soluble luego de cada tratamiento. Esto es así ya que el propósito de este ensayo es, justamente, verificar la población de proteínas estables que permanecen activas luego de cada tratamiento.

2.5.3.2 Efecto de la temperatura

Para el ensayo de estabilidad térmica, alícuotas de GdTI fueron incubadas a 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 °C por 1 h y luego enfriadas a temperatura ambiente. La estabilidad a la temperatura también fue determinada para una temperatura fijada (90 y 100 °C) por 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 4 y 5 h. En ambos casos, la actividad inhibitoria de tripsina residual de GdTI fue determinada usando BAPNA como sustrato, tal como se describió previamente.

2.5.4 Determinación de parámetros cinéticos (IC_{50} y K_i)

Se realizó una curva dosis-respuesta a partir de la cual se determinó la IC_{50} , que se define como la concentración a la cual se produce una inhibición del 50% en la actividad enzimática. La cantidad de GdTI necesaria para el 50% de inhibición de la actividad de tripsina se determinó midiendo la actividad usando diferentes concentraciones del inhibidor hasta que la actividad enzimática disminuyó completamente. Las mediciones se realizaron por triplicado efectuando el cálculo del desvío estándar correspondiente.

Con la finalidad de determinar el valor de IC_{50} , se normalizaron las pendientes relativas a la pendiente obtenida sin extracto y expresadas en porcentaje. Luego se utilizó el programa GraphPad para ajustar los datos a la siguiente ecuación:

$$Y = \frac{100}{1 + 10^{(X - \log IC_{50})}}$$

Donde X es el log de la concentración proteica ensayada e Y es la actividad de tripsina normalizada (relativa a la condición control expresada como porcentaje de máxima actividad).

Para calcular la constante de inhibición (K_i) de GdTI, se realizó el gráfico de Dixon ($1/v$ vs $[I]$, donde $[I]$ es la concentración del inhibidor). Los ensayos se realizaron usando concentraciones crecientes de GdTI (0-3,2 $\mu\text{g}/\text{mL}$) y BAPNA (1,0 y 2,0 mM) para la cinética de la inhibición de tripsina. Se utilizó tripsina bovina a una concentración fija de 0,25 mg/ml. El recíproco de la velocidad de la reacción enzimática se expresó como $1/v$, y el valor de K_i fue calculado a partir de la intersección de dos líneas trazadas para dos concentraciones diferentes de BAPNA.

2.6 Ensayos biológicos

2.6.1 Actividad anticoagulante

Los ensayos de actividad anticoagulante se realizaron evaluando ambas vías de coagulación: la vía extrínseca mediante la determinación del tiempo de protrombina (PT) y la vía intrínseca mediante la determinación del tiempo de tromboplastina parcial activada (aPTT). En ambos casos se empleó como muestra un "pool" de plasmas sanguíneos proveniente de la mezcla, en partes iguales, de 5 individuos sanos, mantenidos a 37 °C con citrato de sodio 3,8% (relación muestra:anticoagulante 9:1), a partir de ahora: PPS (Pool de Plasma Sanguíneo). La actividad anticoagulante de GdTI fue evaluada mediante la determinación de los tiempos de coagulación con un coagulómetro Coatron M1 (TECO, Alemania).

2.6.1.1 Determinación del tiempo de Protrombina

Para el ensayo de PT se usó el reactivo comercial Soluplastin (Lote 205090, Wiener Lab.) preparado en el momento de utilizar. Inicialmente, se incubó la muestra PPS y el inhibidor de tripsina (0-180 $\mu\text{g}/\text{mL}$) en partes iguales durante 2 min a 37 °C.

Luego, una alícuota de 25 μL fue mezclada con 50 μL de reactivo Soluplastin y se determinó el tiempo de coagulación. Los ensayos se realizaron por triplicado y con el control correspondiente, reemplazando el volumen de muestra a ensayar por la misma cantidad de agua bidestilada.

2.6.1.2 Determinación del tiempo de Trombiplastina parcial activada

Para el ensayo de aPTT, una alícuota de 25 μ l de aPTT (Lote 191690, Wiener Lab.) se puso en contacto con 25 μ l de la mezcla PPS-inhibidor (previamente incubado por 2 min a 37 °C). Luego de 2 min de incubación a 37 °C, se adicionaron 25 μ l de CaCl_2 50 mM para iniciar la determinación del tiempo de coagulación. Los ensayos se realizaron por triplicado y con los controles apropiados, reemplazando el volumen de muestra a ensayar por la misma cantidad de agua bidestilada.

2.6.2 Actividad hipoglucemiante

El ensayo de actividad inhibitoria de α -glucosidasa se realizó de acuerdo a Kim et al. (2004) con ligeras modificaciones y adaptado a una placa de 96 pocillos, usando el sustrato 4-nitrofenol- α -D-glucopiranosido (PNPG). Se pre-incubó una cantidad fija de α -glucosidasa (0,2 U/mL) con diferentes concentraciones del inhibidor (desde 0 a 2,24 μ g/mL) en buffer fosfato de sodio 50 mM (pH 6,8). Luego de 15 min de pre-incubación a 37 °C, se agregó el sustrato a cada mezcla de reacción con una concentración final de 0,2 mM. La hidrólisis de PNPG fue determinada a través del incremento de la absorbancia a 405 nm de 37 °C cada minuto durante 20 min. Las medidas se realizaron por triplicado y se incluyeron los blancos apropiados.

3. Resultados y discusión

3.1 Aislamiento y purificación del inhibidor de tripsina de semillas de chañar

Se obtuvo un extracto crudo (GdEC) con un contenido proteico total de $171,2 \pm 8,7$ μ g/ml y actividad inhibitoria de tripsina de $21,35 \pm 3,25$ UIT.

A partir de estudios previos que evidencian que los IPPs presentan gran estabilidad fisicoquímica con mínima pérdida de actividad inhibitoria (Cotabarren et al., 2020) –esencialmente atribuida a la presencia de numerosos puentes disulfuro en relación con el número total de aminoácidos constituyentes (Qi et al., 2005)–, se propuso el tratamiento de GdEC a altas

temperaturas por 30 min como paso inicial de purificación. Se evaluó la actividad inhibitoria de tripsina residual luego de someter a GdEC a 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 °C por 30 min, con la posterior eliminación de las proteínas desnaturalizadas mediante centrifugación. Como se observa en la Tabla 1, mediante esta estrategia de purificación parcial fue posible reducir el contenido proteico total en las fracciones tratadas térmicamente sin pérdida significativa de la actividad inhibitoria de tripsina. Así, fue posible observar una IC_{50} de $0,66 \pm 0,17 \mu\text{g/mL}$ para el tratamiento térmico a 90 °C y una IC_{50} de $0,55 \pm 0,18 \mu\text{g/mL}$ para el tratamiento térmico a 100 °C.

Tabla 1. Concentraciones y valores IC_{50} para GdEC, GdTT40-100^a.

Muestra	Concentración ($\mu\text{g/mL}$)	IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
GdEC	$171,2 \pm 8,7$	$4,28 \pm 0,21$
GdTT40	$85,8 \pm 6,3$	$2,15 \pm 0,15$
GdTT50	$51,2 \pm 3,5$	$1,28 \pm 0,18$
GdTT60	$47,1 \pm 4,7$	$1,17 \pm 0,23$
GdTT70	$44,2 \pm 1,2$	$1,11 \pm 0,15$
GdTT80	$45,3 \pm 5,2$	$1,13 \pm 0,13$
GdTT90	$26,2 \pm 9,6$	$0,66 \pm 0,17$
GdTT100	$22,3 \pm 7,4$	$0,55 \pm 0,18$

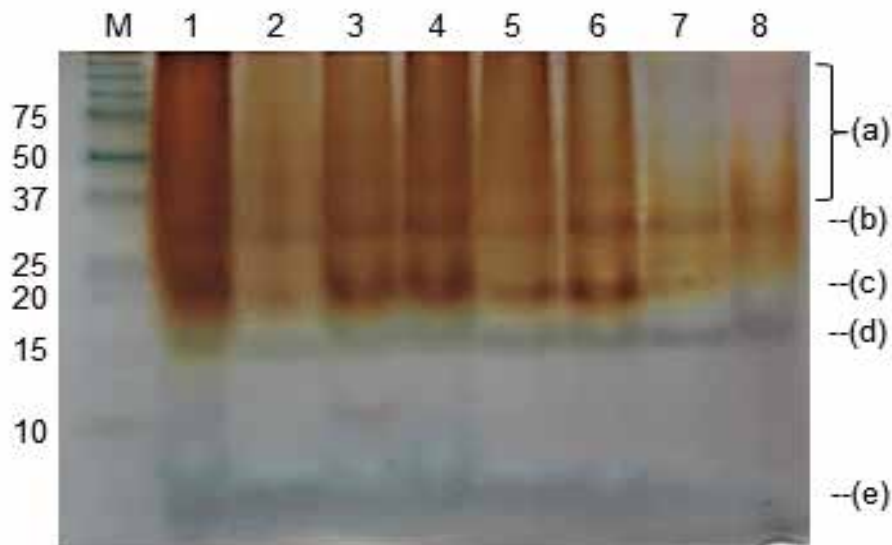
^aGdEC: Extracto crudo de *Geoffroea decorticans*, GdTT40-100: Extracto crudo de *G. decorticans* luego de tratamiento térmico a 40-100 °C por 30 min.

Se pudo evidenciar de esta manera una reducción general en el valor de las IC_{50} en función del aumento de temperatura, lo cual es consistente con una purificación parcial del inhibidor de tripsina de chañar.

Con el fin de evaluar la distribución proteica en los diferentes tratamientos térmicos, se realizó un ensayo de SDS-PAGE. En la Figura 1 se puede observar una progresiva disminución en las bandas correspondientes a proteínas de

alto peso molecular. Se observó una disminución en las fracciones proteicas con pesos moleculares mayores a 30 kDa –fracción (a) en la Figura 1– como función del aumento de temperatura, lo cual puede indicar la eliminación de proteínas termolábiles. Además, se observó que cuatro fracciones proteicas de aproximadamente 30 kDa, 20 kDa, 15 kDa y menos de 10 kDa –fracciones (b), (c), (d) y (e) respectivamente en la Figura 1– no fueron afectadas por el aumento de temperatura, lo que confirma la presencia de proteínas o péptidos termoestables.

Figura 1. Electroforesis (SDS-PAGE, 12% v/v) de las fracciones proteicas obtenidas luego de la purificación parcial por tratamiento térmico.



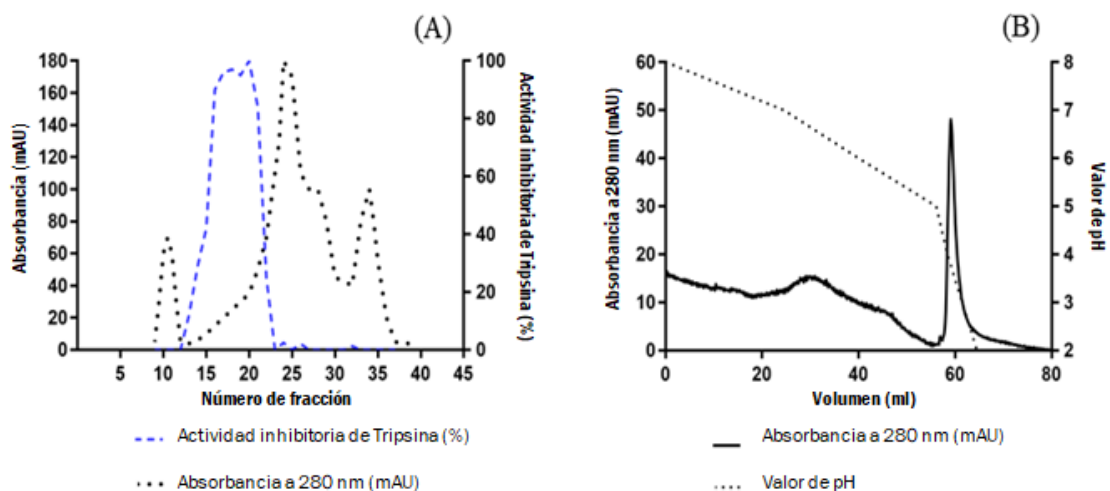
M, marcador de peso molecular; 1, extracto crudo (GdEC); 2, tratamiento térmico a 40 °C durante 30 min (GdTT40); 3, GdEC tratamiento térmico a 50 °C durante 30 min (GdTT50); 4, GdEC tratamiento térmico a 60 °C durante 30 min (GdTT60); 5, GdEC tratamiento térmico a 70 °C durante 30 min (GdTT70); 6, GdEC tratamiento térmico a 80 °C durante 30 min (GdTT80); 7, GdEC tratamiento térmico a 90 °C durante 30 min (GdTT90); 8, GdEC tratamiento térmico a 100 °C durante 30 min (GdTT100). Fracciones (a), (b), (c), (d) y (e) indican las fracciones proteicas de aproximadamente 30 kDa, 20 kDa, 15 kDa y menos que 10 kDa, respectivamente.

Considerando que el tratamiento térmico luego de 30 min de incubación a 90 °C constituye un método simple y efectivo para la remoción de proteínas

termolábiles, fue seleccionado como una muestra inicial para ser sembrada en la columna de cromatografía de exclusión molecular. Si bien el tratamiento térmico a 100 °C asegura la eliminación eficiente de proteínas, el valor de IC_{50} obtenido indica que no hay diferencias significativas entre ambos tratamientos (Tabla 1). Por esa razón, el tratamiento térmico a 90 °C fue seleccionado para continuar los pasos de purificación considerando que la muestra es sometida a menor estrés térmico y que, además, representa un paso de purificación con menor gasto operativo en caso de un futuro escalado a nivel industrial.

El segundo paso para la purificación del inhibidor fue someter a GdTT90 a una cromatografía de exclusión molecular en una columna Sephacryl S-100 HR. Se midió la absorbancia a 280 nm de las fracciones eluidas y se determinó la actividad inhibitoria de tripsina en cada una de ellas (Figura 2, panel A). Luego, las fracciones de la cromatografía de exclusión molecular que presentaron actividad inhibitoria de tripsina fueron cargadas en una columna con tripsina inmovilizada en glioxil agarosa. Luego de la elución de las proteínas no retenidas, se aplicó un gradiente de pH ácido que eluyó el inhibidor de tripsina, llamado GdTI (Figura 2, panel B).

Figura 2. Purificación del inhibidor de tripsina de *Geoffroea decorticans*.



(A) Cromatografía de exclusión molecular para GdTT90. (B) Cromatografía de afinidad a tripsina para las fracciones de exclusión molecular con actividad inhibitoria.

Bajo las condiciones de trabajo seleccionadas, la purificación parcial por tratamiento térmico a 90 °C por 30 min fue efectiva para la remoción de las proteínas de alto peso molecular, observando que la actividad inhibitoria de tripsina específica aumentó 2,53 veces respecto al extracto crudo (Tabla 2). Los siguientes pasos de purificación (cromatografía de exclusión molecular y de afinidad) mostraron una actividad inhibitoria específica de $18,74 \pm 1,15$ UIT/mg de proteína y $75,98 \pm 4,77$ UIT/mg proteína respectivamente, con un rendimiento final de 39,8% respecto del material de partida.

Tabla 2. Pasos de purificación de GdTI de semillas de *Geoffroea decorticans*.

Paso de purificación	Cantidad total de proteína (mg)	Actividad inhibitoria total (UIT) ^a	Actividad inhibitoria específica (UIT/mg)	Pureza ^b	Rendimiento (%) ^c
Extracto crudo	$3,59 \pm 0,27$	$21,35 \pm 3,25$	$5,94 \pm 0,46$	1	100
Tratamiento térmico a 90 °C	$1,2 \pm 0,13$	$18,02 \pm 2,47$	$15,02 \pm 0,43$	2,53	84,4
Cromatografía de exclusión molecular	$0,72 \pm 0,08$	$13,49 \pm 0,68$	$18,74 \pm 1,15$	3,15	63,2
Cromatografía de afinidad	$0,11 \pm 0,01$	$8,51 \pm 0,23$	$75,98 \pm 4,77$	12,79	39,86

^a Una unidad inhibitoria de tripsina (1 UIT) se define como la disminución en 0,01 unidades de absorbancia a 410 nm en 10 min de ensayo, a 37 °C.

^b El índice de purificación fue calculado como la relación entre la actividad inhibitoria específica en cada paso de la purificación y la del extracto crudo tomada como 1.

^c El rendimiento fue calculado en base a la actividad inhibitoria total recuperada.

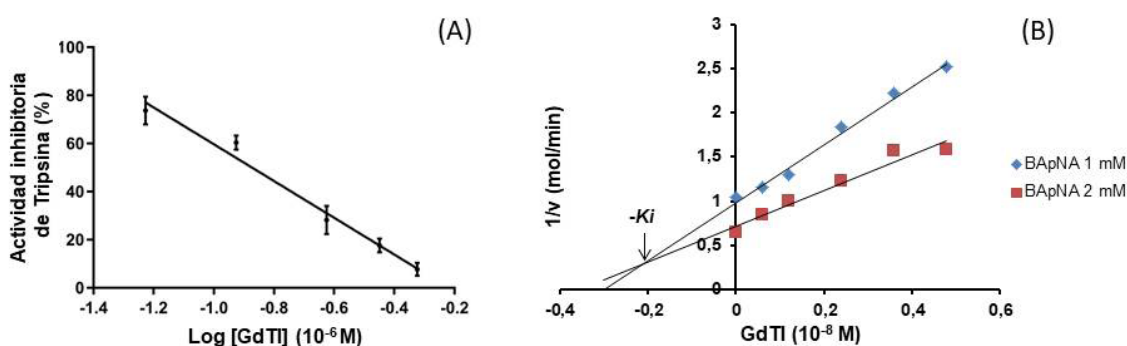
3.2 Caracterización del inhibidor de tripsina de *G. decorticans* (GdTI)

3.2.1 Cinética de inhibición

Los estudios cinéticos de inhibición de tripsina para GdTI mostraron que la cantidad de inhibidor necesaria para el 50% de inhibición de tripsina (IC_{50}) fue de $0,22 \mu\text{M}$ (Figura 3, panel A), mientras que la K_i fue de $2,1 \text{ nM}$ (Figura 3, panel B), indicando que la actividad inhibitoria de tripsina ocurre a muy bajas concentraciones de GdTI, caracterizando un inhibidor muy potente. Valores de K_i similares fueron informados para otros inhibidores de serín proteasas

(Bijina et al., 2011; De Oliveira et al., 2012; Macedo et al., 2011; Pandey et al., 2016). Los valores de K_i en el rango nanomolar indican un fuerte vínculo entre el inhibidor y la proteasa blanco, requiriendo una baja concentración para producir una considerable reducción en la actividad enzimática. La importancia en la búsqueda de moléculas que presenten estas características se basa en la habilidad de ejercer una cierta actividad biológica cuando el inhibidor es entregado en bajas dosis, lo que disminuye fuertemente las posibilidades de producir efectos secundarios indeseados. Además, al requerir bajas dosis de inhibidor para cumplir su función, los costos de producción para su aislamiento y purificación se reducen considerablemente, lo que lo hace más prometedor para el escalado a nivel industrial.

Figura 3. Estudios cinéticos de la actividad inhibitoria de tripsina de GdTI.



(A) Curva de dosis-respuesta para la determinación del IC_{50} . (B) Gráfico de Dixon ($1/v$ vs $[I]$) para la identificación del parámetro K_i . Cada punto representa la media de tres estimaciones.

3.2.2 Determinación de la masa molecular por MALDI-TOF/MS

Para la determinación de la masa molecular, GdTI fue sometido a un análisis de espectrometría de masas en un espectrómetro de masas Bruker Daltonics, resultando en una señal de 6743,7 Da (Figura 4). Sin embargo, al realizar la siembra en gel de poliacrilamida se observa una masa molecular de aproximadamente 20 kDa, triplicando el valor obtenido por MALDI-TOF/MS (Figura 5).

Figura 4. Análisis de espectrometría de masas por MALDI-TOF del inhibidor de tripsina purificado de *Geoffroea decorticans*.

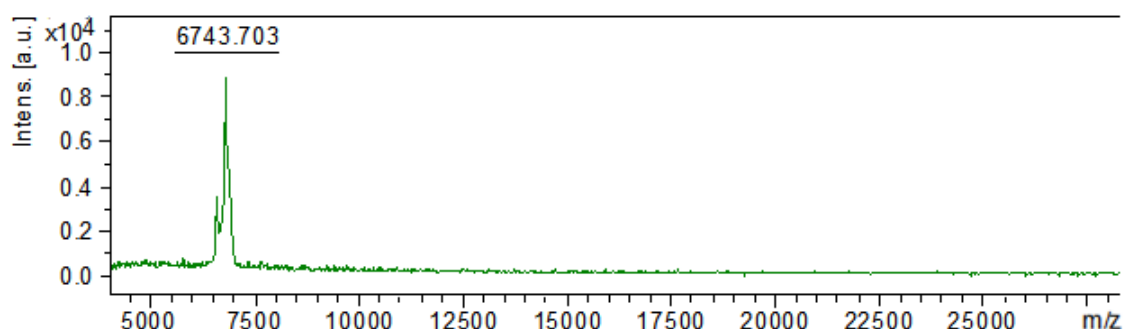
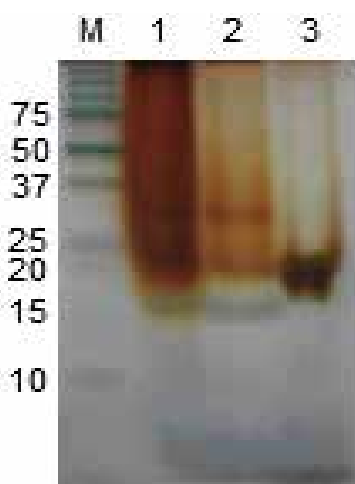


Figura 5. Electroforesis SDS-PAGE de GdTI purificado.



Línea M, marcador de masa molecular; línea 1, extracto crudo de semillas de *Geoffroea decorticans* (GdEC); línea 2, GdEC tratamiento térmico a 90 °C durante 30 min (GdTT90); línea 3, inhibidor de tripsina de *Geoffroea decorticans* (GdTI).

Estos resultados coinciden con otros reportes en los cuales se observó que muchos inhibidores de tripsina tienen tendencia a auto-asociarse, resultando en la formación de dímeros, trímeros y oligómeros complejos cuando están en solución (Bergeron y Nielsen, 1993; Catalano et al., 2003; Godbole et al., 1994; Gu et al., 2014; Kumar et al., 2004; Losso, 2008; Wu y Whitaker,

1990). Aunque las condiciones reductoras del SDS-PAGE permitirían la visualización de monómeros de inhibidores de tripsina, otros autores han informado la presencia de bandas correspondientes a diferentes formas tridimensionales de IPPs, concluyendo que la reducción y alquilación de los puentes disulfuro no es completa bajo estas condiciones. Por todo lo anterior, se puede afirmar que el inhibidor de tripsina de chañar tiene una masa molecular de 6743,7 Da con tendencia a la formación de trímeros en solución, incluso bajo las condiciones reductoras usadas en el SDS-PAGE.

3.2.3 Identificación proteica mediante PMF MALDI/TOF

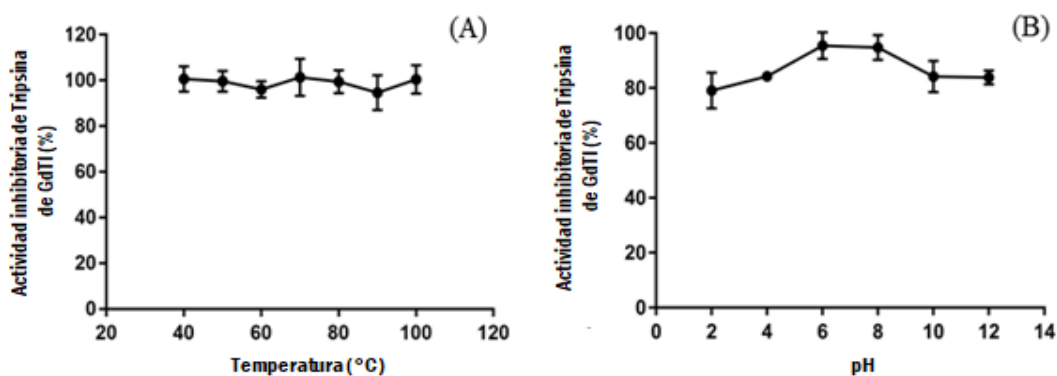
GdTI también fue sometido a digestión triptica y posterior análisis por nano HPLC acoplado a un espectrómetro de masas con tecnología Orbitrap, lo que permitió la separación de los péptidos obtenidos y su posterior identificación. El espectro obtenido se analizó con el programa Proteome Discoverer 1.4, usando la base de datos Fabaceae. Mediante esta tecnología fue posible identificar un péptido con secuencia SNPPQCR que coincide con los residuos 63-69 del inhibidor de tripsina tipo Bowman-Birk de soja (*Glycinemax*, Número de acceso RZB69152). Analizando la secuencia identificada, se pudo observar que pertenece al dominio conservado de los inhibidores de serín proteasas tipo Bowman-Birk (BBI: Bowman-Birkinhibitors), lo cual permite afirmar que GdTI pertenece a esta superfamilia BBI.

Debido a que estamos en presencia de la primera proteína aislada de chañar, una especie vegetal cuyo genoma no está secuenciado, no fue posible identificar otros péptidos, lo cual es consistente con la naturaleza única del inhibidor estudiado en este trabajo.

3.2.4 Estabilidad a la temperatura y el pH

El inhibidor purificado se sometió a diferentes temperaturas y pHs con el objetivo de demostrar su estabilidad en estas condiciones. Para esto, una muestra de GdTI (16 $\mu\text{g/ml}$) fue incubada a temperaturas entre 40 y 100 $^{\circ}\text{C}$ o pHs entre 2-12, luego de lo cual se evaluó la actividad inhibitoria de tripsina residual bajo condiciones de ensayo estándar usando BAPNA como sustrato. En estas pruebas fue posible mostrar que GdTI es estable en todas las condiciones utilizadas, manteniendo $100 \pm 4\%$ y $79 \pm 5\%$ de su actividad inhibitoria promedio a temperaturas y pHs extremos, respectivamente (Figura 6).

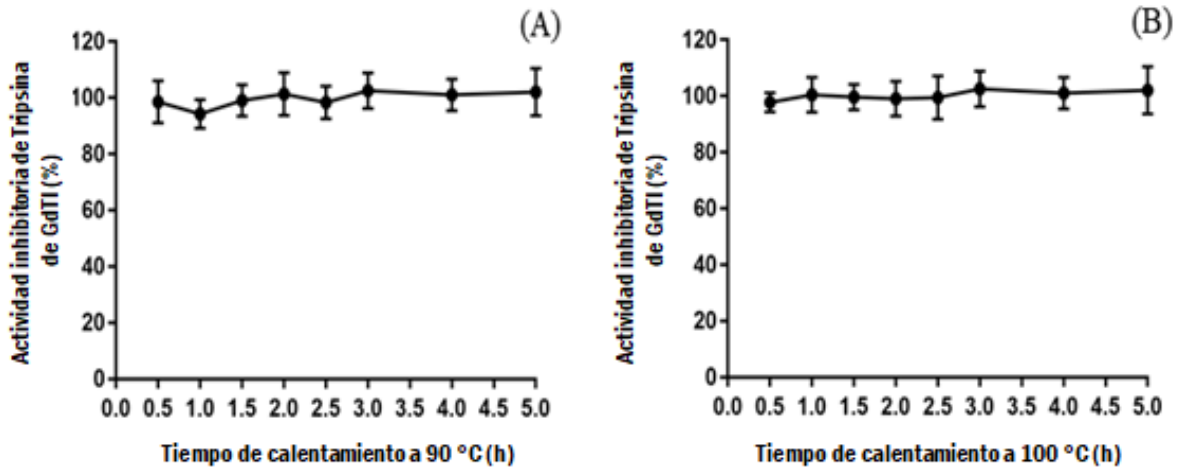
Figura 6. Estabilidad a la temperatura y el pH del inhibidor de tripsina de *Geoffroea decorticans*.



(A) Actividad inhibitoria de tripsina residual luego de la incubación de GdTI a temperaturas desde 40 hasta 100 $^{\circ}\text{C}$ por 60 min. (B) Actividad inhibitoria de tripsina residual luego de la incubación de GdTI a pHs desde 2 hasta 12 por 60 min.

También se realizaron incubaciones a altas temperaturas (90 y 100 $^{\circ}\text{C}$) por tiempo prolongado, donde fue posible observar que incluso luego de incubar a GdTI por 5 horas a altas temperaturas, la actividad inhibitoria de tripsina no se modifica, mostrando un $99 \pm 5\%$ de su actividad promedio (Figura 7).

Figura 7. Estabilidad a la temperatura a tiempos prolongados del inhibidor de tripsina de *Geoffroea decorticans*.



(A) Actividad inhibitoria de tripsina residual luego de la incubación de GdTI a 90 °C por 0,5-5 h.

(B) Actividad inhibitoria de tripsina residual luego de la incubación de GdTI a 100 °C por 0,5-5 h.

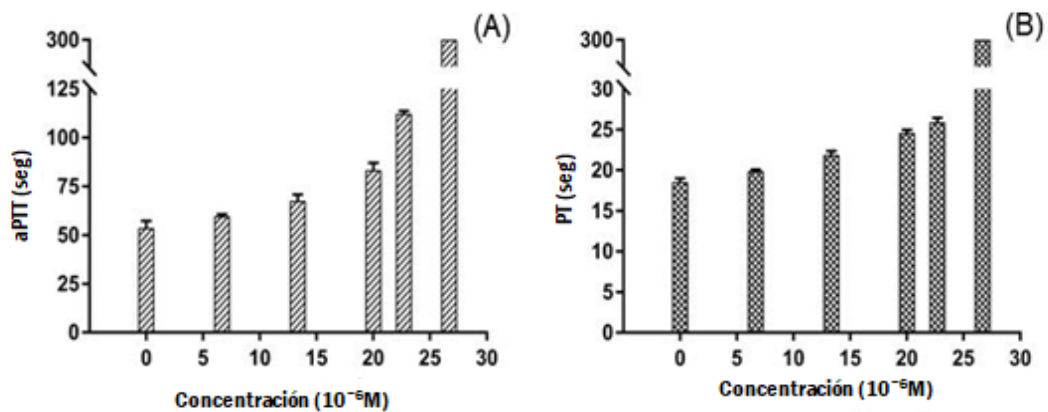
Considerando que la actividad bioquímica de una proteína depende del mantenimiento de su conformación nativa, es evidente que GdTI es una proteína inusualmente estable resistiendo a los tratamientos térmicos y pHs por largos períodos y preservando su conformación nativa con alta bioactividad. Aunque este comportamiento es comparable con varios tipos de inhibidores de tripsina, la estabilidad fisicoquímica por tiempos tan prolongados no ha sido previamente evaluada (Cotabarren et al., 2020). Estos resultados son muy prometedores debido a que las moléculas de origen natural, con bajo peso molecular y estabilidad fisicoquímica ofrecen la ventaja de ser fácilmente usadas en un amplio rango de aplicaciones, tanto en la industria de alimentos, como en la biotecnología agrícola o ciencia farmacéutica (Shamsi et al., 2016).

3.2.5 Actividades biológicas

3.2.5.1 Actividad anticoagulante

Aunque una gran variedad de actividades biológicas han sido estudiadas para los inhibidores de tripsina de origen vegetal (por ejemplo, actividad anticancerígena, antiinflamatoria, antiangiogénica y antimicrobiana), actividades como la anticoagulante e hipoglucemiante fueron escasamente informadas. Se ha informado la actividad anticoagulante del inhibidor de tripsina de *Leucaena leucocephala* (Oliva et al., 2000), *Enterolobium contortisiliquum* (Batista et al., 1996) y *Maclura pomífera* (Lazza et al., 2010) para el tiempo de tromboplastina parcial activada (aPTT), pero no el tiempo de protrombina (PT). Esto indica que el efecto anticoagulante de estos inhibidores es ejercido en la vía de coagulación intrínseca. Se evaluaron ambas vías de coagulación para GdTI con concentraciones crecientes del inhibidor. Se observó que para la misma concentración de GdTI hay un descenso más pronunciado en el tiempo de coagulación para aPTT comparado con el tiempo requerido para PT. Por ejemplo, agregando 22 μ M de inhibidor en la prueba de PT, se observó un retardo en el tiempo de coagulación de 18 a 26 seg, mientras que en la prueba de aPTT es posible retardar el tiempo de coagulación, con la misma concentración de GdTI, de 51 a 110 seg. Por lo tanto, el inhibidor de tripsina de chañar retrasa fuertemente el tiempo de coagulación de la vía de coagulación intrínseca, mientras que para la vía extrínseca se requieren mayores concentraciones para producir el mismo efecto (Figura 8).

Figura 8. Actividad anticoagulante de GdTI en tromboplastina parcial activada (aPTT) y protrombina (PT).



(A) Tiempos de coagulación con diferentes concentraciones de GdTI en aPTT.

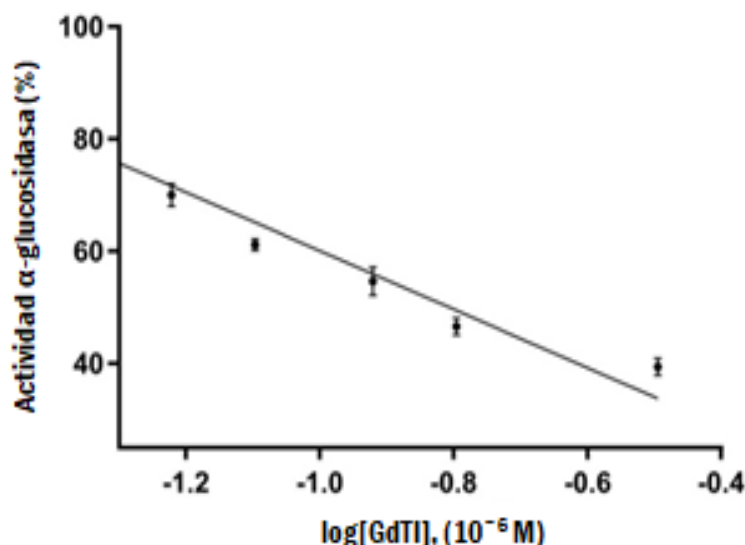
(B) Tiempos de coagulación con diferentes concentraciones de GdTI en PT.

Como comparación, la heparina –una droga de uso común como agente anticoagulante– en una concentración de 333 μM produce un retardo en el tiempo de coagulación para la ruta aPTT de 18 a 300 seg (Indumathi y Mehta, 2016) mientras que GdTI produce el mismo efecto en concentraciones de 26 μM . Estos resultados incentivan futuros estudios del mecanismo de acción de GdTI y el desarrollo de ensayos *in vivo* que podrían ser prometedores para una potencial explotación de este inhibidor como un agente antitrombótico natural. Este estudio no solo remarca la capacidad anticoagulante de GdTI, sino que también demuestra que se trata del primer inhibidor vegetal con un efecto en la vía extrínseca de coagulación.

3.2.5.2 Actividad hipoglucemiante

La inhibición de la enzima α -glucosidasa evita la liberación de glucosa libre de carbohidratos complejos; de este modo baja los niveles de glucosa en sangre (Jaiswal et al., 2012). Los efectos secundarios graves y la toxicidad asociada con algunas drogas terapéuticas influyen directamente en la demanda de agentes antidiabéticos derivados de la dieta o alternativas consideradas naturales y seguras. Las pruebas de actividad hipoglucemiante no son frecuentes en la caracterización de las actividades biológicas de los IPPs, siendo mayormente informadas para productos peptídicos obtenidos a partir de hidrolizados proteicos (Konrad et al., 2014; Wang et al., 2019). En este trabajo se demostró que GdTI inhibe la enzima α -glucosidasa mostrando una IC_{50} de $0,18 \mu\text{M}$ (equivalente a $1,21 \mu\text{g/mL}$) (Figura 9).

Figura 9. Actividad inhibitoria del inhibidor de tripsina de *Geoffroea decorticans* contra α -glucosidasa.



Péptidos de hidrolizados de proteína de suero mostraron actividad inhibitoria de α -glucosidasa con $IC_{50} = 3,5 \text{ mg/mL}$ (Konrad et al., 2014). Niveles similares de inhibición de α -glucosidasa fueron informados por Matsui et al. (1999) y Yu et al. (2011). De acuerdo con tales resultados, es posible observar

que GdTI inhibe fuertemente la enzima α -glucosidasa, siendo capaz de tener efectos directos en la regulación de los niveles de glucosa en sangre. Este efecto, sumado a la capacidad anticoagulante demostrada previamente por este inhibidor, la convierte en una molécula con gran potencial para el desarrollo de una droga natural antidiabética.

4. Conclusiones

En este estudio, se logró el aislamiento, purificación y caracterización de un nuevo inhibidor de tripsina a partir de semillas de chañar, al cual denominamos GdTI. Este inhibidor ha probado ser un fuerte inhibidor de serín proteasas cuyas características bioquímicas y fisicoquímicas sobresalen respecto de las reportadas para este tipo de moléculas, convirtiendo a GdTI en una proteína con potenciales aplicaciones biomédicas y biotecnológicas. En este sentido, GdTI se destaca por presentar una actividad inhibitoria de tripsina muy fuerte ($K_i = 2,1$ nM), siendo uno de los inhibidores de serín proteasas más potentes reportados hasta ahora. Además, GdTI tiene una estabilidad fisicoquímica muy alta (80% de la actividad inhibitoria de tripsina residual luego de 60 min a pHs extremos, 100% de la actividad inhibitoria de tripsina residual luego de 5 horas a 90/100 °C), siendo el primer inhibidor de proteasas reportado que conserva hiperestabilidad durante tiempos prolongados de incubación a temperaturas extremas.

Otro descubrimiento prometedor para su potencial uso biomédico es la evidencia de capacidad anticoagulante de este inhibidor en ambas vías de coagulación, requiriendo dosis más bajas de GdTI que de heparina para producir el mismo retardo en el tiempo de coagulación para la vía aPTT. Además, sorprendentemente, GdTI representa el primer inhibidor de proteasa vegetal natural de la vía de coagulación extrínseca reportado. Finalmente, GdTI presentó una fuerte actividad inhibitoria de la enzima α -glucosidasa ($IC_{50} = 0,18$ μ M), un resultado que, junto con la actividad anticoagulante, es muy prometedor para la potencial aplicación de este inhibidor como agente antitrombótico y antidiabético natural.

De esta manera, los resultados de este estudio muestran el descubrimiento de una molécula de origen natural con características que no han sido descritas previamente para los inhibidores peptídicos de proteasas; GdTI es uno de los inhibidores de serín proteasas más potentes encontrados hasta ahora, con la mayor termoestabilidad reportada en la literatura, con efectos anticoagulantes para ambas vías de coagulación y que también presenta actividad hipoglucemiante.

Referencias

- Arribas, J. R., Pulido, F., Delgado, R., Lorenzo, A., Miralles, P., Arranz, A., Gonzalez-Garcia, J. J., Cepeda, C., Hervas, R., Pano, J. R., Gaya, F., Carcas, A., Montes, M. L., Costa, J. R. y Pena, J. M. (2005). Lopinavir/ritonavir as single-drug therapy for maintenance of HIV-1 viral suppression: 48-week results of a randomized, controlled, open-label, proof-of-concept pilot clinical trial (OK Study). *Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes* (1999), 40(3), 280-287. <https://doi.org/10.1097/01.qai.0000180077.59159.f4>
- Batista, I. F., Oliva, M. L., Araujo, M. S., Sampaio, M. U., Richardson, M., Fritz, H. y Sampaio, C. A. (1996). Primary structure of a Kunitz-type trypsin inhibitor from *Enterolobium contortisiliquum* seeds. *Phytochemistry*, 41(4), 1017-1022. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(95\)00710-5](https://doi.org/10.1016/0031-9422(95)00710-5)
- Bergeron, D. y Nielsen, S. S. (1993). Partial Characterization of Trypsin Inhibitors and N-Terminal Sequences of Five Trypsin Isoinhibitors of Great Northern Beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(10), 1544-1549. <https://doi.org/10.1021/jf00034a003>
- Bijina, B., Chellappan, S., Krishna, J. G., Basheer, S. M., Elyas, K. K., Bahkali, A. H. y Chandrasekaran, M. (2011). Protease inhibitor from *Moringa oleifera* with potential for use as therapeutic drug and as seafood preservative. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 18(3), 273-281. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2011.04.002>
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1-2), 248-254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- Catalano, M., Ragona, L., Molinari, H., Tava, A. y Zetta, L. (2003). Anticarcinogenic Bowman Birk inhibitor isolated from snail medic seeds (*Medicago scutellata*): Solution structure and analysis of self-association behavior. *Biochemistry*, 42(10), 2836-2846. <https://doi.org/10.1021/bi020576w>

- Chevallet, M., Luche, S. y Rabilloud, T. (2006). Silver staining of proteins in polyacrylamide gels. *Nature Protocols*, 1(4), 1852-1858. <https://doi.org/10.1038/nprot.2006.288>
- Clemente, A. y Del Carmen Arques, M. (2014). Bowman-Birk inhibitors from legumes as colorectal chemopreventive agents. *World Journal of Gastroenterology*, 20(30), 10305-10315. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i30.10305>
- Cotabarren, J., Lufrano, D., Parisi, M. G. y Obregón, W. D. (2020). Biotechnological, biomedical, and agronomical applications of plant protease inhibitors with high stability: A systematic review. *Plant Science*, 292, 110-398. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110398>
- Dash, C., Kulkarni, A., Dunn, B. y Rao, M. (2003). Aspartic peptidase inhibitors: implications in drug development. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 38(2), 89-119. <https://doi.org/10.1080/713609213>
- De Oliveira, C. F. R., Vasconcelos, I. M., Aparicio, R., Freire, M. D. G. M. H., Baldasso, P. A., Marangoni, S. y Macedo, M. L. R. (2012). Purification and biochemical properties of a Kunitz-type trypsin inhibitor from *Entada acaciifolia* (Benth.) seeds. *Process Biochemistry*, 47(6), 929-935. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2012.02.022>
- Di Nisio, M., ten Wolde, M., Meijers, J. C. y Buller, H. R. (2005). Effects of high plasma lipoprotein (a) levels on tissue factor pathway inhibitor and the protein C pathway. *Journal of thrombosis and haemostasis : JTH* (Vol. 3, Issue 9, pp. 2123-2125). <https://doi.org/10.1111/j.1538-7836.2005.01517.x>
- Eikelboom, J. W., Hirsh, J., Spencer, F. A., Baglin, T. P. y Weitz, J. I. (2012). Antiplatelet drugs: Antithrombotic Therapy and Prevention of Thrombosis, 9th ed: American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest*, 141(2 Suppl), e89S-e119S. <https://doi.org/10.1378/chest.11-2293>
- Godbole, S. A., Krishna, T. G. y Bhatia, C. R. (1994). Purification and characterisation of protease inhibitors from Pigeon Pea (*Cajanus cajan* (L) Millsp) Seeds. *J. Sci Food Agric.*, 64(L), 87-93. [https://doi.org/0022-5142/94/\\$09.00](https://doi.org/0022-5142/94/$09.00)
- Goto, S. y Tomita, A. (2013). Antithrombotic therapy for prevention of various. *Drug Development Research*, 74, 568-574. <https://doi.org/10.1002/ddr.21116>
- Gu, C., Song, X., Zhao, L., Pan, S. y Qin, G. (2014). Purification and characterization of Bowman-Birk trypsin inhibitor from soybean. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2(9), 546-550. <https://doi.org/10.12691/jfnr-2-9-3>
- Haq, S. K., Rabbani, G., Ahmad, E. y Atif, S. M. (2010). *Protease Inhibitors : A Panacea ?* 24(4).
- Holman, R. R., Paul, S. K., Bethel, M. A., Matthews, D. R. y Neil, H. A. W. (2008). 10-Year

- follow-up of intensive glucose control in type 2 diabetes. *New England Journal of Medicine*, 359(15), 1577-1589. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0806470>
- Huntington, J. A. y Baglin, T. P. (2003). Targeting thrombin-rational drug design from natural mechanisms. *Trends in Pharmacological Sciences*, 24(11), 589-595. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2003.09.002>
- Indumathi, P. y Mehta, A. (2016). A novel anticoagulant peptide from the Nori hydrolysate. *Journal of Functional Foods*, 20, 606-617. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.11.016>
- Ishihara, T., Koga, Y., Mori, K., Sugawara, K., Iwatsuki, Y. e Hirayama, F. (2014). Novel strategy to boost oral anticoagulant activity of blood coagulation enzyme inhibitors based on biotransformation into hydrophilic conjugates. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 22(22), 6324-6332. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2014.09.059>
- Jaiswal, N., Bhatia, V., Srivastava, S. P., Srivastava, A. K. y Tamrakar, A. K. (2012). Antidiabetic effect of *Eclipta alba* associated with the inhibition of alpha-glucosidase and aldose reductase. *Natural Product Research*, 26(24), 2363-2367. <https://doi.org/10.1080/14786419.2012.662648>
- Johnson, M. H., Lucius, A., Meyer, T. y de Mejia, E. G. (2011). Cultivar evaluation and effect of fermentation on antioxidant capacity and in vitro inhibition of alpha-amylase and alpha-glucosidase by highbush blueberry (*Vaccinium corombosum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(16), 8923-8930. <https://doi.org/10.1021/jf201720z>
- Kennedy, A. R. y Wan, X. S. (2002). Effects of the Bowman-Birk inhibitor on growth, invasion, and clonogenic survival of human prostate epithelial cells and prostate cancer cells*. *The Prostate*, 50(2), 125-133. <https://doi.org/10.1002/pros.10041>
- Kim, J. Y., Gopal, R., Kim, S. Y., Seo, C. H., Lee, H. B., Cheong, H. y Park, Y. (2013). PG-2, a potent AMP against pathogenic microbial strains, from potato (*Solanum tuberosum* L cv. Gogu Valley) tubers not cytotoxic against human cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(2), 4349-4360. <https://doi.org/10.3390/ijms14024349>
- Kim, Y. M., Wang, M. H. y Rhee, H. I. (2004). A novel α -glucosidase inhibitor from pine bark. *Carbohydrate Research*, 339(3), 715-717. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2003.11.005>
- Konrad, B., Anna, D., Marek, S., Marta, P., Aleksandra, Z. y Józefa, C. (2014). The evaluation of dipeptidyl peptidase (DPP)-IV, α -glucosidase and angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitory activities of whey proteins hydrolyzed with serine protease isolated from asian pumpkin (*Cucurbita ficifolia*). *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 20(4), 483-491. <https://doi.org/10.1007/s10989-014-9413-0>

- Kumar, P., Rao, A. G. A., Hariharaputran, S., Chandra, N. y Gowda, L. R. (2004). Molecular mechanism of dimerization of Bowman-Birk inhibitors: Pivotal role of Asp76 in the dimerization. *Journal of Biological Chemistry*, 279(29), 30425-30432. <https://doi.org/10.1074/jbc.M402972200>
- Lazza, C., Trejo, S., Obregon, W., Pistaccio, L., Caffini, N. y Lopez, L. (2010). A Novel Trypsin and α -Chymotrypsin Inhibitor from *Maclura pomifera* Seeds. *Letters in Drug Design & Discovery*, 7(4), 244-249. <https://doi.org/10.2174/157018010790945832>
- Lindholm, L. H. y Mendis, S. (2007). Prevention of cardiovascular disease in developing countries. *Lancet*, 370(9589), 720-722. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61356-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61356-7)
- Losso, J. N. (2008). The biochemical and functional food properties of the Bowman-Birk inhibitor. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(1), 94-118. <https://doi.org/10.1080/10408390601177589>
- Macedo, M. L. R., Diz Filho, E. B. S., Freire, M. G. M., Oliva, M. L. V., Sumikawa, J. T., Toyama, M. H. y Marangoni, S. (2011). A trypsin inhibitor from *Sapindus saponaria* L. seeds: Purification, characterization, and activity towards pest insect digestive enzyme. *Protein Journal*, 30(1), 9-19. <https://doi.org/10.1007/s10930-010-9296-7>
- Manandhar Shrestha, J. T., Shrestha, H., Prajapati, M., Karkee, A. y Maharjan, A. (2017). Adverse effects of oral hypoglycemic agents and adherence to them among patients with type 2 Diabetes mellitus in Nepal. *Journal of Lumbini Medical College*, 5(1), 34. <https://doi.org/10.22502/jlmc.v5i1.126>
- Matsui, T., Oki, T. y Osajima, Y. (1999). Isolation and identification of peptidic α -glucosidase inhibitors derived from sardine muscle hydrolyzate. *Zeitschrift Fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences*, 54(3-4), 259-263. <https://doi.org/10.1515/znc-1999-3-417>
- Mosolov, V. V., Grigor'eva, L. I. y Valueva, T. A. (2001). [The role of proteolytic enzymes and their inhibitors in plant protection (review)]. *Prikladnaia biokhimiia i mikrobiologiia*, 37(2), 131-140.
- Obregón, W. D., Liggieri, C. S., Morcelle, S. R., Trejo, S. A., Avilés, F. X. y Priolo, N. S. (2009). Biochemical and PMF MALDI-TOF analyses of two novel papa-in-like plant proteinases. *Protein and Peptide Letters*, 16, 1323-1333. <https://doi.org/10.2174/092986609789353736>
- Oliva, M. L., Souza-Pinto, J. C., Batista, I. F., Araujo, M. S., Silveira, V. F., Auerswald, E. A., Mentele, R., Eckerskorn, C., Sampaio, M. U. y Sampaio, C. A. (2000). Leucaena leucocephala serine proteinase inhibitor: primary structure and action on blood coagulation,

- kinin release and rat paw edema. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1477(1-2), 64-74. [https://doi.org/10.1016/s0167-4838\(99\)00285-x](https://doi.org/10.1016/s0167-4838(99)00285-x)
- Ottaviani, J. I., Actis-Goretta, L., Villordo, J. J. y Fraga, C. G. (2006). *Procyanidin Structure Defines the Extent and Specificity of Angiotensin I Converting Enzyme Inhibition*. 88, 359-365. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2005.10.001>
- Pandey, P. K., Singh, D., Singh, R., Sinha, M. K., Singh, S. y Jamal, F. (2016). Cassia fistula seed's trypsin inhibitor(s) as antibiosis agent in *Helicoverpa armigera* pest management. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 6, 202-208. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.04.005>
- Pathak, M., Wong, S. S., Dreveny, I. y Emsley, J. (2013). Structure of plasma and tissue kallikreins. *Thrombosis and Haemostasis*, 110(3), 423-433. <https://doi.org/10.1160/TH12-11-0840>
- Qi, R.-F., Song, Z.-W. y Chi, C.-W. (2005). Structural features and molecular evolution of Bowman-Birk protease inhibitors and their potential application. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 37(5), 283-292. <https://doi.org/10.1111/j.1745-7270.2005.00048.x>
- Rawlings, N. D., Barrett, A. J. y Bateman, A. (2014). Using the MEROPS database for proteolytic enzymes and their inhibitors and substrates. *Current Protocols in Bioinformatics*, 48, 1.25.1-33. <https://doi.org/10.1002/0471250953.bi0125s48>
- Schmidt, S. L. y Hickey, M. S. (2009). Regulation of insulin action by diet and exercise. *Journal of Equine Veterinary Science*, 29(5), 274-284. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jevs.2009.04.185>
- Shamsi, T. N., Parveen, R. y Fatima, S. (2016). Characterization, biomedical and agricultural applications of protease inhibitors: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 91, 1120-1133. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.02.069>
- Stubbs, M. T., Huber, R. y Bode, W. (1995). Crystal structures of factor Xa specific inhibitors in complex with trypsin : structural grounds for inhibition of factor Xa and selectivity against thrombin. *El Sevier*, 375, 103-107.
- Valueva, T. A. y Mosolov, V. V. (2004). Role of inhibitors of proteolytic enzymes in plant defense against phytopathogenic microorganisms. *Biochemistry (Moscow)*, 69(11), 1305-1309. <https://doi.org/10.1007/s10541-005-0015-5>
- Wang, R., Zhao, H., Pan, X., Orfila, C., Lu, W. y Ma, Y. (2019). Preparation of bioactive peptides with antidiabetic, antihypertensive, and antioxidant activities and identification of α -glucosidase inhibitory peptides from soy protein. *Food Science and Nutrition*, 7(5), 1848-1856. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1038>

- Winckers, K., ten Cate, H. y Hackeng, T. M. (2013). The role of tissue factor pathway inhibitor in atherosclerosis and arterial thrombosis. *Blood Reviews*, 27(3), 119-132. <https://doi.org/10.1016/j.blre.2013.03.001>
- Wood, E., Hogg, R., Yip, B., VO'Shaughnessy, M. y Montaner, J. (2003). CD4 cell count response to nonnucleoside reverse transcriptase inhibitor- or protease inhibitor-based highly active antiretroviral therapy in an observational cohort Study. *Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes* (Vol. 34). <https://doi.org/10.1097/00126334-200311010-00016>
- Wu, C. y Whitaker, J. R. (1990). Purification and partial characterization of four trypsin/chymotrypsin inhibitors from red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*, var. linden). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(7), 1523-1529. <https://doi.org/10.1021/jf00097a021>
- Yu, Z., Yin, Y., Zhao, W., Yu, Y., Liu, B., Liu, J. y Chen, F. (2011). Novel peptides derived from egg white protein inhibiting alpha-glucosidase. *Food Chemistry*, 129(4), 1376-1382. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.067>

EVALUACIÓN DEL CONSUMO Y DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE LOS CONSUMIDORES DE KÉFIR

MARÍA E. CHULIBERT,¹ CECILIA CASABONNE,²
SILVANA S. RAMADÁN,³ ALFREDO RIGALLI¹

Resumen

Los alimentos fermentados han acompañado el desarrollo de las civilizaciones. Los beneficios de estos alimentos pueden agruparse en tres aspectos: conservación, sensorial y efectos sobre la salud. El kéfir es una bebida fermentada originaria del Cáucaso, constituida por una simbiosis de bacterias y levaduras, pudiendo fermentar matrices alimentarias: leche, agua con sacarosa y/o jugos de fruta. Si bien se han realizado diversos estudios microbiológicos y evaluado sus efectos sobre la salud, no se han efectuado estudios sobre muestras de individuos que consumen este producto. Los objetivos planteados fueron evaluar el consumo y describir el perfil de los consumidores de kéfir. Se realizó un estudio transversal y descriptivo. Se aplicó una encuesta diagnóstica a través de formularios Google. El análisis descriptivo de la muestra mostró que el 82,8% corresponde a sexo femenino, mediana de edad=27 años, 46,7% son estudiantes y 23,5%, trabajadores del área de la salud. El 84,5% tiene una alimentación omnívora con una mediana de cuatro horas diarias dedicadas a la preparación y consumo de los alimentos. Un 14,4% de la muestra son consumidores de kéfir. Dentro de los consumidores, un 46,3% indicó haberlo conocido a través de amistades y un 24,3% a través de profesionales de la salud. El 70,7% lo consume por bienestar y salud. El 73,2%

¹ Centro Universitario de Estudios Medioambientales (FCM, UNR).

² Área Bacteriológica (FBIOyF, UNR).

³ Centro de Referencia de Micología (FBIOyF, UNR).

consume kéfir de agua, azúcar y frutas, y la frecuencia de consumo es semanal. El análisis de las correspondencias múltiples mostró asociación entre los consumidores de kéfir, edad mayor de 18 años, más de cuatro horas diarias dedicadas a la preparación y consumo de los alimentos, y ocupación en áreas de la salud. Dichas asociaciones fueron verificadas a través de la prueba de Chi cuadrado ($p < 0.05$). A modo de conclusión, el perfil de un consumidor de kéfir tiene las siguientes características: edad ≥ 18 años, dedicación de más de cuatro horas diarias a preparar y consumir los alimentos, consumo semanal y su ocupación está vinculada al área de la salud.

Palabras clave: alimentos fermentados, kéfir, consumidores.

1. Introducción

Los alimentos fermentados son alimentos que se han producidos desde el desarrollo de las civilizaciones humanas (Marco et al., 2017). La creencia popular de que los productos fermentados tienen efectos beneficiosos para la salud data desde la antigüedad, pero solo en las últimas décadas estas ideas han comenzado a encontrar apoyo científico. Actualmente, los alimentos fermentados han recuperado valor en dietas occidentales debido a los avances científicos respecto de la importancia de una microbiota intestinal saludable. Varios grupos de investigación han sugerido que los alimentos fermentados deben incluirse como parte de las recomendaciones dietéticas (Chilton et al., 2015; Ebner et al., 2014).

El kéfir es una bebida fermentada originaria del Cáucaso que se transmite de generación en generación. La elaboración de kéfir fue durante mucho tiempo un secreto, ya que los musulmanes del Cáucaso creían que el fermento utilizado tenía características benéficas y los mantenía fuertes (Rosa et al., 2017).

El kéfir es una bebida fermentada artesanal constituida por una simbiosis de bacterias y levaduras (Gulitz et al., 2011; Lopitz-Otsoa et al., 2006); la fermentación puede realizarse en distintas matrices alimentarias: leche, agua con sacarosa y/o jugos de frutas, denominándose kéfir de leche y kéfir

de agua, respectivamente. Los métodos de producción de kéfir, el tiempo, la temperatura de fermentación, el tipo de sustrato utilizado, el origen de los gránulos, la proporción gránulos/sustrato y el tiempo de enfriamiento posterior a la fermentación son factores que influyen en la composición química y microbiológica del kéfir. Y, por lo tanto, cada kéfir tiene una composición única (Ferrari, 2020).

El Código Alimentario Argentino (CAA), en el apartado de Leches Fermentadas, Artículo 576 (Resolución Conjunta SPRyRS y SAGPyA N° 33/2006 y N° 563/2006), define el kéfir como un producto “cuya fermentación se realiza con cultivos acidolácticos elaborados con granos de kéfir, *Lactobacillus kefir*, especies de los géneros *Leuconostoc*, *Lactococcus* y *Acetobacter*, con producción de ácido láctico, etanol y dióxido de carbono. Los granos de kéfir están constituidos por levaduras fermentadoras de la lactosa (*Kluyveromyces marxianus*) y levaduras no fermentadoras de la lactosa (*Saccharomyces omnisporus*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces exiguus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium* spp. y *Streptococcus salivarius subsp.thermophilus*)”. Debe contener como mínimo: 10^4 de levaduras y 10^9 de bacterias acidolácticas UFC/ml (Código Alimentario Argentino, 2006).

Vale aclarar que existe regulación para el kéfir de leche pero no para el kéfir de agua. Y si bien existe una regulación, en la Argentina no se encuentra disponible ningún producto comercial de kéfir registrado por la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología médica. Esto puede deberse a la dificultad de escalar la producción de kéfir a nivel industrial manteniendo sus propiedades químicas y microbiológicas constantes (Laureys et al., 2017).

El Ministerio de Producción y Trabajo de la Nación lanzó la ficha 39 sobre la promoción del consumo de kéfir de leche, dando a conocer las ventajas de su consumo y explicando la forma de preparación y opciones para incluir en la alimentación diaria de la población (Secretaría de Agroindustria de Argentina, 2015).

El kéfir está compuesto por una gran diversidad de microorganismos benéficos y compuestos bioactivos producidos durante la fermentación, y puede considerarse como un potencial alimento funcional (Rosa et al., 2017).

El kéfir de leche tiene numerosos beneficios para la salud, como propiedades antiestrés, inmunomoduladora (Kim et al., 2015), hipocolesterolémico (Liu et al., 2006), antialérgico (Liu et al., 2006), propiedades antiasmáticas, antimicrobianas (Miao et al., 2016), anticancerígenas (Sharifi et al., 2017) y quimiopreventiva contra el cáncer de colon (Khoury et al., 2014). Asimismo, se trata del alimento fermentado más comúnmente investigado en términos de su impacto en la salud gastrointestinal, cuya evidencia sugiere que es beneficioso para la mala absorción de lactosa y la erradicación de *H. pylori* (Dimidi et al., 2019). Sin embargo, el conocimiento detallado de la composición de kéfir es aún escaso, y necesita ser caracterizado para la comprensión de los efectos fisiológicos *in vivo* y para encontrar nuevas aplicaciones. En segundo lugar, se deben realizar más estudios en modelos animales y humanos que demuestren una clara causa y efecto del kéfir y la reducción del riesgo de enfermedad (Rosa et al., 2017).

Si bien el sustrato más utilizado y estudiado para la elaboración de kéfir es la leche, también existen granos de kéfir de agua, cuyo sustrato fermentativo puede ser azúcar o jugos de frutas (Witthuhn et al., 2005). Este es un aspecto beneficioso para la industria alimentaria, ya que el mercado de consumo de bebidas no lácteas ha aumentado en los últimos años. Este mercado se ha basado en consumidores con intolerancia a la lactosa, alergias a productos lácteos y dietas veganas o vegetarianas, así como en comportamientos ecológicos (que son consumidores que buscan productos con menor impacto ambiental, generalmente de origen no animal) (Fiorda et al., 2017; Sethi et al., 2016). Actualmente, la investigación sobre el kéfir de agua es limitada y la mayor parte de la información científica disponible se refiere a la diversidad de sus especies.

Si bien se ha estudiado la composición microbiológica del kéfir y sus efectos sobre la salud, no se encuentran disponibles trabajos científicos que hayan indagado sobre el consumo de kéfir en la población argentina.

2. Objetivos

Evaluar el consumo y describir el perfil de los consumidores de kéfir a nivel nacional.

3. Materiales y métodos

Se planteó un diseño de tipo transversal y descriptivo. El trabajo de campo se realizó mediante una encuesta diagnóstica para evaluar el consumo de kéfir en un grupo de individuos. La encuesta fue *online* y autoadministrada, diseñada a través de formularios de la suite Google Drive Office, distribuida por las redes sociales del Centro Universitario de Estudios Medioambientales. Se analizaron dos grupos: consumidores y no consumidores de kéfir. Las variables estudiadas fueron: sociodemográficas (edad, sexo, ocupación, ingresos mensuales), variables para analizar el tipo de consumidor: tipo de alimentación (omnívora, vegetariana), procedencia de la comida (casera, sitios de preparación de alimentos y distribución a domicilio *-delivery-*, viandas, alimentos prehechos), lugar de compra (supermercados, almacenes, lugares específicos *-panadería, carnicería, verdulería, etc.-*, dietéticas), horas diarias dedicadas a preparar y consumir los alimentos y el consumo de kéfir (sí, no) y variables específicas de los consumidores de kéfir (tipo de kéfir, cómo lo conoció, procedencia, frecuencia de consumo, causa de su consumo).

3.1 Ética

Los procedimientos contaron con el aval y la aprobación del Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Rosario.

3.2 Análisis estadístico

El análisis descriptivo de los datos se realizó con el paquete stats y la vinculación de las variables con el análisis de las correspondencias múltiples (MCA) del paquete FactoMineR, ambos del entorno R en su versión 3.6.3 (R

development Core Team, 2020). Para comparar la proporción entre las categorías de una variable se utilizó el test para dos proporciones o más de dos, según correspondió. Las asociaciones entre las variables se corroboraron con la prueba Chi cuadrado, con un nivel de significación de 0.05.

4. Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir del procesamiento de los datos obtenidos de la encuesta realizada.

4.1 Análisis descriptivo

4.1.1 Análisis descriptivo sociodemográfico

La Tabla 1 muestra un análisis descriptivo y estadístico de los datos sociodemográficos de la muestra estudiada.

Tabla 1. Descripción sociodemográfica de la muestra estudiada.

Variable	Subniveles			Test proporciones
Sexo	Mujeres ^a 82.8% (n=236)	Hombres ^b 17.19% (n=49)		p<0.05
Ocupación	Estudiantes ^a 46.7% (n=133)	Trabajadores de salud ^b 23.5% (n=67)	Otros ^b 29.8% (n=85)	p<0.05
Ingresos mensuales	Altos ^a 22.4% (n=64)	Medios ^b 67.7% (n=193)	Bajos ^c 8.5% (n=24)	p<0.05
Edad	Rango= 16-78 años, mediana= 27 años			

n representa el número de individuos y los porcentajes se calcularon en función del número total de encuestados, 285. Para la variable ingresos mensuales el total de los individuos fue 281. Superíndices diferentes entre filas en dos subniveles indica diferencia significativa entre ellos.

4.1.2 Análisis descriptivo del tipo de consumidores

En la Tabla 2 se muestra un análisis descriptivo de las variables específicas para analizar el tipo de consumidores de la muestra estudiada.

Tabla 2. Descripción del tipo de consumidores.

Variable	Subniveles				Test proporciones
Tipo alimentación	Omnívora 84.2% (n=240)	Vegetariana 15.8% (n=45)			p<0.05
Lugar de compra	Supermercado ^a 45.2% (n=129)	Lugares específicos ^a 44.9% (n=128)	Dietética ^b 4.9% (n=14)	Almacén ^b 4.9% (n=14)	p<0.05
Procedencia comida	Casero ^a 85.6% (n=244)	Alimentos prehechos ^b 11.22% (n=32)	Delivery ^c 1.75% (n=5)	Viandas ^c 1.4% (n=4)	p<0.05
Horas diarias alimentación	Rango= 1-7 horas, mediana= 4 horas				

n representa el número de individuos y los porcentajes se calcularon en función del número total de encuestados, 285. Superíndices diferentes entre filas en dos subniveles indica diferencia significativa entre ellos.

4.1.3 Análisis descriptivo de los individuos consumidores de kéfir

Un 14,4% del total de los individuos (n=41) resultaron ser consumidores de kéfir (ver Figura 1). Se calculó además el test de proporciones con una p<0.05, indicando que la cantidad de individuos consumidores de kéfir es significativamente menor que la cantidad de individuos no consumidores de kéfir.

Figura 1. Gráfico de sectores de consumidores y no consumidores de kéfir

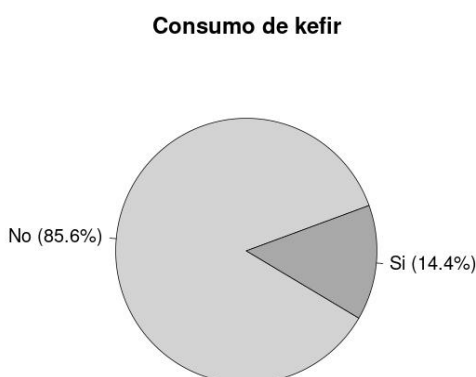


Gráfico de sectores que representa el porcentaje de individuos consumidores (Sí) y no consumidores de kéfir (No).

En la Tabla 3 se muestra un análisis descriptivo de los consumidores de kéfir, teniendo en cuenta las distintas variables estudiadas.

Tabla 3. Descripción de los consumidores de kéfir.

Variable	Subniveles				Test proporciones
Cómo lo conoció	Amistades 46.3 ^a % (n=19)	Profesional de la salud ^a 24.3% (n=10)	Redes sociales ^a 26.8% (n=11)	Vendedor ^b 2.4% (n=1)	p<0.05
Motivo de consumo	Bienestar y salud ^a 70.7% (n=29)	Gusto ^b 17.1% (n=7)	Recomendación no médica ^b 12.2% (n=5)		p<0.05
Tipo de kéfir	agua+azúcar+frutas ^a 73.2% (n=30)	agua+azúcar ^b 9.75% (n=4)	Leche ^b 9.75% (n=4)	Ambos ^b 7.3% (n=3)	p<0.05
Frecuencia de consumo	Diaria 41.5% (n=17)	Semanal 39% (n=16)	Mensual 19.5% (n=8)		p>0.05
Edad	Rango= 19-65 años, mediana= 29 años				

n representa el número de individuos de cada subnivel y los porcentajes se calcularon en función del número total de los individuos consumidores de kéfir (n=41). Superíndices diferentes entre filas en dos subniveles indica diferencia significativa.

4.1.4 Análisis descriptivo de los individuos no consumidores de kéfir

Se interrogó acerca de las causas de que los individuos no consuman kéfir. En la Tabla 4 se enuncian las principales causas de los no consumidores de kéfir. Se realizó el test de proporciones con un nivel significación del 5%.

Tabla 4. Descripción de las causas de los individuos no consumidores de kéfir.

Causas del no consumo de kéfir					
Desconocimiento ^a 64.1% (n=156)	Requiere mucho tiempo ^b 12.7% (n=31)	Desinterés ^b 9% (n=22)	No probaron/ consiguieron ^b 8.2% (n=20)	No le gusta ^{bc} 4.5% (n=11)	Otras ^c 1.2% (n=4)

n representa el número de individuos de cada subnivel y los porcentajes se calcularon en función del número total de los individuos no consumidores de kéfir (n=244). Superíndices diferentes indican diferencia significativa.

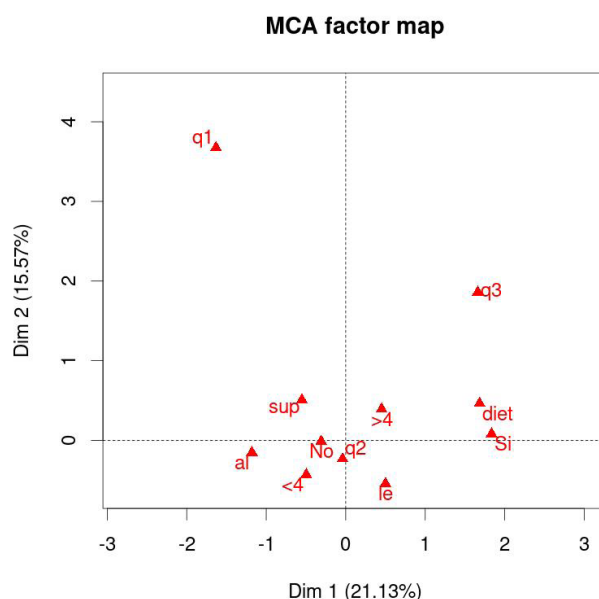
4.2 Análisis cualitativo

Se realizó un análisis cualitativo para identificar asociaciones entre las variables estudiadas. Para ello se efectuó el análisis de las correspondencias múltiples (MCA), para lo cual la variable edad se categorizó (q1 ≤ 18 años, q2 = 19-59 años, q3 ≥ 60 años), es decir, en adolescentes, adultos y adultos mayores. De la misma manera se procedió con las horas diarias dedicadas a la preparación y consumo de alimentos (<4 h diarias, ≥4 h diarias), tomando como referencia 1 hora/comida del día. Se halló asociación entre los consumidores de kéfir y las siguientes variables: edad mayor a 18 años, más de cuatro horas diarias dedicadas a la preparación y consumo de alimentos y realizar las compras en la dietética (ver Figura 2; en la Tabla 5 se muestran las abreviaturas y la explicación de las variables representadas en dicha figura).

Tabla 5. Abreviatura de las variables utilizadas en el MCA.

Consumo kéfir	Edad	Horas/día alimentación	Lugar de compra
Sí No	q1 ≤ 18 q2: 19-59 q3 ≥ 60	< 4 ≥ 4	sup: supermercado; diet: dietética; le: lugares específicos; al: almacén

Figura 2. MCA de consumidores y no de kéfir.



La zona derecha del gráfico corresponde al sector de los *consumidores de kéfir*.

En la zona derecha del gráfico se muestra una agrupación de los individuos consumidores de kéfir. Se puede comprobar que en esa zona se hallan el nivel q3 de edad, el nivel “diet” como lugar de compra, ≥4 horas diarias dedicadas a la preparación y consumo de alimentos y el nivel “Sí”, referido al consumo de kéfir. Se puede observar también que existe una fuerte asociación entre “Sí” y “diet” y entre “No”, “sup” y “<4 h”. Se observa con claridad que los consumidores de kéfir son predominantemente mayores de 18 años.

Se realizó un análisis de clusters para identificar subgrupos con características semejantes. Se identificaron 12 clusters, 3 de ellos específicamente de los consumidores de kéfir:

- Cluster 10: consumidores de kéfir, lugares específicos, q2 de edad y ≥ 4 horas diarias destinadas a la alimentación.
- Cluster 11: consumidores de kéfir, dietética, q2 de edad y ≥ 4 horas diarias destinadas a la alimentación. Cluster 12: consumidores de kéfir, lugares específicos, q3 de edad y ≥ 4 horas diarias destinadas a la alimentación.

En contraposición con los clusters 10, 11 y 12, el cluster 1 tuvo las siguientes características: no consumidores de kéfir, supermercado, q1 de edad y < 4 horas diarias destinadas a la alimentación.

4.3 Análisis cuantitativo

A partir del análisis MCA descrito anteriormente, se realizó un análisis de asociación utilizando Chi cuadrado, a través del cual se halló asociación significativa entre el consumo de kéfir y las siguientes variables: edad, horas diarias dedicadas a la preparación y consumo de alimentos y lugar de compra. Dichas asociaciones pueden observarse en la Tabla 6.

Tabla 6. Relación analítica entre el consumo de kéfir y otras variables.

Variabes	Chi cuadrado test
Tipo de alimentación	$p < 0.05$
Horas diarias destinadas a la alimentación	$p < 0.05$
Ocupación	$p < 0.05$
Lugar de compra	$p < 0.05$
Edad	$p < 0.05$

Prueba de Chi cuadrado. $p < 0.05$ indica asociación significativa entre la variable *analizada* y el *consumo o no de kéfir*.

5. Conclusiones

El kéfir es una bebida fermentada originaria del Cáucaso y su consumo se ha ido extendiendo a lo largo del mundo, incluida la Argentina.

Si bien existe un gran número de trabajos científicos sobre el kéfir, estos tienen la finalidad de describir su composición microbiológica, sus efectos sobre la salud o cuestiones referidas al proceso tecnológico para su elaboración, y hasta el momento no existe evidencia científica sobre qué tipo de población consume este producto.

De 285 individuos estudiados, un 14,4% resultó ser consumidor de kéfir, principalmente kéfir de agua + azúcar + frutas y con un consumo semanal. Un 46,3% lo conoció a través de amistades, un 24,3% a través de profesionales de la salud, un 26,8% por redes sociales y un 2,4% por un vendedor. Resultaría interesante investigar qué profesionales de la salud y ante qué situaciones recomiendan el consumo de kéfir.

Según este estudio, el consumidor de kéfir presenta el siguiente perfil: mediana de edad=29 años, dedica más de cuatro horas diarias a preparar y consumir los alimentos, tiene una frecuencia de consumo semanal, su ocupación está en relación con el área salud y el motivo principal de su consumo es por bienestar y salud. A través de un análisis de clusters se lograron identificar subgrupos de los consumidores de kéfir, aquellos que compran en dietéticas y tienen entre 19 y 59 años y aquellos que compran en lugares específicos (panadería, carnicería, verdulería, etc.) y tienen más de 60 años. Además, se halló que es mayor la proporción de individuos consumidores de kéfir con una alimentación omnívora que aquellos con una alimentación vegetariana. Sería interesante, no obstante, indagar más sobre la relación entre el tipo de alimentación y el consumo de kéfir.

El presente estudio es de gran relevancia debido a la importancia de conocer sobre los alimentos que la sociedad elige y consume, ya que a partir de ellos, en la mayoría de los casos, se originan las investigaciones científicas, a partir de las cuales surge la evidencia de si es recomendable o no su consumo.

Referencias

Chilton, S. N., Burton, J. P., Reid, G. y Reid, G. (2015). Inclusion of fermented foods in food guides around the world. *Nutrients*, 7(1), 390-404. <https://doi.org/10.3390/nu7010390>

- Código Alimentario Argentino (2006). Capítulo VIII – Alimentos Lácteos. Código Alimentario Argentino, 323–416. http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/CAPITULO_VIII.pdf
f%0Ahttp://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9788535213362500084
- Dimidi, E., Cox, S. R., Rossi, M. y Whelan, K. (2019). Fermented foods: Definitions and characteristics, impact on the gut microbiota and effects on gastrointestinal health and disease. *Nutrients*, 11(8), 2-26. <https://doi.org/10.3390/nu11081806>
- Ebner, S., Smug, L. N., Kneifel, W., Salminen, S. J. y Sanders, M. E. (2014). Probiotics in dietary guidelines and clinical recommendations outside the European Union. *World Journal of Gastroenterology*, 20(43), 16095-16100. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i43.16095>
- Ferrari, A. (2020). *Alimentos fermentados: microbiología, nutrición, salud y cultura*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Instituto Danone Cono Sur. http://www.fiq.unl.edu.ar/media/docs/institucional/Publicaciones/Alimentos_Fermentados_web.pdf
- Fiorda, F. A., de Melo Pereira, G. V., Thomaz-Soccol, V., Rakshit, S. K., Pagnoncelli, M. G. B., Vandenberghe, L. P. de S. y Soccol, C. R. (2017). Microbiological, biochemical, and functional aspects of sugary kefir fermentation - A review. *Food Microbiology*, 66, 86-95. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.04.004>
- Gulitz, A., Stadie, J., Wenning, M., Ehrmann, M. A. y Vogel, R. F. (2011). The microbial diversity of water kefir. *International Journal of Food Microbiology*, 151(3), 284-288. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.09.016>
- Khoury, N., El-Hayek, S., Tarras, O., El-Sabban, M., El-Sibai, M. y Rizk, S. (2014). Kefir exhibits anti-proliferative and pro-apoptotic effects on colon adenocarcinoma cells with no significant effects on cell migration and invasion. *International Journal of Oncology*, 45(5), 2117-2127. <https://doi.org/10.3892/ijo.2014.2635>
- Kim, D. H., Chon, J. W., Kim, H. y Seo, K. H. (2015). Modulation of intestinal microbiota in mice by kefir administration. *Food Science and Biotechnology*, 24(4), 1397-1403. <https://doi.org/10.1007/s10068-015-0179-8>
- Laureys, D., Van Jean, A., Dumont, J. y De Vuyst, L. (2017). Investigation of the instability and low water kefir grain growth during an industrial water kefir fermentation process. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101(7), 2811-2819. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-8084-5>
- Liu, J. R., Wang, S. Y., Chen, M. J., Chen, H. L., Yueh, P. Y. y Lin, C. W. (2006). Hypocholesterolaemic effects of milk-kefir and soyamilk-kefir in cholesterol-fed hamsters. *British Journal of Nutrition*, 95(5), 939-946. <https://doi.org/10.1079/bjn20061752>

- Liu, J. R., Wang, S. Y., Chen, M. J., Yueh, P. Y. y Lin, C. W. (2006). The anti-allergenic properties of milk kefir and soymilk kefir and their beneficial effects on the intestinal microflora. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(15), 2527-2533. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2649>
- Lopitz-Otsoa, F., Rementeria, A., Elguezabal, N. y Garaizar, J. (2006). Kefir: A symbiotic yeasts-bacteria community with alleged healthy capabilities. *Revista Iberoamericana de Micología*, 23(2), 67-74. [https://doi.org/10.1016/s1130-1406\(06\)70016-x](https://doi.org/10.1016/s1130-1406(06)70016-x)
- Marco, M. L., Heeney, D., Binda, S., Cifelli, C. J., Cotter, P. D., Foligné, B., Gänzle, M., Kort, R., Pasin, G., Pihlanto, A., Smid, E. J. y Hutkins, R. (2017). Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology*, 44, 94-102. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.11.010>
- Miao, J., Guo, H., Chen, F., Zhao, L., He, L., Ou, Y., Huang, M., Zhang, Y., Guo, B., Cao, Y. y Huang, Q. (2016). Antibacterial Effects of a Cell-Penetrating Peptide Isolated from Kefir. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(16), 3234-3242. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00730>
- R development Core Team (2020). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.r-project.org/>
- Rosa, D. D., Dias, M. M. S., Grześkowiak, Ł. M., Reis, S. A., Conceição, L. L. y Peluzio, M. D. C. G. (2017). Milk kefir: Nutritional, microbiological and health benefits. *Nutrition Research Reviews*, 30(1), 82-96. <https://doi.org/10.1017/S0954422416000275>
- Secretaría de Agroindustria de Argentina. (2015). *KEFIR: Una nueva forma de consumir lácteos*. www.alimentosargentinos.gob.ar
- Sethi, S., Tyagi, S. K. y Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(9), 3408-3423. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2328-3>
- Sharifi, M., Moridnia, A., Mortazavi, D., Salehi, M., Bagheri, M. y Sheikhi, A. (2017). Kefir: A powerful probiotics with anticancer properties. *Medical Oncology*, 34(183), 1-7. <https://doi.org/10.1007/s12032-017-1044-9>
- Witthuhn, R. C., Schoeman, T. y Britz, T. J. (2005). Characterisation of the microbial population at different stages of Kefir production and Kefir grain mass cultivation. *International Dairy Journal*, 15(4), 383-389. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.07.016>

SUERO LÁCTEO: DE EFLUENTE A INGREDIENTE PARA HELADOS

**SOFÍA BALDOR,^{1,2} PAOLA TORRES,³ CLAUDIO NARAMBUENA³
Y VALERIA BOERIS^{1,2}**

Resumen

Se llama suero lácteo (SL) al subproducto que se obtiene después de la coagulación de las caseínas, en la elaboración de quesos. El SL incluye un completo perfil de minerales, proteínas de alto valor biológico denominadas proteínas del suero lácteo (PSL), grasas de buena calidad y una fuente significativa de hidratos de carbono. El porcentaje de suero que se procesa para obtener productos de valor agregado es relativamente bajo y por lo general se utiliza para alimentación animal o directamente es vertido como efluente líquido. Se ha seleccionado al helado, dentro de los productos lácteos, como matriz a la cual incorporar derivados del SL como potencial materia prima. Se encontró que en la mayoría de las formulaciones se ha incorporado en formato de polvo, aunque con pureza variable (suero lácteo en polvo, concentrado de proteínas, proteínas aisladas). Asimismo, se incluyó como sólido lácteo no graso, como sustituto parcial de leche en polvo, y hasta como emulsionante. Se encontró que, desde el punto de vista nutricional, se incrementó el contenido proteico de los helados permitiendo, en algunos casos, reducir el contenido de grasa. Respecto del comportamiento reológico, se observó que

1 UNR-CONICET, Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Rosario, Santa Fe, 2000.

2 UCA. Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, 2000.

3 Grupo de Bionanotecnología y Sistemas Complejos, UTN-UNSL-CONICET, Facultad Regional San Rafael, Universidad Tecnológica Nacional. San Rafael, Mendoza, 5600. Argentina. softabaldor@gmail.com.

las PSL aumentan la viscosidad de las mezclas y que se mantuvo el comportamiento no newtoniano. El porcentaje de aire incorporado luego del batido en los helados dependió en forma significativa de la formulación elaborada, por lo que no se encontró un efecto entre la adición de PSL y la capacidad de incorporar aire. En conclusión, se demuestra que los derivados del SL son apropiados como ingredientes para las formulaciones de helados.

Palabras clave: suero lácteo, aditivo alimentario, helados.

1. Introducción

Una de las industrias más importantes y con más historia de la Argentina es la industria láctea, que incluye desde el fraccionamiento de la leche hasta la producción de una amplia variedad de alimentos. Actualmente se producen más de 10.000 millones de litros de leche al año (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca - Dirección Nacional Láctea, 2020), es decir, alrededor de 27 millones de litros diarios, destinándose aproximadamente el 40% a la elaboración de quesos. En la última década se ha intensificado y diversificado la industria quesera, ofreciendo al mercado cada vez más productos con múltiples innovaciones.

Una de las problemáticas de las plantas de elaboración de queso es que generan grandes volúmenes de suero lácteo (SL), que es el líquido que se obtiene después de la coagulación de las caseínas. Este subproducto representa entre un 80-90% del volumen original de leche utilizada para la producción de quesos frescos o maduros. Dependiendo del proceso de coagulación utilizado, se diferencian dos tipos de suero: 1) suero dulce, proveniente de la acción proteolítica de enzimas como quimosina o renina sobre las micelas de caseínas, y 2) suero ácido, obtenido por coagulación de las caseínas en su punto isoeléctrico (pH 4,6). El subproducto más abundante de la elaboración quesera es el suero dulce. En la Tabla 1 se muestra la composición de ambos tipos de suero, que difieren no solo en su pH sino también en el contenido de minerales y la concentración de biomoléculas.

Tabla 1. Composición y pH de los distintos tipos de suero.

Parámetro	Suero ácido	Suero dulce
Sólidos totales (g/L)	65	65
Cenizas (g/L)	7,0	4,0
Proteína (g/L)	6,0	6,2
Grasa (g/L)	0,3	0,5
Lactosa (g/L)	40,0	47,0
Calcio (g/L)	1,6	0,6
pH	4,5	6,4

Fuente: Castells et al. (2017). Valorización del lactosuero, Alternativas de valorización de sueros de quesería. <<https://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/lactosuero.pdf>>

Más allá de las diferencias entre ambos tipos de suero, este líquido turbio retiene cerca del 55% del total de los nutrientes presentes en la leche. Se destaca su compleja composición nutricional: minerales (potasio, calcio, fósforo, sodio y magnesio), proteínas de alto valor biológico, vitaminas (del grupo B), grasas de buena calidad y fuente significativa de hidratos de carbono, principalmente lactosa. Las proteínas despiertan particular interés desde el punto de vista nutricional no solo por su concentración sino por su balance de aminoácidos esenciales, que resulta comparable al huevo y aproximado al equilibrio recomendado por la FAO.

Las proteínas mayoritarias del SL son la β -lactoglobulina (~50 %) y la α -lactoalbúmina (~20 %). La β -lactoglobulina (BLG) está constituida por 162 residuos aminoácidos y posee un peso molecular de 18,4 kDa. Esta proteína tiene un elevado contenido de aminoácidos azufrados, de importancia para las síntesis de glutatión, y para la estabilidad proteica frente al calor, solventes y álcali. El gen que codifica la BLG es polimórfico, las formas A y B de la BLG son las más frecuentes. Su estructura terciaria se encuentra estabilizada por dos puentes disulfuro y su estructura cuaternaria es altamente dependiente del pH, la temperatura y la concentración. La BLG A es capaz de formar monómeros, dímeros y octámeros en condiciones nativas. En medio fisiológico predominan los dímeros; sin embargo, en medio ácido (por debajo de pH 3)

y a baja fuerza iónica, la repulsión electrostática evita la dimerización y permanece como monómero. A bajas temperaturas y en un intervalo de pH de 3,7 - 5,2, octameriza de manera reversible. Por el contrario, la conformación dimérica de la forma B de la BLG es la más frecuente (Uhrinova et al., 2000).

La α -lactoalbúmina está constituida por 123 residuos aminoácidos y su peso molecular es 14,2 kDa. Presenta cuatro puentes disulfuro y es reconocida por contener un sitio de unión a cationes divalentes, con una elevada afinidad por el ion Ca^{2+} . Se destaca por un elevado contenido de triptófano y se le atribuyen funciones biológicas variadas, desde su participación en la síntesis de lactosa hasta su efecto bactericida y antitumoral. Su estructura es globular y estable a pH neutro, y la unión al catión calcio incrementa su estabilidad térmica. Su conformación depende de la acidez del medio: alrededor de pH 3 su estructura es similar a la de un glóbulo fundido, cerca del punto isoeléctrico ($\sim 4,5$) disminuye su solubilidad y forma dímeros, mientras que por encima de este pH se encuentra en forma monomérica (Capitani et al., 2007).

Además de las principales, en el SL también se encuentran otras proteínas, en menor proporción: albúmina sérica, lactoferrina e inmunoglobulinas. En el caso del suero dulce se encuentra el glicomacropéptido (GMP), que es el fragmento C-terminal que se escinde de la κ -caseína por acción proteolítica de la quimosina. El GMP se halla en concentraciones relativamente elevadas en el suero dulce y representa aproximadamente el 15-20% del contenido total de proteínas en este.

Si se remonta en la historia, se encuentra que el suero tenía utilidades en el área de la medicina, para tratar infecciones y enfermedades estomacales, como también para la producción de sopas y mantecas de suero. Sin embargo, el destino del SL ha sido una dificultad desde que la humanidad comenzó a elaborar queso. A medida que aumentaba su producción, también crecía el volumen de SL, por lo que muchas fábricas queseras se construían cerca de las vías fluviales, para desechar la mayor parte del SL en arroyos o ríos. Con el tiempo, el impacto medioambiental que esto representa se hizo evidente y se incrementaron las normativas que regulan su vertido en vías fluviales o en sistemas de alcantarillado municipal. El volumen de efluente derivado de

la industria quesera ha aumentado año a año; se estima que en la Argentina se obtienen anualmente un aproximado de 4 millones de toneladas de SL, de las cuales el 55% se destina a alimentación animal o se descarta (Dirección de Innovación, mayo de 2018 - junio de 2019). Esto último impacta negativamente sobre el medio ambiente (Cáceres, 2012). La demanda biológica de oxígeno (DBO) es 3,5 k cada 100 k de SL y la demanda química de oxígeno (DQO) es 6,8 k cada 100 k de SL, por lo que compite con los organismos y deja inutilizable el recurso natural.

Desde hace años se trabaja en métodos para el tratamiento del SL debido a que representa un problema medioambiental y a que contiene biomoléculas de valor biológico y nutricional, muchos de los cuales se centran en la recuperación o concentración de las proteínas. En la segunda mitad del siglo XX varios logros tecnológicos permitieron transformar este producto de bajo valor en una valiosa materia prima. Sin embargo, el porcentaje de SL que actualmente se procesa para obtener productos de valor agregado es relativamente bajo. Su empleo como alimento animal se encuentra limitado por el excesivo contenido de lactosa y de minerales, y su utilización como fertilizante produce depósitos salinos (Prazeres et al., 2012).

Actualmente se cuenta con varios mecanismos de recuperación para las proteínas de lactosuero (PSL). La selección del método de aislamiento o concentración de las proteínas debe realizarse considerando cuál será la subsecuente aplicación del producto obtenido, ya que las operaciones unitarias involucradas en los procesos de separación afectan las propiedades funcionales de las PSL. Esta modificación puede ocurrir porque se altera irreversiblemente la conformación o la estructura de las proteínas, o bien porque cambian las condiciones del medio (pH, concentración de sales y otros cosolutos) y se producen modificaciones reversibles.

A partir del SL se pueden realizar procesos de evaporación o cristalización para obtener suero en polvo y sus variedades (deslactosado, engrasado). Un proceso más complejo de recuperación es la ultrafiltración, que se basa en una membrana semipermeable que deja pasar componentes de bajo peso molecular (agua, iones y lactosa) y retiene las PSL, que tienen altos pesos

moleculares. A partir de esta operación se obtiene un concentrado de PSL (conocido como WPC, por su sigla en inglés) cuya pureza puede variar entre un 35 al 65%; si la ultrafiltración se combina con una diafiltración, la concentración de PSL aumenta a un 80-85%. Es importante recalcar en este caso que un aumento de la concentración de proteína se acompaña de un incremento en el contenido de grasa. Los aislados de PSL (conocidos como WPI, por su sigla en inglés) se componen de más de un 90% de proteínas y el resto es agua. Se obtiene implementando procesos continuos de ultrafiltración-microfiltración –esta última retiene componentes grasos– y luego ultrafiltración-diafiltración. Todos estos procesos poseen como última operación el secado por atomización. Debido a que las PSL poseen reconocidas características nutricionales y propiedades funcionales (de hidratación, gelificación, emulsificación y formación de espumas), este tipo de producto es muy usado en la formulación de suplementos nutricionales, bebidas deportivas, medicinales y como aditivo en una amplia gama de alimentos.

Sin embargo, lo costoso del equipamiento, mantenimiento y los insumos, así como la necesidad de que el proceso sea continuo, resulta prohibitivo para las pymes lácteas que trabajan con producciones en lote (Wen-Qiong et al., 2019; Sayed y Chase, 2011). Una opción para la recuperación de las PSL en pymes es su coagulación a temperatura moderada con la ayuda de cationes calcio (precipitación termocálcica), en medio ácido (precipitación termoácida) o temperaturas elevadas (precipitación térmica). Esta tecnología más sencilla es frecuentemente utilizada para la elaboración de ricota, que se prepara mediante el calentamiento y la acidificación del SL, proceso que provoca la floculación de las PSL (Castells et al., 2017). El principal inconveniente del proceso térmico es el requerimiento de maquinaria o equipamiento apropiado y el elevado consumo energético, lo que resulta particularmente costoso para las pymes rurales que no cuentan con gas natural.

La selección de un tratamiento que minimice el impacto ambiental del SL, que valore el recurso y sea viable económicamente no resulta sencilla, principalmente debido a la complejidad de la matriz estudiada. Adicionalmente, el valor económico y los costos asociados al post-tratamiento de los productos

recuperables, así como el requisito de valorización de los subproductos obtenidos son otros parámetros que deben considerarse en la línea de tratamiento. En cualquier caso, el transporte del SL líquido es muy oneroso (Božanić et al., 2014) y suele representar el mayor costo de producción. La búsqueda de tratamientos alternativos, que puedan llevarse a cabo en pequeñas fábricas lácteas y que no requiera inversión en tecnologías ni mano de obra especializada, es un desafío que aún no se ha resuelto (Zadow, 2012).

Por otra parte, en los últimos años, la sociedad es cada vez más consciente de la incidencia de la nutrición en el bienestar y la salud, por lo que se busca que la alimentación produzca beneficios a largo plazo. En este contexto, surge el concepto de alimento funcional (AF). Según el International Life Science Institute (ILSI):

...un alimento puede considerarse funcional cuando se demuestra adecuadamente que, además de sus efectos nutritivos, afecta beneficiosamente a una o más funciones del organismo de forma que mejora su estado de salud o bienestar, reduce el riesgo de enfermedad o ambas cosas. (Ashwell, 2004)

Los AF deben aportar un beneficio adicional a un alimento de consumo cotidiano y debe demostrarse su efecto en cantidades normales.

En general, los productos lácteos son un grupo de alimentos de amplia aceptación en la sociedad: son valorados sensorialmente y considerados saludables para una dieta diaria. Es por esto que el uso de una matriz láctea resulta una elección apropiada si se busca aportar un beneficio fisiológico adicional; los lácteos son un vehículo apropiado para ser susceptibles a mejoras: incorporación de proteínas y minerales, reducción de grasa y colesterol o enriquecimiento con bioactivos vegetales, entre otros (Galante et al., 2017).

El SL es una fuente económica de proteínas de buena calidad que en caso de aplicarse en alimentos ofrecería un incremento nutricional y podría permitir la reducción del contenido graso, de manera de obtener un AF. Además las PSL pueden agregar propiedades funcionales, como mejorar la textura,

realzar el sabor, aportar buenas propiedades emulsificantes, estabilidad y demás funcionalidades que aumentan la calidad del producto alimenticio.

El objetivo particular de este trabajo es analizar las experiencias previas de incorporación de las PSL o de derivados del SL en una matriz alimentaria de consumo masivo. El objetivo general es contribuir a la disminución del impacto medioambiental de este subproducto a la vez que se le agrega valor mediante la recuperación sustentable de sus proteínas, obteniendo distintos ingredientes y aditivos que puedan usarse para la elaboración de alimentos para personas y/o animales.

2. Productos lácteos

Los argentinos son consumidores y productores de alimentos lácteos. Se ha determinado que los consumidores los eligen porque constituyen una buena fuente de calcio, vitaminas, minerales y, en menor porcentaje, por el contenido de proteínas. Debido a la creciente percepción de la reciprocidad entre el estilo de alimentación y la salud, se ha desarrollado la ciencia y tecnología de los alimentos para la formulación y modificación de productos con el fin de que resulten más saludables. Tanto es así que en las góndolas de los mercados se pueden encontrar productos lácteos con bajo contenido de grasa, de azúcar, reducidos en sodio o con una adición de nutrientes activos. Sin embargo, acompañando al mejoramiento del perfil nutricional de los alimentos industrializados, es necesario incrementar el conocimiento de la población acerca de lo que consume mediante educación nutricional, lo que permitiría modificar conductas y hábitos de manera integral.

La Argentina es el segundo país de Latinoamérica con mayor consumo de helado per cápita, lo que permite comprender que este haya sido uno de los productos lácteos que ha sido objeto de innovación. Años atrás solo salían a la venta en una estacionalidad del año bien definida (desde octubre a marzo), pero debido a los avances del mercado y por el interés en posicionar al helado como un alimento saludable, actualmente están disponibles los 365 días del año. Se ha trabajado no solo desde la tecnología de los alimentos sino desde

las estrategias de venta para mejorar su imagen e incrementar su consumo. En la actualidad, existe un amplio abanico de formatos de helados, formulaciones bajas en azúcar y/o grasa que resultan rentables dando un margen de beneficio mayor en comparación de otros alimentos dulces como los cereales. Por otra parte, se encuentran muchos trabajos de investigación relacionados con la mejora de la fórmula de helados para mejorar su impacto en la salud (Hidalgo et al., 2019; Danesh et al., 2017; Tsuchiya et al., 2017), para mejorar sus propiedades y para incrementar su rentabilidad.

En este contexto, y en la búsqueda de modificar la percepción del SL de subproducto a materia prima, se relevaron los trabajos recientemente publicados en los que se reportaron investigaciones referidas a la incorporación de SL o sus derivados como ingrediente o aditivo en helados.

3. Helados

El Código Alimentario Argentino (CAA) en el Capítulo XII (“Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificada”) define al helado de la siguiente manera (Art. 1074):

Con la denominación genérica de Helados, se entienden los productos obtenidos por mezclado congelado de mezclas líquidas constituidas, fundamentalmente, por leche, derivados lácteos, agua y otros ingredientes consignados en este artículo, con el agregado de los aditivos autorizados por el Artículo 1075.

A continuación se encuentran detalladas las características y propiedades de los principales componentes que se incluyen en las formulaciones de los helados:

Fase acuosa. Cuantitativamente, el agua es el ingrediente más importante dentro del helado y es el único de la mezcla que congela a partir de 0 °C. Sin embargo, una parte permanece líquida a las temperaturas de congelamiento (10-15% a -20 °C), lo que posibilita los movimientos internos de los solutos que conducen a la desestabilización de la estructura a través de los fenómenos de coalescencia y agregación, que dependen de la temperatura

(viscosidad), calidad de ingredientes (red tridimensional) y calidad de los estabilizantes (espesante, gelificante, interacciones). En la fase acuosa crio-concentrada están solubilizados los azúcares, las proteínas y los hidrocoloides. Puede ocurrir que se utilice leche fluida como principal fuente de agua.

Sólidos lácteos no grasos. Incluyen la lactosa, proteínas de la leche, sales minerales, vitaminas y otros componentes menores de la leche. Su principal función es la de retener el agua presente en la mezcla y ayudar a mantener el equilibrio, confieren estructura y cuerpo al helado. Estos solutos tienen gran poder de absorción de agua, lo que permite reducir el porcentaje de agua libre en la mezcla, evitando la formación de cristales de hielo. Además, participan en la incorporación y retención de aire por vía natural mediante la agitación en la etapa de congelación. Debido a que estos sólidos se presentan en mayor cantidad en concentrados que en leche líquida, suele incorporarse leche en polvo durante la elaboración de los helados.

Aire. Es un ingrediente aislante térmico, reduce la capacidad calorífica específica del helado y modifica la textura, disminuyendo su densidad e incrementando su ligereza, cremosidad y ductilidad.

Azúcares. Cumplen funciones que afectan las características organolépticas, controlan la temperatura de congelación, aportan textura y evitan la formación de cristales de agua. Suelen utilizarse mayormente los monosacáridos como fructosa y glucosa ya que, debido a su menor peso molecular, poseen mayor incidencia sobre el descenso crioscópico y permiten obtener cremas más suaves y blandas que con sacarosa. Además de los azúcares añadidos, los helados formulados con leche contienen lactosa; este carbohidrato posee aproximadamente un cuarto del poder edulcorante de la sacarosa y también contribuye a la disminución del punto de congelamiento del agua.

Materia grasa. Confiere una mejor percepción del sabor, contribuye a lograr una textura suave, un cuerpo cremoso y buen fundido; además, otorga lubricación al paladar cuando el helado es consumido. Tradicionalmente, se utiliza crema de leche como materia grasa; en la actualidad han comenzado a incorporarse grasas de origen vegetal como aceite de coco, de palma o de soja.

Aditivos. Los estabilizantes, que engloban a los espesantes y emulsionantes, son modificadores de la textura y prolongan la vida útil del helado. Los espesantes son hidrocoloides responsables de incrementar la viscosidad de la fracción acuosa no congelada y contribuyen a su retención, dificultando su migración dentro del helado. Los emulsificantes son moléculas anfífilas que se ubican en las interfases, disminuyendo la tensión interfacial y estabilizando las emulsiones y espumas. También suelen incorporarse otro tipo de aditivos como colorantes, aromatizantes, saborizantes, antioxidantes, conservantes y reguladores de acidez, cuya identidad y concentración dependen del tipo de helado que se elabore.

Los helados se clasifican según la proporción de los ingredientes anteriormente mencionados, que otorgan características diferenciales al producto. Si bien la principal distinción que realizan los consumidores es entre los helados de agua y los helados de crema (Figura 1), el Artículo 1077 (Res. 310, 22.3.88) del CAA reconoce la siguiente clasificación de helados:

A. Helados de agua o Sorbetes: esta denominación corresponde a los productos en los que el componente básico es el agua. Deberán responder a las siguientes exigencias:

- Extracto seco, Mín.: 20,0% p/p
- Materia grasa de leche, Máx.: 1,5% p/p

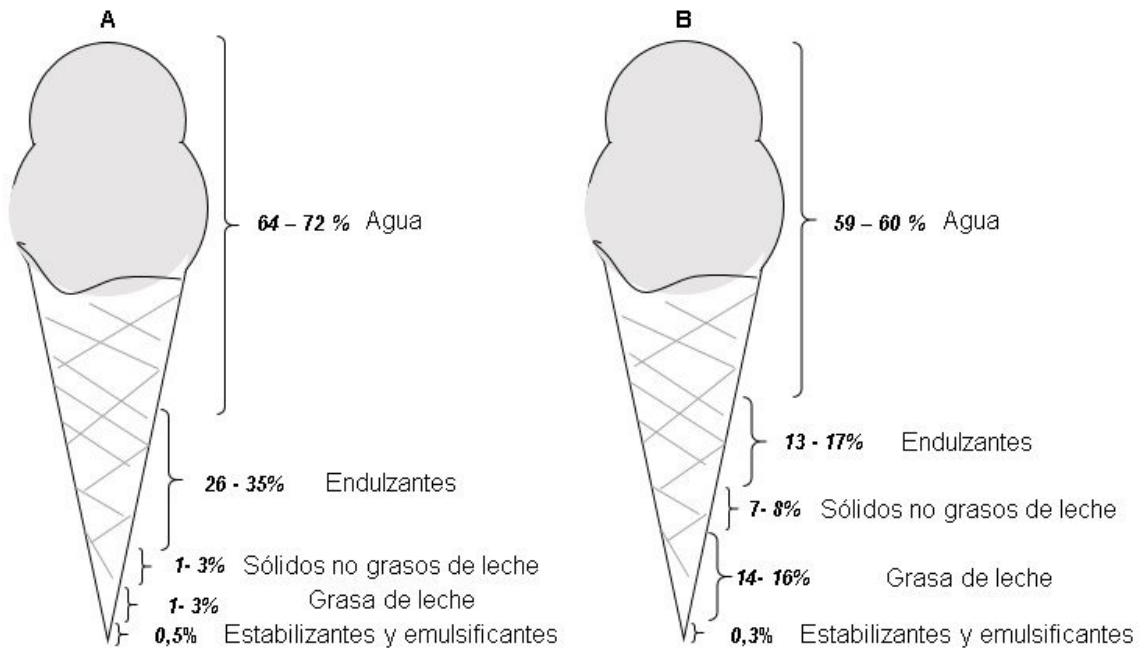
B. Helados o Helados de leche: esta denominación corresponde a los productos que han sido elaborados a base de leche. Deberán responder a las siguientes exigencias:

- Sólidos no grasos de leche, Mín.: 6,0% p/p
- Materia grasa de leche, Mín.: 1,5% p/p

C. Cremas heladas o Helados de crema: esta denominación corresponde a los productos que han sido elaborados a base de leche y han sido adicionados de crema de leche y/o manteca. Deberán responder a las siguientes exigencias:

- Sólidos no grasos de leche, Mín.: 6,0% p/p
- Materia grasa de leche, Mín.: 6,0% p/p

Figura 1. Composición aproximada del mix para la elaboración de helado de agua (A) y de crema (B).



Adaptado de Marshall et al. (2003). *Springer Science & Business Media*, p.12.

En la formulación y elaboración de un helado es necesario considerar que los ingredientes sean compatibles en la mezcla compleja que forman, que se establezcan los equilibrios requeridos para mantener la estructura correspondiente a cada temperatura, que no se formen cristales y que la viscosidad sea la apropiada. Una cuestión a tener en cuenta es que habrá que contemplar tantos equilibrios como tipos de helados se elaboran, por lo que no existe una fórmula única sino que las fórmulas y los procesos de elaboración están en continuo estudio y desarrollo. Además del logro de una formulación satisfactoria para la demanda a la cual esté dirigido el producto, se ponen en juego otras circunstancias relacionadas con el costo económico del proceso de elaboración y el precio de venta del producto final, por lo que esto también interviene en la decisión de qué materias primas y tecnologías se utilizan.

4. Proceso de elaboración de helados

Entre todos los documentos seleccionados, se encontró que las operaciones unitarias involucradas para la elaboración del helado deseado coincidían significativamente (Figura 2). La variabilidad hallada fue en las materias primas que lo componen, momento de incorporación de emulsionantes y estabilizantes, la calidad y la cantidad de los componentes; en consecuencia son estos factores los que principalmente definen el tipo de helado que se pretende fabricar.

El proceso comienza con una etapa de incorporación y mezclado de las cantidades apropiadas de cada uno de los ingredientes. Los componentes sólidos se hidratan antes para que, luego, lo que ingrese en el recipiente provisto de agitadores sea de fácil manejo. Otra opción es que los ingredientes líquidos se incorporen primero y ya en agitación; se añaden lentamente al líquido los ingredientes secos mezclados o tamizados.

En el paso de pasteurización se eliminan los microorganismos patógenos o alterantes y se inactivan las enzimas hidrolíticas que afectan el sabor y la textura del producto. La selección de la temperatura del tratamiento térmico y su duración se realiza de acuerdo al tipo de producto y del equipamiento disponible.

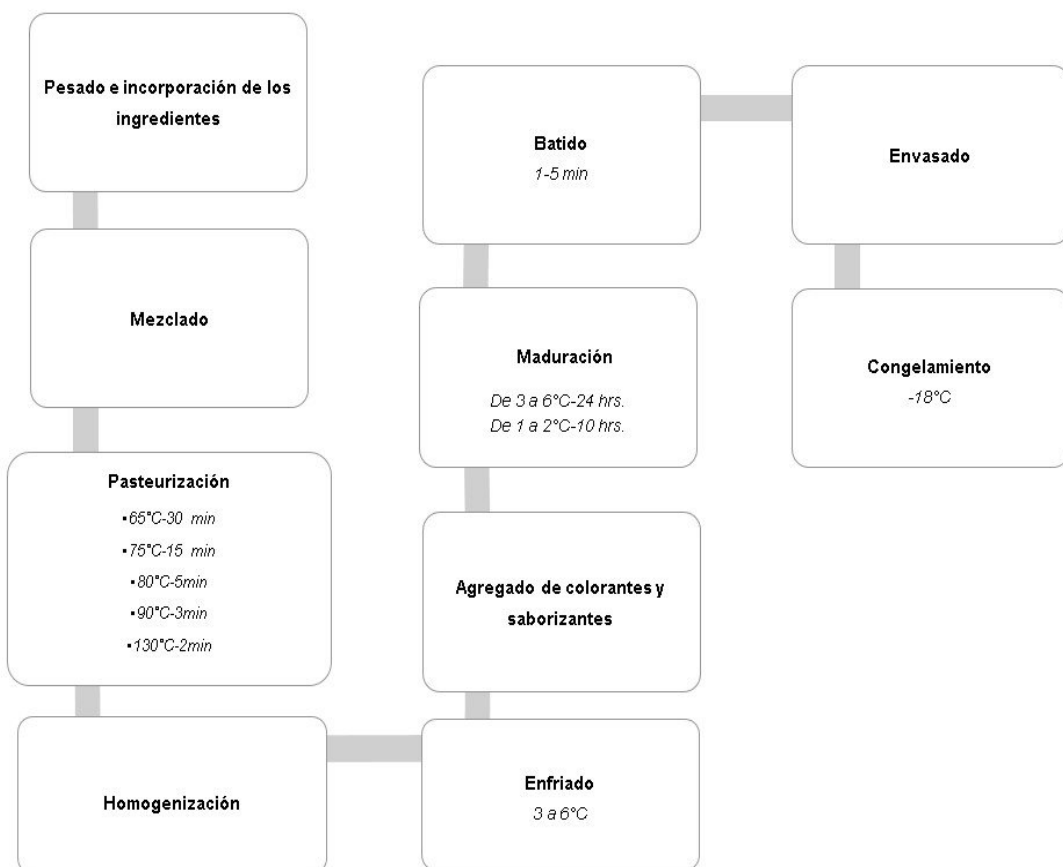
Durante la homogeneización se arma la estructura con la que resultará el helado; se debe lograr una suspensión estable y que los glóbulos grasos obtengan un tamaño uniforme (menor a 2 μm); también durante este momento las proteínas se distribuyen sobre la superficie de los glóbulos de grasa.

La maduración, posterior a un correcto enfriado, consiste en dejar la mezcla entre 2 °C y 5 °C, durante un tiempo determinado para que repose y se hidraten algunos ingredientes. Durante esta etapa se debe realizar una agitación lenta a intervalos, a fin de evitar la precipitación de los sólidos en suspensión. En este paso se incorpora una pequeña cantidad de aire en el mix; la temperatura de incorporación del aire se sitúa entre los 4 °C hasta los -4 °C. A temperaturas más bajas, el frío retiene el aire y el agitador lo fragmenta en diminutas burbujas y las distribuye en todo el helado. Sucede una cristalización del contenido de grasa y se absorbe parcialmente el agua libre.

En el batido, la parte grasa se une parcialmente y queda una estructura formada por cristales de grasa y una red tridimensional con las proteínas. Esta red contribuye a estabilizar el aire incorporado, retardar el punto de fusión y otorgar una textura cremosa. En este punto la consistencia ya no es líquida sino semisólida.

Por último, el congelamiento tiene el objetivo de endurecer y cristalizar el agua que todavía permanece en estado líquido; se realiza sobre el helado envasado sin movimientos de agitación hasta llegar a una temperatura de -18°C . El tiempo óptimo de esta última etapa es cuando el centro del envase esté a la temperatura indicada. Si el enfriamiento es rápido, se favorece la suavidad de la textura del helado.

Figura 2. Proceso de elaboración de helados.



Fuente: Elaboración propia.

5. Metodología aplicada a la evaluación de los helados

Antes de poner en juicio los resultados de los helados producidos, es necesario definir cuáles son las propiedades físicas de importancia para determinar la calidad de las formulaciones modificadas. Ramirez et al. (2015) indican las siguientes:

- *Comportamiento reológico.* La viscosidad es una medida de la resistencia interna de un líquido a fluir cuando es sometido a fuerzas de corte. La viscosidad aparente (η) es una magnitud dependiente de la temperatura y se define como el cociente entre el esfuerzo de corte impartido (σ) y el gradiente de deformación (γ) adoptado por el fluido ($\eta = \sigma / \gamma$). Las mezclas para helados son fluidos no newtonianos, es decir que su η depende del esfuerzo cortante al que está sometido. El batido, y otras operaciones involucradas en la elaboración del helado así como la estabilidad coloidal y la retención de aire, se vinculan con la viscosidad del producto. La viscosidad puede incrementarse aumentando la concentración de los siguientes componentes, ordenados de manera decreciente según su efecto: estabilizantes, proteínas, azúcares, grasas y sólidos totales. También, la temperatura de fabricación y las sales pueden afectar la viscosidad debido a su efecto sobre las proteínas de caseína y suero.
- *Dureza.* Se determina como la fuerza máxima registrada en ensayos de compresión o de penetración uniaxial. Se relaciona de manera inversa con la cantidad de aire incorporado en la mezcla, que le aporta suavidad. La elevada concentración de sólidos, una red interconectada de grasas, azúcares, proteínas e hidrocoloides y la presencia de cristales de agua de gran tamaño son factores que incrementan la dureza del helado. Es por esto que la dureza se relaciona con las interacciones de los componentes en la mezcla y la efectividad de las operaciones unitarias involucradas en la elaboración del producto.
- *Densidad de la mezcla.* La composición de la mezcla de helado incide sobre su densidad; altos niveles de sólidos no grasos, azúcares y la pre-

sencia de estabilizantes producen un aumento en la densidad, mientras que un aumento del contenido de grasa la disminuye. Suele ser un parámetro apropiado para medir la incorporación de aire en la mezcla. Puede determinarse pensando un determinado volumen a una temperatura dada.

- *Overrun*. Es una medida de la incorporación de aire de la mezcla y se calcula como el incremento porcentual del volumen de la mezcla que se produce como resultado de la adición de aire. La capacidad espumante es una propiedad de superficie de la mezcla para helado, que se relaciona con la presencia de agentes tensoactivos en la fórmula. Las burbujas de aire tienen que estar adecuadamente formadas y estabilizadas durante la fabricación; comienzan como entidades grandes cuyo tamaño depende de la técnica del congelador y de la incorporación de aire, y a medida que se avanza en el proceso, el tamaño de las burbujas se reduce y el aire se dispersa de forma más uniforme por la acción de cizallamiento durante el congelamiento. Asimismo, la incorporación de aire provoca una disminución en el tamaño de los cristales de agua, y la mayor dispersión de las celdas de aire disminuye la probabilidad de coaliciones entre los cristales. El control de la incorporación de aire en el helado es crítico para la calidad y estabilidad del producto. El overrun se calcula a partir de las mediciones directas de volumen o también puede calcularse utilizando medidas de densidad de la muestra antes y después de la incorporación de aire.
- *Estabilidad de la mezcla*. La evaluación de la estabilidad de la mezcla se refiere a la determinación de la estabilidad coloidal en forma global, que incluye la resistencia a la separación de las proteínas de la leche en la suspensión coloidal (relacionada con la solubilidad proteica), a la grasa de la emulsión (relacionada con los procesos de coalescencia y floculación), a la sinéresis (relacionada con la capacidad de retener agua de los sólidos del helado).

- *Estabilidad al derretimiento.* Suele determinarse evaluando la cantidad de líquido que se funde en función del tiempo a una temperatura dada, superior a 0 °C. Puede cuantificarse mediante el tiempo de latencia, que es el tiempo que demora en fundir y caer la primera gota o con la velocidad de derretimiento, que es la constante de proporcionalidad entre la cantidad de drenado líquido y el tiempo transcurrido en un ambiente cálido. Estos parámetros dependen de varios factores, como la cantidad de aire incorporado, el tamaño de los cristales de hielo, el contenido total de sólidos y la interconexión de la red de glóbulos grasos que se forma durante el congelamiento.
- *Análisis sensorial.* Consiste en la realización de diversas pruebas con el fin de analizar diferentes atributos de un producto utilizando los sentidos. Puede incluir la evaluación del color, olor, sabor, textura y apariencia. El sector lácteo es uno de los que más tradición posee en la aplicación de este tipo de análisis en la industria alimentaria.

6. Incorporación de SL en formulaciones de helados

Se ha encontrado que el SL puede incluirse en las formulaciones como un sólido lácteo no graso, como sustituto parcial de leche en polvo y hasta como emulsionante. En la mayoría de las formulaciones se incorpora en formato de polvo, tanto como concentrado o como aislado de proteína. A modo de resumen, en la Tabla 2 se muestran las fórmulas utilizadas de aquellos trabajos que explicitaban los tipos de ingredientes y sus cantidades para la elaboración de los helados.

Tabla 2. Composición empleada en la elaboración de helados.

Cita	F	SL	(%)	LP (%)	LLE (%)	MG (%)
Reyes, 2019	A		3	5,0 ^D	71,7	2,0
	B	WPI	5	3,0 ^D	71,7	2,0
	C		3	5,0 ^D	71,5	2,0
	D		5	3,0 ^D	71,5	2,0
Danesh et al., 2017	A		0	7,0 ^D	65,5	10,0
	B	WPI	0,4	7,0 ^D	70,1	5,0
	C		0,4	7,0 ^D	70,1	5,0
Musina et al., 2018	A		24	19,5		43,5
	B	WPE	19,8	16,2		36,0
	C		18,5	15,0		33,5
Hidalgo et al., 2019	A		0	12,8		1,46
	B	WPC	1	12,8		1,46
	C		2	12,8		1,46
Tsuchiya et al., 2017	A		0	10,0	61,0	5,0
	B	WP	10	0,0	64,0	5,0
	C		5	5,0	61,0	5,0
Musina et al., 2018	A		24	19,5		43,5
	B	WPE	19,8	16,2		36,0
	C		18,5	15,0		33,5
Deco Abrate, 2017	A		0	12,32		6,94
	B	SP	2,88	11,04		7,67
	C		5,88	9,74		8,43
Levin et al., 2016	A		0	8,35		43,0
	B	WPC-A	2	6,35		42,6
	C	WPC-B	2	6,35		42,2
	D	WPC-C	2	6,35		42,6

Fuente: Elaboración propia.

F= Formulación. LP= leche en polvo. LLE= leche líquida entera. MG= materia grasa.

A, B, C y D= denominación genérica para cada una de las fórmulas presentadas en cada uno de los trabajos analizados.

^D Descremada.

En la tesis de Rivera (2017), se utilizó WPI (95% de PSL) como reemplazo parcial de leche en polvo entera para obtener postres congelados. Esta modificación permitió lograr helados con mayor contenido de proteínas y menor cantidad de grasa que el grupo control. La modificación de los sólidos lácteos no grasos también incidió sobre el tiempo de derretimiento. A medida que se incrementó el porcentaje de WPI incorporado, aumentó el pH del producto y también su viscosidad. Por otra parte, la dureza disminuyó al incrementarse la proporción de WPI y el overrun fue máximo cuando se utilizó un 6% de WPI. Según los análisis sensoriales, el helado con mayor aceptabilidad en cuanto a textura y sabor fue aquel con una proporción de WPI del 5%.

Danesh et al. (2017) evaluaron el efecto individual y combinado de la incorporación de WPI (92% de PSL) y la enzima transglutaminasa (TG) en helados con contenido reducido de grasa. El objetivo fue minimizar el impacto negativo de la disminución del contenido lipídico en la textura y el sabor de los productos. Para favorecer el entrecruzamiento proteico, se realizó un tratamiento térmico luego de la incorporación del WPI para desnaturalizar las PSL. Todas las mezclas presentaron comportamiento pseudoplástico y se encontró que la viscosidad aparente de los sistemas con WPI sin TG era superior al resto. Debido a que las PSL tienen una buena capacidad de retención de agua, su incorporación reduciría la cantidad de agua libre, lo que explicaría la observación de que la incorporación de WPI en las mezclas reducidas en grasa disminuyó la velocidad de derretimiento de la mezcla. Las mezclas con WPI y con WPI+TG presentaron overrun y dureza intermedios en comparación a los observados para los helados control (con contenido normal de grasa y reducido en grasa). Esto se atribuyó a que la formación de la red proteica favoreció la incorporación de aire a pesar de que su viscosidad fue superior e impidió la formación de cristales de agua de gran tamaño. Los resultados de la evaluación sensorial indicaron que si bien los helados reducidos en grasa no alcanzaron la puntuación de los helados tradicionales, la incorporación de WPI mejoró la aceptabilidad general y elevó la valoración de los productos en cuanto a los descriptores de textura y de color.

Es conocido que la grasa aporta propiedades tecnológicas, sensoriales y nutricionales deseables en ciertos productos: proporciona sabor, textura y cremosidad, es una fuente de energía y vehículo de vitaminas liposolubles. Es por esto que Hidalgo et al. (2019) decidieron disminuir el contenido de colesterol de las mezclas para helados utilizando β -ciclodextrina como encapsulante como alternativa a la reducción del contenido graso en la matriz de los helados. En este trabajo se evaluó el efecto de distintas proporciones de grasa (a la que previamente se le extrajo el colesterol) y de WPC (35% de PSL) en las propiedades de fusión y sensoriales de las mezclas. Se encontró que el aumento de ambos ingredientes produjo un incremento en la estabilidad de la mezcla al derretimiento, alargando el tiempo de latencia y disminuyendo la velocidad de derretimiento. En cuanto a los atributos sensoriales de textura de la mezcla congelada, el incremento en la cantidad de WPC produjo una disminución en la astringencia y en la cremosidad, y un aumento en la granulosidad. Dependiendo del contenido de grasa, hasta un 20% de los evaluadores identificó el defecto “sabor a suero” en las mezclas.

En otro trabajo, se utilizó WPI como sustituto parcial de leche en polvo descremada. En este caso el reemplazo generó un incremento en el contenido proteico pero sin modificaciones en el contenido de grasa. La viscosidad se incrementó al aumentar el contenido proteico, siendo aún mayor su incidencia que el aumento en la concentración de la mezcla de espesantes (carboximetilcelulosa + goma guar). Las mezclas que presentaron mayor viscosidad fueron también las que incorporan mayor cantidad de aire. En todos los casos analizados, la estabilidad de la mezcla fue la suficiente ya que se informó que no hubo separación de los componentes del helado (Reyes, 2019).

Si bien los resultados obtenidos al incorporar WPI en los helados han resultado satisfactorios y han permitido moderar el impacto de la reducción de grasa, es necesario considerar que su costo es elevado comparado con el de la leche en polvo, que es el ingrediente que generalmente sustituye. Es por esto que otros trabajos han evaluado la incorporación de otros ingredientes de menor costo.

El suero en polvo es uno de los derivados del SL más económico y fue ensayado como reemplazo de la leche en polvo descremada en la tesis de Abrate Deco (2017), manteniendo constante el contenido de materia grasa y proteína. Las propiedades tecnológicas analizadas fueron el overrun y las características de fusión. El reemplazo parcial de la leche en polvo por suero en polvo no afectó la capacidad de incorporación de aire pero esta característica se vio significativamente disminuida cuando la sustitución fue total. Esta observación se atribuyó al incremento de la viscosidad que producen las PSL, casi al punto de la gelificación, durante etapas de homogeneización y maduración del producto. En cuanto a la estabilidad al drenado solo se registraron leves mejoras ante la muestra testigo, pero debido a la elevada variabilidad entre los datos, no resultaron significativas.

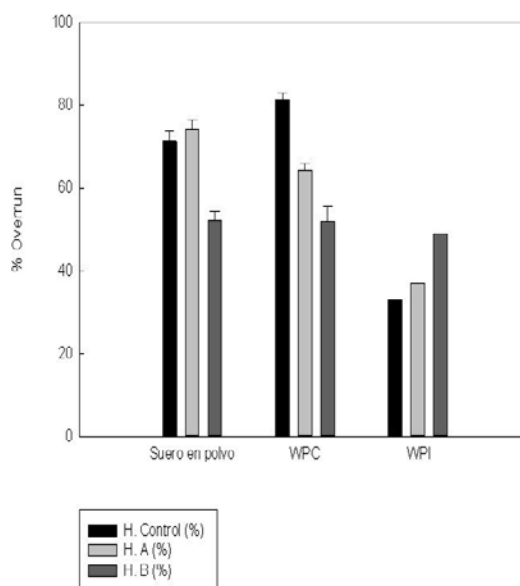
En los casos en los que se utiliza suero en polvo como aditivo en helados, es importante considerar el efecto de la lactosa. Si bien es uno de los componentes que constituyen los helados de leche o de crema, su concentración puede incrementarse si se reemplaza leche en polvo por suero en polvo. Este disacárido puede ocasionar problemas tecnológicos como el descenso en el punto de congelación, texturas ásperas o de arenilla y hasta resultar una dificultad en personas con problemas intestinales. Tsuchiya et al. (2017) ensayaron el reemplazo parcial y total de leche en polvo por suero en polvo hidrolizando la lactosa por acción de la enzima β -galactosidasa. Los resultados indicaron que dicho tratamiento dio como resultado un producto apropiado desde el punto de vista tecnológico y microbiológico. El reemplazo de leche en polvo por suero en polvo mejoró la incorporación de aire en la mezcla y disminuyó la velocidad de fusión. No tuvo un efecto significativo sobre el contenido proteico y lipídico en la mezcla pero sí incrementó la concentración de minerales. En este caso se utilizó un derivado del SL más accesible desde el punto de vista económico que el WPI. Sin embargo, previo a su implementación en la industria alimentaria, es importante considerar el costo de la enzima: una alternativa que podría ser más redituable para su aplicación es el uso de un sistema de enzima inmovilizada, de manera que pueda reutilizarse o bien trabajarse de forma continua.

Como se comentó anteriormente, una de las dificultades en el aprovechamiento del SL es que la mayor parte de las fábricas queseras no cuentan con la tecnología apropiada para su tratamiento ni su secado para obtener suero en polvo, menos aún para la producción de WPC o WPI. Sin embargo, la coagulación termoácida de las PSL es una alternativa más accesible para la obtención de un extracto de proteína de suero (WPE). Musina et al. (2018) evaluaron la formulación de postres batidos helados a base de leche, WPE y pulpa de frutas. El principal objetivo del trabajo, en relación con el WPE, fue optimizar su acondicionamiento y determinar la cantidad más apropiada para la formulación del helado. Se encontró que el WPE debía hidratarse en leche con agitación intermitente, previamente a la elaboración del helado, y que su porcentaje máximo no debía superar el 25% de la fórmula para evitar el sabor a suero y la textura arenosa del helado.

A diferencia de los trabajos anteriores, Levin et al. (2016) evaluaron la incorporación de WPC con distinto porcentaje de PSL (entre el 50 y el 70%) y grasa (entre el 13,7 y el 15,7%) como emulsificante en helados, en reemplazo de los sintéticos. Estos autores analizaron el efecto del tipo de WPC utilizado y de su nivel de incorporación (1 y 2%) en algunos parámetros fisicoquímicos y en la estabilidad coloidal. Las formulaciones se realizaron estandarizando el contenido proteico y lipídico total así como el punto de congelación de la dispersión. Se encontró que si bien la viscosidad de las mezclas presentaba cierta alteración, esta no resultó significativa desde el punto de vista tecnológico. El reemplazo de emulsionantes (mono y diglicéridos + polisorbato) por WPC redujo el grado de coalescencia de los glóbulos de grasa en el helado. Esto, junto con la baja capacidad espumante y estabilizante de espumas del WPC, incidió negativamente en el overrun. Si bien la cantidad de aire incorporado a la mezcla disminuyó en presencia de WPC, no se encontraron diferencias en el tamaño medio de las burbujas de aire (en el rango entre 30 y 36 μm). Por su parte, el tamaño de los cristales de hielo fue de alrededor de 25 μm , más bajo que lo habitual (entre 35 y 45 μm), siendo ligeramente superior en los helados con WPC. Todas las características mencionadas incidieron sobre la velocidad

de fusión de los helados, que fue significativamente superior en presencia de WPC. Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que el WPC no es una buena alternativa para el reemplazo total de los emulsificantes, al menos en las condiciones estudiadas.

En los artículos revisados en este trabajo se encontró una amplia diversidad de materia prima derivada del SL empleada como ingrediente para la formulación de helados; el nivel de incorporación en la fórmula así como la proporción del resto de los ingredientes también fue variable. Asimismo, las técnicas de caracterización no fueron las mismas en todos los casos; sin embargo, pueden realizarse algunas observaciones generales: se encontró que los derivados del SL incrementaron la viscosidad aparente de las mezclas sin modificar su comportamiento pseudoplástico, disminuyeron la dureza del helado y, a excepción de un caso, aumentaron la estabilidad al derretimiento. En la Figura 3 se puede visualizar cómo la incorporación de suero lácteo en tres formas, concentraciones y proporciones diferentes influye el valor de overrun. El porcentaje del volumen obtenido en los diferentes helados fue muy dependiente de los ingredientes utilizados en su conjunto y no solo de la concentración de PSL y el tipo de derivado de SL incorporado. En el caso del suero en polvo, fue el tipo con la menor concentración de proteína (12%) pero precisó de por lo menos un 25% como proporción en la mezcla; en cambio, al utilizarse un concentrado de proteína (92%), la cantidad requerida fue menos de la mitad que el anterior.

Figura 3. Porcentaje de overrun en diferentes tratamientos de helados.

Adaptado de Deco Abrate, F. (2017). *Evaluación de la estabilidad en helados de crema utilizando diferentes tipos de proteínas*. [Tesis de Magister en Tecnología de los Alimentos]; Levin, M. A. et al. (2016). Whey protein phospholipid concentrate and delactosed permeate: Applications in caramel, ice cream, and cake, *Journal of Dairy Science. American Dairy Science Association*, 99(9), pp. 6948-6960. doi: 10.3168/jds.2016-10975; Danesh, E. et al. (2017). Short communication: Effect of whey protein addition and transglutaminase treatment on the physical and sensory properties of reduced-fat ice cream, *Journal of Dairy Science. American Dairy Science Association*, 100(7), pp. 5206-5211. doi: 10.3168/jds.2016-12537.

7. Conclusión

Se han analizado diferentes artículos que reportan la incorporación de distintos tipos de derivados del SL en helados. Como ocurre con este tipo de producto, las fórmulas utilizadas en los distintos trabajos presentaron algunas coincidencias pero difirieron en sus objetivos. Es por esto que se encontró que en algunos trabajos se priorizaron las características sensoriales; en otros, la calidad fisicoquímica o microbiológica de los productos; mientras que en algunos, las propiedades nutricionales. Esto permitió que en cada caso se optimizara la fórmula y el proceso de elaboración de los helados para alcanzar los objetivos propuestos. Los resultados publicados permiten inferir que los productos derivados de distintos tratamientos del SL son apropiados y suficientemente

versátiles para ser incorporados en formulaciones de helados. Se plantea como perspectiva la recuperación de las PSL mediante otros tipos de tratamientos, más accesibles para pymes, y la evaluación de la incorporación de los productos obtenidos de esa manera en helados o en otros productos lácteos.

Referencias

- Božanić, R., Barukčić, I. y Lisak, K. (2014). Possibilities of whey utilisation. *Austin Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2(7).
- Cáceres, M.D.J.G. (2012). Aspectos medioambientales asociados a los procesos de la industria láctea. *Mundo pecuario*, VIII, 1, pp.16-32.
- Capitani, C., Pérez, O. E., Pacheco, B., Teresa, M. y Pilosof, A. M. (2007). Influence of complexing carboxymethylcellulose on the thermostability and gelation of α -lactalbumin and β -lactoglobulin. *Food Hydrocolloids*, 21(8), 1344-1354.
- Castells, M. L., Muset, G., Juliano, P., Silva, C. M., Sepulveda, J.U., Jorcín, S., Krolow, A. C., Di Riso, J. y López, T. (2017). *Valorización del lactosuero, Alternativas de valorización de sueros de quesería*. Ediciones INTI. Available at: <https://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/lactosuero.pdf>.
- Danesh, E., Goudarzi, M. y Jooyandeh, H. (2017). Short communication: Effect of whey protein addition and transglutaminase treatment on the physical and sensory properties of reduced-fat ice cream. *Journal of Dairy Science. American Dairy Science Association*, 100(7), pp. 5206-5211. doi: 10.3168/jds.2016-12537.
- Deco Abrate, F. (2017). *Evaluación de la estabilidad en helados de crema utilizando diferentes tipos de proteínas*. [Tesis de magíster en Tecnología de los Alimentos].
- Documento "Recuperación y valorización de lactosuero PyMES de la cuenca láctea argentina, a través de la asociación público-privada", ejecutado por la Dirección de Innovación para el Desarrollo Sustentable de la Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable, en articulación con la Dirección Nacional Láctea del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca entre mayo de 2018 y junio de 2019.
- El-Sayed, M. M. y Chase, H.A. (2011). Trends in whey protein fractionation. *Biotechnology Letters*, 33(8), 1501-1511.
- Galante, M., Pavón, Y., Lazzaroni, S., Soazo, M., Costa, S., Boeris, V. y Rozycki, S. (2017). Effect of cholesterol-reduced and zinc fortification treatments on physicochemical, functional, textural, microstructural and sensory properties of soft cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 70(4), 533-541.

- Hidalgo, M. E., Bordino, J., Acciarri, G., Fernández J.M., Rozycki, S. y Risso, P.H. (2019). Effects of cholesterol extraction process and fat and whey protein additions on ice cream mixes. *Journal of Food Science*, 84(5), 980-989. doi: 10.1111/1750-3841.14513.
- Levin, M. A., Burrington, K. J. y Hartel, R. W. (2016). Whey protein phospholipid concentrate and delactosed permeate: Applications in caramel, ice cream, and cake. *Journal of Dairy Science. American Dairy Science Association*, 99(9), 6948-6960. doi: 10.3168/jds.2016-10975.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca - Dirección Nacional Láctea (2020).
- Ministerio de Agroindustria, Dir. Nac. Alimentos y Bebidas, Marco Regulatorio: http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Marco_Regulatorio/codigo_alimentario_argentino.php. ANMAT: www.anmat.gov.ar
- Moreno, F. J. (1991). *Estructura y funcionalidad del glicomacropéptido bovino*. Instituto de Fermentaciones Industriales (CSIC), 223-249.
- Musina, O., Rashidinejad, A., Putnik, P., Barba, F., Abbaspourrad, A., Greiner, R. y Roohinejad, S. (2018). The use of whey protein extract for manufacture of a whipped frozen dairy dessert. *Mljekarstvo*, 68(4), 254-271. doi: 10.15567/mljekarstvo.2018.0402.
- Prazeres, A.R., Carvalho, F. y Rivas, J. (2012). Cheese whey management: A review. *Journal of Environmental Management*, 15(110), 48-68.
- Ramirez, J., Rengifo, C. y Rubiano, A. (2015). Parámetros de calidad en helados. *Revista Reciteia*, 15(1), 79-94.
- Reyes, A. C. L. (2019). *Influencia de proteína aislada del suero de leche y mezclas de dos estabilizantes en la elaboración de un helado artesanal*, Espam MFL. [Tesis de magíster en Agroindustria].
- Rivera, A. J. R. (2017). *Propiedades físico-químicas de un postre congelado elaborado con suero de leche*. [Tesis de maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos].
- Tsuchiya, A.C., Da Graça Monteiro Da Silva, A., Brandt, D., Lahis Kalschne, D., Drunkler, D. A. y Colla, E. (2017). Lactose-reduced ice cream enriched with whey powder. *Semina: Ciências Agrarias*, 38(2), 749-758. doi: 10.5433/1679-0359.2017v38n2p749.
- Uhrinova, S., Smith, M. H., Jameson, G. B., Uhrin, D., Sawyer, L. y Barlow, P. N. (2000). *Structural changes accompanying pH-Induced dissociation of the beta-lactoglobulin dimer*, *Biochemistry*, 39, 3565-3574.
- Wen-Qiong, W., Yun-Chao, W., Xiao-Feng, Z., Rui-Xia, G. y Mao-Lin, L. (2019). Whey protein membrane processing methods and membrane fouling mechanism analysis. *Food Chemistry*, 289, 468-481.
- Zadow, J.G. (2012). *Whey and Lactose Processing*. Springer Science & Business Media.

PROTEÍNAS DE QUINUA COMO POTENCIAL ALTERNATIVA PARA EL DESARROLLO DE EMULSIONES GELIFICADAS

NADIA LINGIARDI, MICAELA GALANTE, DARÍO SPELZINI¹

Resumen

Las emulsiones gelificadas (EG) son sistemas semisólidos que se comportan como emulsiones y geles al mismo tiempo. Sus aplicaciones más relevantes son la sustitución de grasas y vehiculización de ciertos compuestos bioactivos en alimentos. Actualmente, se considera a las proteínas vegetales como una opción más sustentable, frente a las de origen animal, para la estabilización de las EG. En este sentido, las proteínas de quinua (PQ) tienen potencialidad para ser empleadas en estos sistemas ya que presentan buenas propiedades emulsionantes y gelificantes y no requieren modificaciones químicas, como el almidón, para su uso. Sin embargo, el rol de estas proteínas en la estabilización de EG no se ha estudiado hasta el momento. El objetivo del presente trabajo es revisar el estado del arte de las EG, focalizando en el estudio en las proteínas vegetales como estabilizadores de estos sistemas y discutir el posible empleo de las PQ en su formulación.

Palabras clave: quinua, propiedades emulsionantes, capacidad gelificante.

1 Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, UNR - CONICET, Rosario, Argentina.

1. Introducción

Las emulsiones gelificadas (EG) son sistemas coloidales semisólidos constituidos por una red biopolimérica y gotas de aceite agregadas. Presentan el comportamiento de emulsión y de gel al mismo tiempo. Se pueden clasificar en emulsiones gelificadas embebidas, cuando la fase dispersa está embebida dentro de una red polimérica que constituye la fase continua; o en emulsiones particuladas, cuando las gotas de aceite floculadas conforman por sí mismas una red (Dickinson, 2012, 2014). Estos modelos idealizados difícilmente son identificados en los sistemas alimentarios; por ello, las EG se consideran un híbrido entre ambos (Dickinson, 2012, 2014; Reiffers-Magnani et al., 1999).

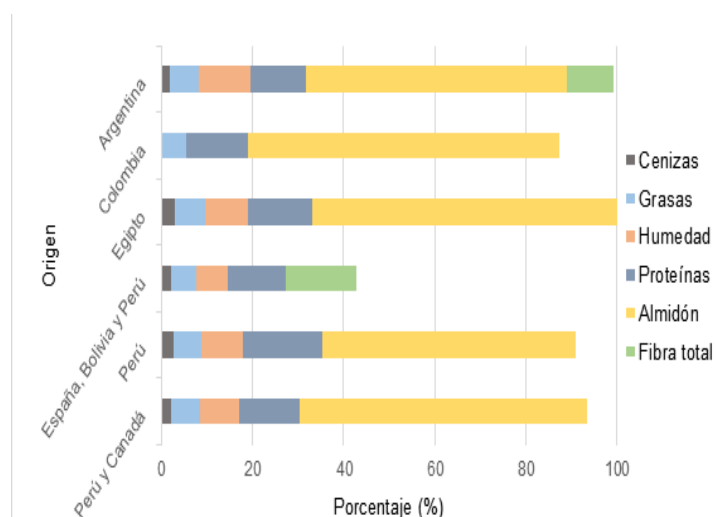
Muchos productos alimentarios pueden ser descriptos como EG; estos contienen diferentes componentes cuyas interacciones y distribuciones pueden variar a través del tiempo, dando lugar a diversos fenómenos como floclación o coalescencia de las gotas de aceite (Dickinson, 2006). Con el objeto de evitar esa desestabilización, se emplean proteínas, polisacáridos, surfactantes y nano-partículas que actúan principalmente reduciendo la tensión superficial y creando barreras protectoras alrededor de las gotas (Chang, 2016). Existen diferentes tipos de estabilizantes de grado alimentario. Entre los polisacáridos más empleados pueden señalarse el agar, la inulina (Paradiso et al., 2015), el k-carragenano (Koç et al., 2019), la goma gelana (Lorenzo et al., 2013) y la pectina (Soltani y Madadlou, 2015). Entre las proteínas, las más comúnmente utilizadas son las proteínas del suero lácteo (McClements, Monahan y Kinsella, 1993; Dickinson y Chen, 1999; Balakrishnan et al., 2017; Leon et al., 2018; Liang et al., 2020) y la gelatina bovina (Lorenzo et al., 2011; Satapathy et al., 2015).

Siguiendo las tendencias actuales sobre el uso de ingredientes más sustentables (McClements, 2020), las proteínas vegetales deberían ser consideradas como una opción para emulsificar o estabilizar las EG (Berton-Carabin y Schroën, 2019; McClements, Bai y Chung, 2017). En este sentido, las proteínas de quinua (PQ) parecen ser una alternativa prometedora. En los últimos años, diversas investigaciones se han centrado solo en el gránulo de almidón

de quinua como candidato para estabilizar emulsiones de tipo Pickering (Rayner, Sjöo et al., 2012; Rayner, Timgren et al., 2012; Matos et al., 2013) y emulsiones de tipo Pickering gelificadas (Li, Xu y Zhu, 2019; Lin et al., 2019; Kierulf et al., 2020). En comparación con otros estabilizantes, las PQ presentan algunas ventajas. En primer lugar, independientemente del origen o variedad, la quinua (*Chenopodium quinua* Willd.) tiene un elevado contenido proteico con altos niveles de lisina e histidina (Elsohaimy et al., 2015; Mota et al., 2016; Thanapornpoonpong et al., 2008; Xinwei Wang et al., 2020). En la Figura 1 se muestra la composición química de la quinua de diferentes procedencias. En segundo lugar, estas proteínas no requieren de modificaciones químicas superficiales para ser empleadas y además presentan propiedades tecno-funcionales que resultan clave para el desarrollo y procesamiento de alimentos (Dakhili et al., 2019). Sin embargo, el rol de estas proteínas en la estabilización de EG no ha sido estudiado hasta el momento.

El objetivo del presente trabajo es revisar el estado del arte de las EG elaboradas con proteínas vegetales y discutir los posibles usos de las PQ en la formulación de estos sistemas.

Figura 1. Composición química de la quinua de diferentes orígenes.

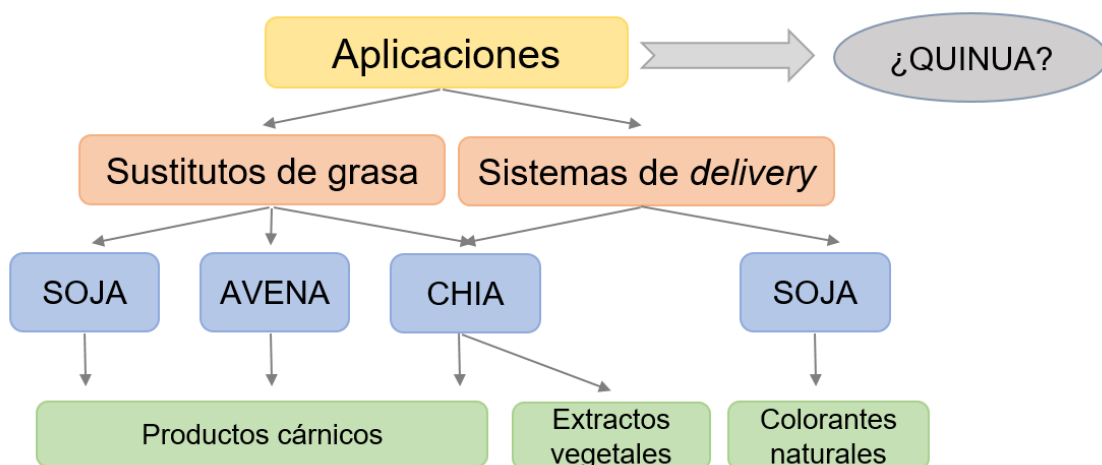


Orígenes: Argentina (Nascimento et al., 2014); Colombia (Contreras-Jiménez et al., 2019); Egipto (Elsohaimy et al., 2015); España, Bolivia y Perú (Pellegrini et al., 2018); Perú (Sánchez-Reséndiz et al., 2019); Perú y Canadá (Shi et al., 2020).

2. Aplicaciones de las emulsiones gelificadas con proteínas vegetales en alimentos

Las EG son ampliamente utilizadas por la industria alimentaria. Entre las aplicaciones más relevantes pueden señalarse el transporte y la liberación controlada (sistemas *delivery*) de ingredientes funcionales y el diseño de alimentos con bajo contenido de grasa (Guo et al., 2017; Lu et al., 2019). El desarrollo de estos productos representa un enorme desafío ya que sus caracteres organolépticos deben ser similares a las versiones originales para lograr la aceptación por parte de los consumidores (McClements, 2020). La Figura 2 muestra algunos ejemplos de aplicaciones de EG formuladas con ingredientes de fuentes vegetales.

Figura 2. Aplicaciones de EG con proteínas vegetales.



La sustitución de grasa animal mediante el empleo de fuentes vegetales constituye un modo interesante de mejorar el perfil de ácidos grasos del alimento, así como también de incrementar el aporte de otros nutrientes esenciales (Pintado et al., 2018). Pintado, Herrero, Jiménez-Colmenero y Ruiz-Capillas (2016); Pintado, Herrero, Ruiz-Capillas et al. (2016) y Pintado et al. (2018) estudiaron a la chía y la avena como potenciales sustitutos de grasas saturadas en varios productos cárnicos como *frankfurters* y salchichas tipo *longaniza*. Además de la mejora en el perfil lipídico, estos productos presentaron

mayores niveles de calcio, potasio, magnesio e hierro según la fuente vegetal empleada. El mucílago de chía (Câmara et al., 2020) y los aislados de proteína de soja (APS) (Paglarini et al., 2018) fueron también empleados como un sustituto de grasa efectivo, con una capacidad de inducir la saciedad similar a la grasa porcina (Câmara et al., 2020). Si bien la harina de quinua se utilizó en el desarrollo de productos similares (Baoumy et al., 2018; Fernández-Diez et al., 2016; Fernández-López et al., 2021; Öztürk-Kerimoğlu et al., 2020; Vargas Zambrano et al., 2019; Zapata y De La Pava, 2018), esta no ha sido estudiada en la formulación de EG hasta el momento.

Con respecto a la vehiculización de ingredientes, las EG se utilizan ampliamente ya que presentan ciertas ventajas: al tratarse de una emulsión, tienen la capacidad de contener compuestos lipofílicos, y al comportarse como geles, otorgan mejores propiedades mecánicas y estabilidad a los sistemas (Torres et al., 2016). Como ejemplos se pueden mencionar el transporte y la liberación de colorantes naturales como la curcumina, en EG a base de APS (Brito-Oliveira et al., 2017) y de extractos naturales, en EG elaboradas con mucílago de chía (Guzmán-Díaz et al., 2019). En relación con la quinua, la mayor parte de las investigaciones en esta materia se centró en el almidón de quinua y su potencial uso para encapsular ingredientes funcionales. La curcumina y otros compuestos aromáticos como la vainillina han sido incorporados en emulsiones estabilizadas con almidón de quinua modificado (G. Li y Zhu, 2018; Marefati et al., 2017; Tari et al., 2003). Sin embargo, las propiedades emulsionantes y gelificantes de las PQ podrían considerarse una opción viable para el desarrollo de EG con diferentes aplicaciones alimentarias.

3. Formulación de emulsiones gelificadas con proteínas vegetales

La formulación de EG consta de tres etapas: 1) la preparación de una emulsión de aceite en medios acuosos, 2) el agregado de un agente emulsificante y 3) la agregación de las gotas de aceite y/o gelificación de la fase continua por calentamiento, acidificación o uso de ciertas enzimas; la

glucono- δ -lactona (GDL) y la transglutaminasa (TGasa) son los agentes más empleados (Dickinson, 2012).

Dependiendo de la fuente vegetal, las proteínas empleadas pueden mejorar el perfil nutricional de los productos así como también sus propiedades fisicoquímicas y tecnológicas (Muñoz-González et al., 2019). La Tabla 1 muestra diversas EG elaboradas con proteínas vegetales bajo diferentes condiciones de agregación y gelificación que han sido revisadas.

La naturaleza de las interacciones entre los emulsificantes/estabilizantes y la red biopolimérica, la fracción de volumen de la fase dispersa y las características de la matriz gelificada son importantes factores que determinan tanto la estructura como las propiedades reológicas de las EG (Dickinson, 2012, 2014; Lorenzo, Zaritzky y Califano, 2018).

Las gotas de aceite de las EG pueden clasificarse en activas o inactivas de acuerdo a las interacciones que mantienen con la matriz gelificada. Las gotas activas son aquellas conectadas a través de enlaces covalentes o no covalentes a la red gelada mediante emulsionantes; mientras que las gotas inactivas presentan muy baja afinidad con las moléculas que componen la matriz (Lin, Kelly y Miao, 2020). A medida que la concentración de las gotas con comportamiento activo se incrementa, la fuerza del gel aumenta. Esto demuestra que la fase dispersa no solo se comporta como un mero relleno, sino que también contribuye a estructurar el gel mediante interacciones entre las proteínas adsorbidas en la superficie de las gotas y las proteínas de la matriz.

Tabla 1. Emulsiones gelificadas con proteínas vegetales.

Fuente vegetal	Fase dispersante	Fase dispersa	Condiciones de agregación y gelificación	Referencias
	APS 0,5; 1; 2% Alginato de Na 0,5; 1; 1,5%	Aceite de girasol 10; 20; 30%	Cl ₂ Ca 2% 30 min	(Lin, Kelly et al., 2020)
	APS 6%	Aceite de soja 5%	TGasa 1; 3; 5 U/g de prot. Incubación a 50°C 30 min CaSO ₄ 35 mM Calentamiento a 80°C 30 min	(Luo et al., 2019)
	APS 4% i,k-carragenano 2% Inulina 16,5%	Aceite de soja 50%	Sonicación 30 min Calentamiento a 70°C 5 min	(Paglarini, Martini y Pollonio, 2019)
	APS 6%	Aceite de soja 5%	Pre-agregación CaSO ₄ 35 mM Calentamiento a 80°C 30 min	(Wang et al., 2018)
SOJA	APS 5; 15 % Goma xantana 0,1; 0,3%	Estearato de palma 4,5%	Pre-calentamiento a 80°C 30 min Cl ₂ Ca 15 mM	(Brito-Oliveira et al., 2017)
	APS 6%	Aceite de soja 30%	TGasa 20 U/g de prot. Incubación a 37°C 6 h	(Tang et al., 2013)
	APS 5%	Aceite de soja 20%	GDL 0,2% Pre-calentamiento a 70°C 30 min Cl ₂ Ca 8 mM Pre-calentamiento a 70°C 30 min TGasa 50 U/g de prot. Incubación a 37°C 20 h	(Tang et al., 2011)
	APS 13%	Aceite de soja 10; 20; 25; 30%	Calentamiento a 95°C 60 min	(Kim et al., 2001)
	Harina de chía 15%	Aceite de oliva 40%	Alginato de Na 0,73% CaSO ₄ 0,75% Pirofosfato de Na 0,54%	(Muñoz-González et al., 2019)
CHÍA	Mucilago de chía 2% Carragenano Goma garrofín E 414 – E 415 WPC	Aceite de canola 20%	No informado	(Guzmán-Díaz et al., 2019)
	Proteína de arveja 14,8%	Aceite de colza 10%	Calentamiento 80/90°C 1h GDL 1; 2% 30°C 20h TGasa 0,05; 0,1; 0,3% CaSO ₄ 0,3; 1% Quimosina 0,1; 0,5; 1; 2% 30°C 20h	(Ben-Harb et al., 2018)
ARVEJA				

En las EG a base de proteínas de soja inducidas por TGasa, un cambio en la fracción de volumen de aceite de 0,2 a 0,6 resultó en un incremento del módulo de almacenamiento de 200 a 8000 Pa (Yang et al., 2013). Se observó, también, en EG a base de APS, que incrementando la fracción de volumen de aceite de 0,2 a 0,4, el módulo de almacenamiento aumentó de 100 a 1600 Pa y el tiempo de gelificación disminuyó alrededor de 80 min (Li et al., 2012). Además, la pre-agregación de los APS con la adición de concentraciones de Ca^{2+} entre 2,5 y 7,5 mM promovió la formación de estructuras de geles más densas y fuertes. Sin embargo, concentraciones por encima de 10 mM debilitaron el gel (Wang et al., 2018). Esto podría suceder debido a que la presencia de iones Ca^{2+} produce que las gotas de aceite se comporten como inactivas, con una débil interacción con las proteínas de la matriz, ocasionando así un descenso en los valores del módulo de almacenamiento (Chen et al., 2000).

En relación con el tamaño y contenido de agregados proteicos, Wang et al. (2017) demostraron que ambos mejoraban el módulo de almacenamiento en EG a base de APS inducidas por CaSO_4 . Un aumento en el tamaño de los agregados de proteínas de soja, de 875 a 1455 nm, se tradujo en un aumento del G' de alrededor 1,5 veces y 1,8 veces cuando el contenido de agregados solubles se incrementó de 0 a 100%. La capacidad de retención de agua aumentó aproximadamente 12% y 20% con el incremento del tamaño y contenido de agregados, respectivamente. Asimismo, ambos disminuyeron el tamaño de gota significativamente, de 2,1 a 1,2 μm . En EG formuladas con APS sonicados se observó, además, una significativa reducción del tamaño de las gotas de aceite (Paglarini, Martini y Pollonio, 2019).

Con respecto a otras fuentes vegetales, la chía (*Salvia hispánica L.*) podría ofrecer algunas posibilidades para el desarrollo y estabilización de EG. Las EG elaboradas con harina de chía mostraron buena estabilidad térmica y capacidad de retención de agua sin exudados tras el calentamiento. En cuanto a sus propiedades texturales, las EG a base de chía presentaron mayor fuerza de penetración ($1,43 \pm 0,07 \text{ N}$) que aquellas elaboradas con proteínas de soja ($0,34 \pm 0,02 \text{ N}$) e incluso geles más fuertes ($3,12 \pm 0,40 \text{ J}$) que los formulados con soja ($0,79 \pm 0,07 \text{ J}$). En todos los casos, se empleó como agente gelificante

alginato de sodio al 2% (Muñoz-González et al., 2019). Pintado, Ruiz-Capillas et al. (2015) arribaron a similares conclusiones, hallando buena estabilidad térmica y despreciable sinéresis en EG elaboradas con harina de chíá, caseína, alginato o gelatina como agentes gelificantes. La fuerza de penetración más alta alcanzada fue de ~ 1 N y la fuerza del gel de $\sim 1,6$ J para aquellos sistemas elaborados con chíá y alginato (0,75%). Estos resultados podrían deberse a la presencia de proteínas y mucílago de chíá que contribuyen a dar una mayor estabilidad, fuerza de penetración y resistencia a la estructura del gel de las EG (Muñoz-González et al., 2019).

Las proteínas de arveja se estudiaron también en la formulación de EG, mediante tratamiento térmico, ácido y enzimático. Ben-Harb et al. (2018) diseñaron EG a base de proteína de arvejas y mezclas de estas con proteínas lácteas. Tras el tratamiento térmico, las EG a base de proteínas vegetales tuvieron niveles de G' más altos que aquellas con la mezcla de proteínas vegetales y animales; alrededor de 3500 Pa en EG con proteínas vegetales y alrededor de 2200 Pa para aquellas que incluían además proteínas lácteas, ambas con igual concentración proteica (14,8%). En el caso de la gelificación ácida y enzimática, los valores de G' resultaron aún mayores, alrededor de 12400 Pa para EG con proteína de arveja exclusivamente y alrededor de 5800 Pa para las mezclas. En su trabajo demostraron también que la adición de grasa a las suspensiones de proteínas contribuía a reforzar las propiedades mecánicas de las EG resultantes, siendo esto más marcado en los tratamientos ácidos y enzimáticos comparados con el térmico.

4. Emulsiones gelificadas con quinua

El rol de las PQ en la estabilización de las EG no se conoce hasta el momento. Algunos investigadores han puesto el foco en el estudio del almidón de quinua modificado químicamente, mediante el empleo de octenil y dodecenil succinato anhidro, para cambiar algunas propiedades fisicoquímicas y mejorar la estabilidad de emulsiones de tipo Pickering y emulsiones de tipo Pickering gelificadas (Rayner, Sjöö et al., 2012; Rayner, Timgren et al., 2012; Matos et al., 2013; Li, Xu y Zhu, 2019; Lin et al., 2019; Kierulf et al., 2020).

Además del almidón de quinua, se han empleado nano-partículas de aislados de proteínas de quinua (APQ) como agentes estabilizantes de grado alimentario efectivos en emulsiones de tipo Pickering (Qin et al., 2018). Más aún, Kierulf et al. (2020) desarrollaron un método de extracción de almidón de la harina de quinua con una mayor retención de proteínas y demostraron que ese almidón presentaba una habilidad emulsionante comparable a la del almidón modificado, y por ende, podría ser empleado como estabilizante en la EG de tipo Pickering.

4.1 Proteínas de quinua como estabilizantes de emulsiones gelificadas

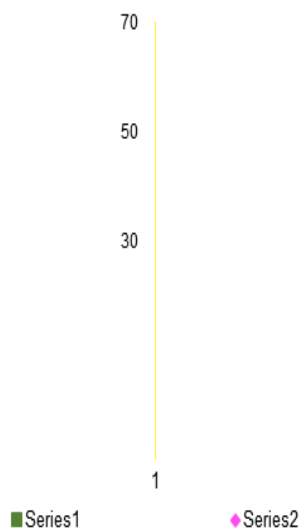
Se ha demostrado que las PQ presentan ciertas propiedades tecno-funcionales como capacidad emulsificante y estabilizante de emulsiones, así como capacidad gelificante, que resultan clave para el desarrollo y procesamiento de productos alimentarios (Dakhili et al., 2019).

4.1.1 Propiedades emulsionantes de las proteínas de quinua

El índice de actividad emulsionante (IAE) de los APQ al 1% fue desde 2,37 a 50 m²/g a pH 10,0 y 8,0, respectivamente (Aluko y Monu, 2003; Elsohaimy et al., 2015). Estos valores resultaron menores que los de IAE para emulsiones de APS al 0,5%, siendo estos de alrededor de 90 m²/g at pH 7,5 (Molina et al., 2001). Sin embargo, la estabilidad de emulsiones con 1% de APQ, expresada como el cociente entre el IAE inicial y el IAE a los 30 min, fue mayor que el observado para aquellas estabilizadas con APS, aproximadamente un 85% a pH 7,0 y un 47% a pH 6,5 (Zhao et al., 2015). La Figura 3 muestra la capacidad emulsionante de los APQ en función del pH de emulsificación. Un incremento del pH de emulsificación se traduce en un aumento de la habilidad emulsionante de estos aislados. Shen et al. (2021) estudiaron la habilidad emulsionante de soluciones de APQ al 7% a pH 5,0; 6,0; 7,0 y 8,0, hallando la mayor capacidad emulsionante, alrededor del 60%, a pH 8,0. Valores de habilidad emulsionante cercanos a 60% y 65% se encontraron también en soluciones de APQ al 2% a pH 9,0 y 11,0, respectivamente. Sin embargo, para la misma concentración de APQ y pH de 3,0; 5,0 e incluso 7,0, las propiedades emulsionantes fueron considerables. Además, los APQ tuvieron una capacidad emulsionante significativamente mayor que los aislados de proteína de

álbum, otra variedad *Chenopodium*. En este caso, la máxima capacidad emulsionante fue de 57% a pH 11,0; mientras que para los APQ, al mismo pH, dicha capacidad alcanzó el 65% (Mir et al., 2019a).

Figura 3. Capacidad emulsionante de las PQ en función al pH de emulsificación.



Se ha estudiado el efecto del pH de emulsificación sobre la estabilidad de las emulsiones. Los valores variaron del 30% al 60%. Se observó que un incremento en el pH de emulsificación condujo a un aumento de la estabilidad de los sistemas (Mir et al., 2019a; Shi et al., 2020). A pH 8,0 y 7%, los APQ tuvieron la mayor estabilidad. Los valores mínimos reportados para APQ fueron del 30%, con un 7% de concentración y pH 5,0 (Shen et al., 2021).

El tratamiento de sonicación a alta intensidad de las proteínas mejoró las propiedades emulsionantes, comparadas con los APQ sin tratamiento. Tras 25 min de sonicación, se observó un incremento tanto en la capacidad emulsionante como en la estabilización desde aproximadamente el 60% y 50% al 95% y 90%, respectivamente. Esta mejoría podría vincularse a un aumento de la solubilidad e hidrofobicidad superficial y a cambios conformacionales que incrementarían la capacidad de adsorción de las proteínas en la interface aceite/agua, formando films más estables (Mir et al., 2019b).

4.1.2 Propiedades gelificantes de las proteínas de quinua

La textura de los alimentos y la percepción de sus atributos sensoriales mantienen una estrecha relación con la habilidad de las proteínas de formar geles. La Tabla 2 muestra valores del módulo de almacenamiento de geles de quinua ácidos y térmicos en función al pH de gelificación.

A menor pH de tratamiento, mayores valores de G' . El incremento en la concentración de proteínas no modificó significativamente los valores del módulo de almacenamiento a pH ácido. Sin embargo, a valores de pH neutro, 15% de concentración de proteínas condujo a un incremento de los valores de G' (Kaspchak et al., 2017). Ruiz et al. (2016) estudiaron, además, la incidencia del pH de extracción en la agregación, gelificación y microestructura de APQ. La extracción de las proteínas se ensayó ajustando el pH a 8,0; 9,0; 10,0 y 11,0, seguido de precipitación a 4,5. El rendimiento y la desnaturalización fueron más bajos a medida que el pH descendió; sin embargo, el calentamiento de 10% p/v de APQ extraído a pH 8,0 y 9,0 resultó en mayor agregación y geles con estructuras más densas. Las suspensiones de PQ extraídas a pH 10,0 y 11,0 no formaron geles. Este comportamiento se correlacionó con un mayor tamaño de partícula para los APQ obtenidos a pH 8,0 y 9,0 en relación con los extraídos a pH mayores. Comparado con otras fuentes vegetales como APS, con valores de G' cercanos a 800 Pa, 11% y pH 7 (Kim et al., 2001), o amaranto, 12% a pH 9, con valores de G' de alrededor 900 Pa (Bejarano-Luján et al., 2010), las PQ parecen ser capaces de formar geles más fuertes.

Mäkinen, Zannini y Arendt (2015) estudiaron las características estructurales de geles ácidos con una concentración de 5% de APQ tratados a pH 8,5; 9,5 y 10,5. Los valores de G' obtenidos por acidificación con glucono- δ -lactona se observan en la Tabla 2. Tras la observación de los geles en microscopio confocal, aquellos obtenidos mediante acidificación de la solución pre-tratada a pH 8,5 resultaron rugosos con racimos de partículas irregulares. Contrariamente, las imágenes obtenidas de geles tratados a pH 10,5 presentaron estructuras más lisas y regulares. Estos hallazgos se complementaron con las determinaciones de solubilidad y distribución de tamaño de partícula de las soluciones pre-tratadas. La solubilidad fue mayor en las muestras a pH

10,5 comparada con las tratadas a 8,5. La distribución de tamaño a valores de pH con alta solubilidad (3,0 y 8,0) mostró comportamiento similar entre las tratadas a pH 8,5 y las no pre-tratadas. Sin embargo, el tratamiento térmico previo aplicado ocasionó una división en partículas más pequeñas (con diámetros entre 0,2 y 0,8 μm) y la presencia de agregados más grandes (30-200 μm) favorecidos por interacciones hidrofóbicas. En un trabajo posterior, Mäkinen, Zannini et al. (2016) estudiaron el rol de los grupos tioles y la hidrofobicidad superficial en los tratamientos térmicos. Se observó que los puentes disulfuro se rompieron a pH 8,5 y 10,5; sin embargo, la hidrofobicidad superficial a los 15 min del tratamiento térmico a pH 10,5 fue mayor que aquella a pH 8,5. Esto pone de manifiesto cambios estructurales, en la distribución de tamaño de partícula e interacciones intermoleculares de los APQ. Por consiguiente, la condición bajo la cual ocurre la desnaturalización influye sobre las propiedades gelificantes de geles ácidos.

Tabla 2. Efecto del pH de gelificación sobre los valores de G' en geles ácidos y térmicos de quinua.

Tratamiento	APQ (%p/p)	pH de gelificación	G' (Pa)	Referencias
Ácido (GDL)	5	8,5	5	(Mäkinen, Zannini y Arendt, 2015)
	5	9,5	20	
	5	10,5	1140	
Térmico	10 (8)*	6,5	5000	(Ruiz et al., 2016)
	10 (9)	6,5	3300	
	10 (10)	6,5	1200	
	10 (11)	6,5	700	
Térmico	10	3,5	28200	(Kaspchak et al., 2017)
	15	3,5	20700	
	10	7,0	1000	
	15	7,0	8200	

*Valores entre paréntesis corresponden a los pH de extracción.

5. Conclusiones

Las EG son ampliamente empleadas en el diseño de productos alimentarios, ya que permiten mejorar la textura, prolongar la vida útil y contener y liberar en forma controlada compuestos bioactivos lipofílicos. Siguiendo las tendencias actuales hacia el uso de ingredientes más sustentables, las proteínas vegetales podrían ser consideradas como una posible opción para estabilizar las EG. La quinua presenta potencial como una alternativa promisoría. Además de sus propiedades nutricionales, la quinua ofrece interesantes posibilidades para el desarrollo de EG debido a su alto contenido en proteínas y almidón, que también contribuye a incrementar las capacidades emulsionantes y gelificantes. Sin embargo, el rol de estas proteínas en la estabilización de EG no ha sido estudiado hasta el momento. En base a la bibliografía revisada, las PQ podrían emplearse en la formulación de EG a base de proteínas vegetales. Se requieren estudios más exhaustivos en el tema considerando el potencial de esta alternativa.

Referencias

- Aluko, R. E. y Monu, E. (2003). functional and bioactive properties of quinoa seed protein hydrolysates. *Journal of Food Science*, 68(4), 1254–1258. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb09635.x>
- Baioumy, A., Bobreneva, I., Tvorogova, A. y Shobanova, T. (2018). Possibility of using quinoa seeds (*chenopodium quinoa*) in meat products and its impact on nutritional and organoleptic characteristics. *Bioscience Research Nutritional and Organoleptic Characteristics*, 15(4), 3307–3315.
- Balakrishnan, G., Nguyen, B. T., Schmitt, C., Nicolai, T. y Chassenieux, C. (2017). Heat-set emulsion gels of casein micelles in mixtures with whey protein isolate. *Food Hydrocolloids*, 73, 213–221. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.07.005>
- Bejarano-Luján, D. L., Lopes da Cunha, R. y Netto, F. M. (2010). Structural and rheological properties of amaranth protein concentrate gels obtained by different processes. *Food Hydrocolloids*, 24(6–7), 602–610. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.02.007>

- Ben-Harb, S., Panouillé, M., Huc-Mathis, D., Moulin, G., Saint-Eve, A., Irlinger, F., Bonnarme, P., Michon, C. y Souchon, I. (2018). The rheological and microstructural properties of pea, milk, mixed pea/milk gels and gelled emulsions designed by thermal, acid, and enzyme treatments. *Food Hydrocolloids*, 77, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.09.022>
- Berton-Carabin, C. y Schroën, K. (2019). Towards new food emulsions: designing the interface and beyond. *Current Opinion in Food Science*, 27, 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.06.006>
- Brito-Oliveira, T. C., Bispo, M., Moraes, I. C. F., Campanella, O. H. y Pinho, S. C. (2017). Stability of curcumin encapsulated in solid lipid microparticles incorporated in cold-set emulsion filled gels of soy protein isolate and xanthan gum. *Food Research International*, 102(July), 759–767. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.071>
- Câmara, A. K. F. I., Geraldi, M. V., Okuro, P. K., Maróstica, M. R., da Cunha, R. L. y Pollonio, M. A. R. (2020). Satiety and in vitro digestibility of low saturated fat Bologna sausages added of chia mucilage powder and chia mucilage-based emulsion gel. *Journal of Functional Foods*, 65, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103753>
- Chang, Q. (2016). Emulsion, Foam, and Gel. *Colloid and Interface Chemistry for Water Quality Control*, 227–245. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809315-3.00011-6>
- Chen, J., Dickinson, E., Langton, M. y Hermansson, A. M. (2000). Mechanical properties and microstructure of heat-set whey protein emulsion gels: Effect of emulsifiers. *LWT - Food Science and Technology*, 33(4), 299–307. <https://doi.org/10.1006/fstl.2000.0656>
- Contreras-Jiménez, B., Torres-Vargas, O. L. y Rodríguez-García, M. E. (2019). Physicochemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour and isolated starch. *Food Chemistry*, 298, 124982. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124982>
- Dakhili, S., Abdolalizadeh, L., Hosseini, S. M., Shojae-Aliabadi, S. y Mirmoghtadaie, L. (2019). Quinoa protein: Composition, structure and functional properties. *Food Chemistry*, 299, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125161>
- Dickinson, E. (2012). Emulsion gels: The structuring of soft solids with protein-stabilized oil droplets. *Food Hydrocolloids*, 28(1), 224–241. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.017>
- Dickinson, E. (2014). Understanding food structures: The colloid science approach. in *Food Structures, Digestion and Health*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404610-8.00001-3>

- Dickinson, E. y Chen, J. (1999). Heat-set whey protein emulsion gels: Role of active and inactive filler particles. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 20(1-2), 197-213. <https://doi.org/10.1080/01932699908943787>
- Elsouhaimy, S. A., Refaay, T. M. y Zaytoun, M. A. M. (2015). Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 297-305. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2015.10.007>
- Fernández-Diez, A., Caro, I., Castro, A., Salvá, B. K., Ramos, D. D. y Mateo, J. (2016). Partial fat replacement by boiled quinoa on the quality characteristics of a dry-cured sausage. *Journal of Food Science*, 81(8), C1891-C1898. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13393>
- Fernández-López, J., Viuda-Martos, M. y Pérez-Alvarez, J. A. (2021). Quinoa and chia products as ingredients for healthier processed meat products: technological strategies for their application and effects on the final product. *Current Opinion in Food Science*, 40, 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.05.004>
- Guzmán-Díaz, D. A., Treviño-Garza, M. Z., Rodríguez-Romero, B. A., Gallardo-Rivera, C. T., Amaya-Guerra, C. A. y Báez-González, J. G. (2019). Development and characterization of gelled double emulsions based on chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage mixed with different biopolymers and loaded with green tea extract (*Camellia sinensis*). *Foods*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/foods8120677>
- Kaspchak, E., Oliveira, M. A. S. de, Simas, F. F., Franco, C. R. C., Silveira, J. L. M., Mafra, M. R. e Igarashi-Mafra, L. (2017a). Determination of heat-set gelation capacity of a quinoa protein isolate (*Chenopodium quinoa*) by dynamic oscillatory rheological analysis. *Food Chemistry*, 232, 263-271. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.014>
- Kaspchak, E., Oliveira, M. A. S. de, Simas, F. F., Franco, C. R. C., Silveira, J. L. M., Mafra, M. R. e Igarashi-Mafra, L. (2017b). Determination of heat-set gelation capacity of a quinoa protein isolate (*Chenopodium quinoa*) by dynamic oscillatory rheological analysis. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.014>
- Kierulf, A., Whaley, J., Liu, W., Enayati, M., Tan, C., Perez-Herrera, M., You, Z. y Abbaspourrad, A. (2020). Protein content of amaranth and quinoa starch plays a key role in their ability as Pickering emulsifiers. *Food Chemistry*, 315, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126246>
- Kim, K. H., Renkema, J. M. S. y Van Vliet, T. (2001). Rheological properties of soybean protein isolate gels containing emulsion droplets. *Food Hydrocolloids*, 15(3). [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00028-5](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00028-5)

- Koç, H., Drake, M. A., Vinyard, C. J., Essick, G., van de Velde, F. y Foegeding, E. A. (2019). Emulsion filled polysaccharide gels: Filler particle effects on material properties, oral processing, and sensory texture. *Food Hydrocolloids*, 94, 311–325. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.018>
- Leon, A. M., Medina, W. T., Park, D. J. y Aguilera, J. M. (2018). Properties of microparticles from a whey protein isolate/alginate emulsion gel. *Food Science and Technology International*, 24(5), 414–423. <https://doi.org/10.1177/1082013218762210>
- Li, F., Kong, X., Zhang, C. y Hua, Y. (2012). Gelation behaviour and rheological properties of acid-induced soy protein-stabilized emulsion gels. *Food Hydrocolloids*, 29(2), 347–355. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.03.011>
- Li, G., Xu, X. y Zhu, F. (2019). Physicochemical properties of dodeceny succinic anhydride (DDSA) modified quinoa starch. *Food Chemistry*, 300, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125201>
- Li, G. y Zhu, F. (2018). Quinoa starch: Structure, properties, and applications. *Carbohydrate Polymers*, 181, 851–861. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.11.067>
- Liang, X., Ma, C., Yan, X., Zeng, H., McClements, D. J., Liu, X. y Liu, F. (2020). Structure, rheology and functionality of whey protein emulsion gels: Effects of double cross-linking with transglutaminase and calcium ions. *Food Hydrocolloids*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105569>
- Lin, D., Kelly, A. L., Maidannyk, V. y Miao, S. (2020). Effect of concentrations of alginate, soy protein isolate and sunflower oil on water loss, shrinkage, elastic and structural properties of alginate-based emulsion gel beads during gelation. *Food Hydrocolloids*, 108(May), 105998. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105998>
- Lin, D., Kelly, A. L. y Miao, S. (2020). Preparation, structure-property relationships and applications of different emulsion gels: Bulk emulsion gels, emulsion gel particles, and fluid emulsion gels. *Trends in Food Science and Technology*, 102, 123–137. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.024>
- Lin, X., Li, S., Yin, J., Chang, F., Wang, C., He, X., Huang, Q. y Zhang, B. (2019). Anthocyanin-loaded double Pickering emulsion stabilized by octenylsuccinate quinoa starch: Preparation, stability and in vitro gastrointestinal digestion. *International Journal of Biological Macromolecules*, 152, 1233–1241. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2019.10.220>
- Lorenzo, G., Checmarev, G., Zaritzky, N. y Califano, A. (2011). Linear viscoelastic assessment of cold gel-like emulsions stabilized with bovine gelatin. *LWT - Food Science and Technology*, 44(2), 457–464. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.08.023>

- Lorenzo, G., Zaritzky, N. y Califano, A. (2013). Rheological analysis of emulsion-filled gels based on high acyl gellan gum. *Food Hydrocolloids*, 30(2), 672–680. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.08.014>
- Lu, Y., Mao, L., Hou, Z., Miao, S. y Gao, Y. (2019). Development of emulsion gels for the delivery of functional food ingredients: from structure to functionality. *Food Engineering Reviews*, 11(4), 245–258. <https://doi.org/10.1007/s12393-019-09194-z>
- Luo, K., Liu, S., Miao, S., Adhikari, B., Wang, X. y Chen, J. (2019). Effects of transglutaminase pre-crosslinking on salt-induced gelation of soy protein isolate emulsion. *Journal of Food Engineering*, 263, 280–287. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.07.008>
- Mäkinen, O. E., Zannini, E. y Arendt, E. K. (2015). Modifying the cold gelation properties of quinoa protein isolate: influence of heat-denaturation pH in the alkaline range. *Plant Foods for Human Nutrition*, 70(3), 250–256. <https://doi.org/10.1007/s11130-015-0487-4>
- Mäkinen, O. E., Zannini, E., Koehler, P. y Arendt, E. K. (2016). Heat-denaturation and aggregation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) globulins as affected by the pH value. *Food Chemistry*, 196, 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.069>
- Marefati, A., Bertrand, M., Sjöo, M., Dejmek, P. y Rayner, M. (2017). Storage and digestion stability of encapsulated curcumin in emulsions based on starch granule Pickering stabilization. *Food Hydrocolloids*, 63, 309–320. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.08.043>
- Matos, M., Timgren, A., Sjöo, M., Dejmek, P. y Rayner, M. (2013). Preparation and encapsulation properties of double Pickering emulsions stabilized by quinoa starch granules. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 423(2010), 147–153. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2013.01.060>
- McClements, D. J. (2020). Future foods: a manifesto for research priorities in structural design of foods. *Food & Function*, 11(3), 1933–1945. <https://doi.org/10.1039/c9fo02076d>
- McClements, D. J., Bai, L. y Chung, C. (2017). Recent advances in the utilization of natural emulsifiers to form and stabilize emulsions. *Annual Review of Food Science and Technology*, 8, 205–236. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030216-030154>
- McClements, D. J., Monahan, F. J. y Kinsella, J. E. (1993). Effect of emulsion droplets on the rheology of whey protein isolate gels. *Journal of Texture Studies*, 24(4), 411–422. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1993.tb00051.x>
- Mir, N. A., Riar, C. S. y Singh, S. (2019a). Effect of pH and holding time on the characteristics of protein isolates from *Chenopodium* seeds and study of their amino acid profile and scoring. *Food Chemistry*, 272, 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.048>

- Mir, N. A., Riar, C. S. y Singh, S. (2019b). Structural modification of quinoa seed protein isolates (QPIs) by variable time sonification for improving its physicochemical and functional characteristics. *Ultrasonics Sonochemistry*, 58, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104700>
- Molina, E., Papadopoulou, A. y Ledward, D. A. (2001). Emulsifying properties of high pressure treated soy protein isolate and 7S and 11S globulins. *Food Hydrocolloids*, 15(3), 263–269. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(01\)00023-6](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(01)00023-6)
- Mota, C., Santos, M., Mauro, R., Samman, N., Matos, A. S., Torres, D. y Castanheira, I. (2016). Protein content and amino acids profile of pseudocereals. *Food Chemistry*, 193, 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.043>
- Muñoz-González, I., Merino-Álvarez, E., Salvador, M., Pintado, T., Ruiz-Capillas, C., Jiménez-Colmenero, F. y Herrero, A. M. (2019). Chia (*Salvia hispanica* L.) a promising alternative for conventional and gelled emulsions: Technological and lipid structural characteristics. *Gels*, 5(2), 1–12. <https://doi.org/10.3390/gels5020019>
- Nascimento, A. C., Mota, C., Coelho, I., Gueifão, S., Santos, M., Matos, A. S., Gimenez, A., Lobo, M., Samman, N. y Castanheira, I. (2014). Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry*, 148, 420–426. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.155>
- Öztürk-Kerimoğlu, B., Kavuşan, H. S., Tabak, D. y Serdaroglu, M. (2020). Formulating reduced-fat sausages with quinoa or teff flours: Effects on emulsion characteristics and product quality. *Food Science of Animal Resources*, 40(5), 710–721. <https://doi.org/10.5851/KOSFA.2020.E46>
- Paglarini, C. de S., Furtado, G. de F., Biachi, J. P., Vidal, V. A. S., Martini, S., Forte, M. B. S., Cunha, R. L. y Pollonio, M. A. R. (2018). Functional emulsion gels with potential application in meat products. *Journal of Food Engineering*, 222, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.10.026>
- Paglarini, C. S., Martini, S. y Pollonio, M. A. R. (2019). Physical properties of emulsion gels formulated with sonicated soy protein isolate. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(2), 451–459. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13957>
- Paradiso, V. M., Giarnetti, M., Summo, C., Pasqualone, A., Minervini, F. y Caponio, F. (2015). Production and characterization of emulsion filled gels based on inulin and extra virgin olive oil. *Food Hydrocolloids*, 45, 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.10.027>
- Pellegrini, M., Lucas-Gonzales, R., Ricci, A., Fontecha, J., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A. y Viuda-Martos, M. (2018). Chemical, fatty acid, polyphenolic profile,

- techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) seeds. *Industrial Crops and Products*, 111, 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.006>
- Pintado, T., Herrero, A. M., Jiménez-Colmenero, F., Pasqualin Cavalheiro, C. y Ruiz-Capillas, C. (2018). Chia and oat emulsion gels as new animal fat replacers and healthy bioactive sources in fresh sausage formulation. *Meat Science*, 135, 6–13. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.08.004>
- Pintado, T., Herrero, A. M., Jiménez-Colmenero, F. y Ruiz-Capillas, C. (2016). Strategies for incorporation of chia (*Salvia hispanica L.*) in frankfurters as a health-promoting ingredient. *Meat Science*, 114, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.009>
- Pintado, T., Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C., Triki, M., Carmona, P. y Jiménez-Colmenero, F. (2016). Effects of emulsion gels containing bioactive compounds on sensorial, technological, and structural properties of frankfurters. *Food Science and Technology International*, 22(2), 132–145. <https://doi.org/10.1177/1082013215577033>
- Pintado, T., Ruiz-Capillas, C., Jiménez-Colmenero, F., Carmona, P. y Herrero, A. M. (2015). Oil-in-water emulsion gels stabilized with chia (*Salvia hispanica L.*) and cold gelling agents: Technological and infrared spectroscopic characterization. *Food Chemistry*, 185, 470–478. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.024>
- Qin, X. S., Luo, Z. G. y Peng, X. C. (2018). Fabrication and characterization of quinoa protein nanoparticle-stabilized food-grade pickering emulsions with ultrasound treatment: interfacial adsorption/arrangement properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(17), 4449–4457. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b00225>
- Rayner, M., Sjö, M., Timgren, A. y Dejmek, P. (2012). Quinoa starch granules as stabilizing particles for production of Pickering emulsions. *Faraday Discussions*, 158, 139–155. <https://doi.org/10.1039/c2fd20038d>
- Rayner, M., Timgren, A., Sjö, M. y Dejmek, P. (2012). Quinoa starch granules: A candidate for stabilising food-grade Pickering emulsions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(9), 1841–1847. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5610>
- Reiffers-Magnani, C. K., Cuq, J. L. y Watzke, H. J. (1999). Composite structure formation in whey protein stabilized O/W emulsions. I. Influence of the dispersed phase on viscoelastic properties. *Food Hydrocolloids*, 13(4), 303–316. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(99\)00013-2](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(99)00013-2)
- Ruiz, G. A., Xiao, W., Van Boekel, M., Minor, M. y Stieger, M. (2016). Effect of extraction pH on heat-induced aggregation, gelation and microstructure of protein isolate from quinoa

- (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chemistry*, 209, 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.052>
- Sánchez-Reséndiz, A. I., Escalante-Aburto, A., Andía-Ayme, V. y Chuck-Hernández, C. (2019). Structural properties, functional evaluation, and in vitro protein digestibility of black and yellow quinoa (*Chenopodium petiolare*) protein isolates. *CYTA - Journal of Food*, 17(1), 864–872. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1669714>
- Satapathy, S., Singh, V. K., Sagiri, S. S., Agarwal, T., Banerjee, I., Bhattacharya, M. K., Kumar, N. y Pal, K. (2015). Development and characterization of gelatin-based hydrogels, emulsion hydrogels, and bigels: A comparative study. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(8), 1–12. <https://doi.org/10.1002/app.41502>
- Shen, Y., Tang, X. y Li, Y. (2021). Drying methods affect physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. *Food Chemistry*, 339, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127823>
- Shi, D., Fidelis, M., Ren, Y., Stone, A. K., Ai, Y. y Nickerson, M. T. (2020). The functional attributes of Peruvian (Kankolla and Blanca juli blend) and Northern quinoa (NQ94PT) flours and protein isolates, and their protein quality. *Food Research International*, 128, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108799>
- Soltani, S. y Madadlou, A. (2015). Two-step sequential cross-linking of sugar beet pectin for transforming zein nanoparticle-based Pickering emulsions to emulgels. *Carbohydrate Polymers*, 136, 738–743. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.09.100>
- Tang, C. H., Chen, L. y Foegeding, E. A. (2011). Mechanical and water-holding properties and microstructures of soy protein isolate emulsion gels induced by CaCl₂, glucono- δ -lactone (GDL), and transglutaminase: Influence of thermal treatments before and/or after emulsification. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(8), 4071–4077. <https://doi.org/10.1021/jf104834m>
- Tang, C. H., Luo, L. J., Liu, F. y Chen, Z. (2013). Transglutaminase-set soy globulin-stabilized emulsion gels: Influence of soy β -conglycinin/glycinin ratio on properties, microstructure and gelling mechanism. *Food Research International*, 51(2), 804–812. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.060>
- Tari, T. A., Annapure, U. S., Singhal, R. S. y Kulkarni, P. R. (2003). Starch-based spherical aggregates: Screening of small granule sized starches for entrapment of a model flavouring compound, vanillin. *Carbohydrate Polymers*, 53(1), 45–51. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(02\)00293-X](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(02)00293-X)
- Thanapornpoonpong, S. N., Vearasilp, S., Pawelzik, E. y Gorinstein, S. (2008). Influence of various nitrogen applications on protein and amino acid profiles of amaranth and

- quinoa. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(23), 11464–11470. <https://doi.org/10.1021/jf802673x>
- Torres, O., Murray, B. y Sarkar, A. (2016). Emulsion microgel particles: Novel encapsulation strategy for lipophilic molecules. *Trends in Food Science & Technology*, 55, 98–108. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2016.07.006>
- Vargas Zambrano, P., Riera González, G. y Cruz Viera, L. (2019). Quinoa as gelling agent in a mortadella formulation. *International Food Research Journal*, 26(3), 1069–1077.
- Wang, Xinwei, Zhao, R. y Yuan, W. (2020). Composition and secondary structure of proteins isolated from six different quinoa varieties from China. In *Journal of Cereal Science* (Vol. 95). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103036>
- Wang, Xufeng, He, Z., Zeng, M., Qin, F., Adhikari, B. y Chen, J. (2017). Effects of the size and content of protein aggregates on the rheological and structural properties of soy protein isolate emulsion gels induced by CaSO₄. *Food Chemistry*, 221, 130–138. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.019>
- Wang, Xufeng, Zeng, M., Qin, F., Adhikari, B., He, Z. y Chen, J. (2018). Enhanced CaSO₄-induced gelation properties of soy protein isolate emulsion by pre-aggregation. *Food Chemistry*, 242, 459–465. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.044>
- Yang, M., Liu, F. y Tang, C. H. (2013). Properties and microstructure of transglutaminase-set soy protein-stabilized emulsion gels. *Food Research International*, 52(1), 409–418. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.11.012>
- Zapata, J. I. H. y De La Pava, G. C. R. (2018). Physicochemical analysis of frankfurter type sausages made with red tilapia fillet waste (*Oreochromis sp*) and quinoa flour (*Chenopodium quinoa W.*). *Brazilian Journal of Food Technology*, 21, 1–8. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.10316>
- Zhao, J., Dong, F., Li, Y., Kong, B. y Liu, Q. (2015). Effect of freeze-thaw cycles on the emulsion activity and structural characteristics of soy protein isolate. *Process Biochemistry*, 50(10), 1607–1613. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2015.06.021>

FERMENTACIÓN DE HARINA DE LEGUMBRES PARA SU INCORPORACIÓN EN PANIFICADOS

MICAELA PARMIGIANI,^{1,2} DÉBORA N. LÓPEZ^{1,2} Y VALERIA BOERIS^{1,2,3}

Resumen

El pan es un alimento de gran consumo entre la población argentina y la demanda de productos panificados saludables se está convirtiendo en una premisa importante. La deficiencia de proteínas representa un problema grave en muchas zonas de la Argentina y del mundo, debido a que la producción de proteína animal resulta costosa para satisfacer las necesidades actuales de toda la población. Gran parte de los requerimientos proteicos podrían satisfacerse si se incorporaran más proteínas vegetales en la dieta. Las legumbres son un cultivo que se destina tanto a la alimentación humana como animal dado que son ricas en proteínas (entre 20 y 40 g/100g); sin embargo, uno de los inconvenientes que presentan es su contenido de antinutrientes (AN). Parte de la actividad antinutricional puede eliminarse mediante procesos térmicos, germinación y fermentación. La fermentación es una biotecnología antigua y económica que puede utilizarse para incrementar la digestibilidad, el valor nutritivo, la bioactividad y la conservación de los alimentos. Por lo expuesto, el objetivo de este trabajo es relevar el conocimiento recientemente publicado sobre la fermentación de harina de legumbres, analizar el impacto que provoca sobre los AN y la digestibilidad de los nutrientes, así como su incorporación en panificados. A partir de la revisión realizada se concluye que

¹ Universidad Nacional de Rosario (UNR). Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas. Área Físicoquímica.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

³ Universidad Católica Argentina (UCA). Facultad de Química e Ingeniería del Rosario.

aún no se llevó a cabo la fermentación de las harinas de legumbres utilizando un consorcio microbiano de levaduras y bacterias, optimizando las condiciones para disminuir el tiempo de tratamiento y obtener productos de calidad nutricional y tecnofuncional apropiadas. De este modo, se podrían formular panes ricos en proteínas y fibra, debido al aporte de las harinas de legumbres fermentadas.

Palabras clave: fermentación, legumbres, panificados, antinutrientes.

1. Introducción

El pan es uno de los productos fermentados más antiguos que se conocen y su consumo es habitual entre la población argentina (Cerdeño, 2011). Si bien con el tiempo, el proceso de producción se ha optimizado y diversificado, las distintas variedades de pan se diferencian tanto en la harina que se usa como materia prima en los microorganismos con los que se fermenta, como en el proceso tecnológico en su conjunto. A su vez, la demanda de productos panificados diferentes, innovadores, fáciles de obtener y que, además, sean saludables, se está convirtiendo en una de las premisas más importantes para la población (Zapata et al., 2016).

Los alimentos funcionales son aquellos que proporcionan un efecto beneficioso para la salud más allá de su función básica nutricional (Illanes, 2015). Resultan de la adición, sustitución o eliminación de ciertos componentes de los alimentos con la finalidad de reducir el riesgo de padecer enfermedades. De allí surge el interés por la búsqueda de nuevas fuentes como ingredientes para el desarrollo de alimentos que aporten estas características.

La deficiencia de proteínas representa un problema grave en muchas zonas de nuestro país y del mundo (Pasarín et al., 2016; Temporelli y Viego, 2015). Esto se debe a que la producción de proteína animal resulta costosa para satisfacer las necesidades actuales de toda la población. Gran parte de los requerimientos proteicos podrían satisfacerse si se incorporaran más proteínas vegetales en la dieta (Cheftel et al., 1989; Organización de las Naciones

Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO/Organización Mundial de la Salud, OMS, 1996; Sabaté et al., 2001).

Las leguminosas son un cultivo que se destina tanto a la alimentación humana como animal debido a que son ricas en proteínas (entre 20 y 40 g/100g) (Belitz et al., 2004; Fennema y Tannenbaum, 1996; Stanley y Aguilera, 1985). Son un suministro indispensable en la dieta en países emergentes, representando la principal fuente de proteínas. Considerando que el 70% del agua accesible en el mundo se destina a la agricultura, es importante destacar que el cultivo de legumbres requiere para crecer, 20 veces menos agua que la producción animal, que usa el 27%. A modo de ejemplo, se requieren 50 litros para producir un kilo de lentejas mientras que son necesarios 15.000 litros de agua para producir un kilo de ternera. Las legumbres, además, no requieren fertilizantes, debido a que fijan su propio nitrógeno a los suelos, por lo tanto tienen menos impacto sobre la emisión de gases de efecto invernadero. No obstante, el consumo en la Argentina se estima en 300 g/habitante/año, distribuido principalmente en solo tres variedades (porotos, arvejas y garbanzo). Por consiguiente, resulta en un consumo menor a 1 g/persona/día, posicionándolo como uno de los países con el nivel de consumo más bajo en el mundo, debido a que el consumo per cápita mundial equivale a 20,74 g/persona/día (FAO, 2016).

Por otra parte, las leguminosas se destacan por su contenido de fibra (entre 6 y 16%), la cual corresponde a un grupo muy amplio de polisacáridos que no son metabólicamente aprovechados por los organismos monogástricos, pero que cumplen una función muy importante en el bienestar del individuo. Hace décadas que se asocian diversos problemas de salud como constipación, diverticulosis, hemorroides, entre otros, con la ingesta insuficiente de fibra. Toda fibra dietaria llega al intestino grueso sin haber sido transformada digestivamente. Las bacterias del colon, con sus numerosas enzimas digestivas de gran actividad metabólica, la pueden digerir en mayor o menor medida en dependencia de su composición química y de su estructura. La función principal de la fibra es hidratarse al absorber agua, aumentar el volumen de la materia fecal e incrementar los movimientos peristálticos para facilitar la

defecación (Badui Dergal, 2006; Dahl y Stewart, 2015). Numerosos estudios revelan que estos compuestos tienen efectos terapéuticos a nivel preventivo de ciertas enfermedades crónicas no transmisibles como la obesidad, las enfermedades cardiovasculares, la diabetes tipo II y el cáncer de colon. Uno de los motivos principales es que el consumo adecuado de fibra dietética se asocia con un aumento de la comunidad microbiana. Es decir, favorecen a la microbiota gastrointestinal llevando a cabo efectos terapéuticos, ya que pueden actuar como prebióticos, hipocolesteromiantes, antitrombóticos, anticancerígenos, antioxidantes, hipoglucemiantes y diuréticos (Deehan y Walter, 2016; Holscher, 2017; Mcorrie y Fahey, 2013; Segata, 2015).

Uno de los inconvenientes que presentan las legumbres es su contenido de antinutrientes (AN) (Badui Dergal, 2006; Elizalde et al., 2009; Liener, 1980). Sin embargo, se conoce que gran parte de la actividad antinutricional puede eliminarse utilizando diversos tratamientos como procesos térmicos, germinación y fermentación (Ibrahim et al., 2002; Khattab y Arntfield, 2009). La fermentación es una de las biotecnologías aplicadas más antiguas; se ha utilizado durante más de seis mil años para procesar alimentos. Se trata de una técnica económica que puede emplearse para incrementar la digestibilidad, el valor nutritivo, la bioactividad y la conservación de los alimentos (Adams y Nout, 2001; Limón et al., 2015). Consecuentemente, es de interés reformular el diseño de panes en base a harina de trigo, incorporando harina de legumbres fermentadas para optimizar su perfil nutricional y mejorar su digestibilidad, de manera tal de agregar valor y calidad a los productos a un bajo costo. Por lo expuesto, el objetivo de este trabajo es relevar el conocimiento recientemente publicado sobre la fermentación de harina de legumbres y el impacto que provoca sobre los AN y la digestibilidad de los nutrientes.

2. Legumbres

Las legumbres pertenecen a la familia vegetal *Fabaceae* o *Leguminosae*, tercer grupo de plantas más numeroso del mundo (FAO, 2016). Según el Código Alimentario Argentino (CAA):

...la denominación de Legumbres se reserva para designar a las frutas y semillas de las leguminosas. Se clasifican en frescas o secas, siendo las primeras las de cosecha reciente y consumo inmediato en las condiciones habituales de expendio. Las secas o deshidratadas no contendrán una cantidad mayor de 13% de agua, determinada a 100-105 °C. Dentro de la variedad se pueden incluir el Altramuz o Lupino (*Lupinus albus L*), la Arveja, Alverja o Guisante (*Pisum arvense L*), el Garbanzo (*Cicer arietinum L*), las Habas (*Vicia faba L*), la Lenteja (*Lens esculenta Monch*), los Porotos, Judías, Frijoles, Fréjoles, Habichuelas o Alubias (diferentes variedades de *Phaseolus vulgaris L* y del *Dolichos labiab L*), y la Chaucha (*Phaseolus vulgaris L*).

Aún más, el Codex Alimentarius (2007) señala que “se entiende por legumbres a las semillas secas de plantas leguminosas, que se distinguen de las semillas oleaginosas por su bajo contenido de grasa”.

El tamaño y la forma de las legumbres son distintos pero su estructura básica es similar. La semilla está formada por dos cotiledones, grandes lóbulos que contienen el alimento y envuelven al embrión o germen, y un hilo por el cual le llega el agua al embrión. La cubierta exterior, denominada tegumento o testa, está formada por células con membranas celulósicas gruesas resistentes y tiene la función de protección de la semilla, es indigerible y presenta un sabor amargo. El descortezado, con el cual se elimina el germen y la cáscara, provoca pérdida de nutrientes, entre ellos la tiamina, pero aumenta la digestibilidad, disminuye el tiempo de cocción y mejora las condiciones de conservación. Las semillas de las legumbres tienen formas variadas, algunas pueden ser: ovoidea o circular, arriñonada o redonda, cilíndrica, recta. Se presentan en una amplia gama de colores: blanco, rojo, negro (porotos); rojas anaranjadas, amarillas y verdes (lentejas); amarillo, tostado y negro (garbanzos) (Corner, 1951; Stanley y Aguilera, 1985).

De acuerdo con su composición química, las legumbres se componen de un 8% de agua y contienen entre un 60-70% de carbohidratos totales, que constituye el componente principal. Entre los carbohidratos, los gránulos de almidón representan entre el 30 y el 40% y el contenido de fibra dietética

representa entre el 4 y el 10%. Uno de los componentes a destacar de estas semillas es el alto nivel de proteína; se ha informado un rango de aproximadamente 20 a 40% (Sathe et al., 1984a, 1984b; Stanley y Aguilera, 1985). Por último, el contenido total de lípidos de todas las leguminosas varía de 1 a 7% según la especie, exceptuando la soja, cuyo contenido total es del 21%. La mayoría de las legumbres tiene un bajo contenido de lípidos totales, predominando el ácido linoleico (omega 6) o linolénico (omega 3), aunque los fosfolípidos y glicolípidos también están presentes en cantidades apreciables (Pattee et al., 1983).

Dentro del CAA, las harinas de legumbres se encuentran descriptas en el Capítulo IX:

Alimentos Farináceos, bajo el título Harinas:

Con la denominación de harina de (lentejas), se entiende el producto obtenido por la molienda de las semillas sanas y limpias de esta leguminosa (lentejas). Las harinas de leguminosas deberán denominarse de acuerdo a la materia o materias primas empleadas (tales como harina de garbanzos, harina de arvejas, harinas de lentejas, entre otras) (Artículo 663, CAA, 1971).

Las semillas de leguminosas contienen factores antinutricionales, los cuales limitan su utilización (Liener, 1980).

3. Antinutrientes

Se define a los AN como aquellos compuestos, principalmente de origen vegetal, que afectan el valor nutricional de algunos alimentos debido a que dificultan o inhiben la asimilación de nutrientes. Dichos factores, cuyo origen bioquímico es muy heterogéneo, pueden provocar intoxicaciones o efectos perjudiciales para la salud de los consumidores, como la aglutinación de glóbulos rojos, la afección en la absorción de nutrientes, fisiopatologías pancreáticas; además de generar síntomas intestinales indeseables, como distensión abdominal, meteorismo o flatulencias, dependiendo de su composición (Elizalde et al., 2009; Olazabal, 2016).

Dentro de los AN se encuentran los *componentes antigénicos* presentes en la soja, los cuales pueden ocasionar reacciones alérgicas a nivel intestinal o cutáneo luego de ser consumidos. Son resistentes a los procesos térmicos habituales, pero su eliminación suele ser eficiente por medio de la germinación y la fermentación.

Los *oligosacáridos* como la rafinosa, la estaquiosa y verbascosa son los principales causantes de las flatulencias, al no poder metabolizarse en el tracto digestivo debido a la carencia de la enzima α -1,6-galactosidasa (Elizalde et al., 2009; Olazabal, 2016). Sin embargo, hay estudios que afirman que los carbohidratos no digeribles tienen efectos beneficiosos, ya que actúan como fibra dietética, y consecuentemente reducen el riesgo de padecer cáncer de colon (Madodé et al., 2013).

Los *taninos* pueden formar estructuras complejas con las proteínas, los almidones, los ácidos nucleicos y los esteroides, afectando la absorción e impidiendo la correcta asimilación de micronutrientes como el hierro (Elizalde et al., 2009; Carulla y Pabón, 2004; Olazabal, 2016).

Los *fitatos o ácidos fítics* son una forma de almacenamiento de fósforo que se encuentra en concentraciones desde alrededor del 0,3 hasta un máximo del 2,5%. Dificultan la digestión y biodisponibilidad de proteínas y micronutrientes como el hierro, calcio, zinc, potasio, cobre y magnesio, en parte debido a la carencia enzimática de fitasas y a su fuerte potencial quelante, es decir, a su afinidad por diferentes componentes que se encuentran cargados positivamente en los alimentos, debido a su carga negativa a pH fisiológico (Cheryan y Rackis, 1980; Elizalde et al., 2009; Konietzny y Greiner, 2003). Este AN es termoestable, por ello la utilización de tratamientos térmicos presenta poca efectividad para disminuir el contenido efectivo de ácido fítico (Mittal et al., 2012). Un proceso que ha resultado efectivo para disminuir el contenido de fitato es la fermentación (Leroy y De Vuyst, 2004).

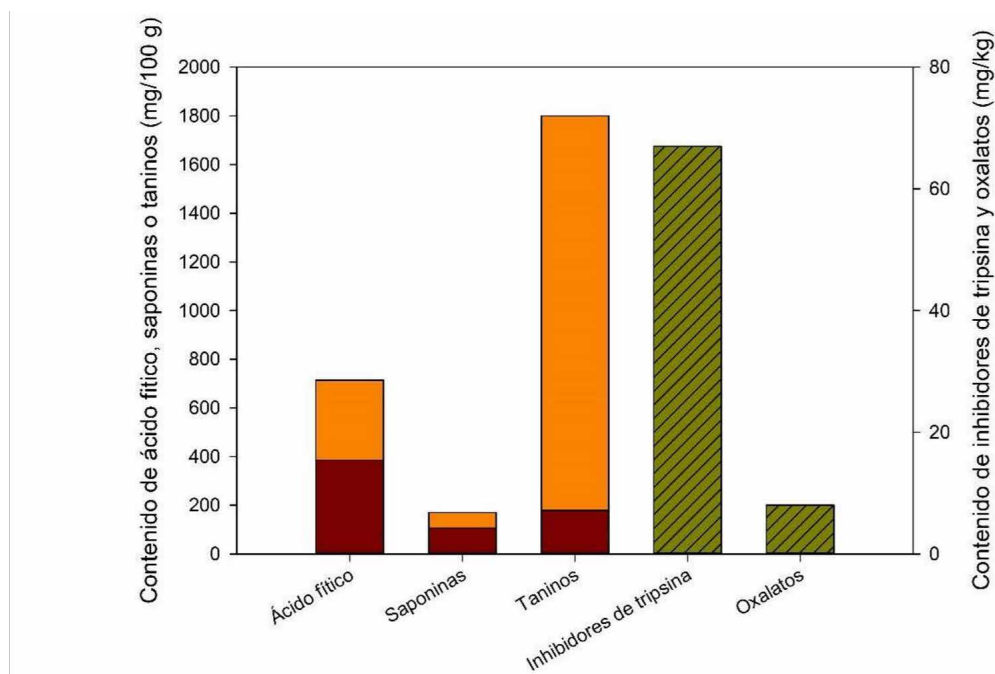
Las *saponinas* son termoestables y son en parte responsables del sabor amargo de los granos. Si bien su toxicidad es baja debido a la poca absorción intestinal, pueden dificultar la biodisponibilidad de minerales como el hierro y el zinc (Elizalde et al., 2009; Lacaille-Dubois y Wagner, 1996; Southon et al., 1988).

Las *lectinas*, también llamadas *hemaglutininas*, son glicoproteínas que se unen de manera irreversible a los carbohidratos causando daños en las mucosas del intestino delgado perjudicando la correcta absorción de los nutrientes, siendo además responsables de la hemoaglutinación de eritrocitos. Son termolábiles, por lo tanto se desnaturalizan al cocinar las legumbres (Elizalde et al., 2009; Salgado Telpalo, 2002).

Por último, los *inhibidores de hidrolasas digestivas* pueden impactar sobre la amilasa, la tripsina, la quimotripsina y la elastasa, impidiendo que estas enzimas actúen, disminuyendo la digestibilidad proteica y de almidones, mientras que ocasionan un aumento en la secreción pancreática de estas enzimas digestivas. Por medio de tratamientos térmicos, germinación y fermentación, es posible la desnaturalización de los inhibidores enzimáticos, mermando su actividad (Elizalde et al., 2009).

En la Figura 1 se muestra el rango de concentraciones de AN aproximado de algunas legumbres.

Figura 1. Rango de las concentraciones de antinutrientes en legumbres.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de Popova y Mihaylova, 2019.

Si bien los AN son compuestos bioactivos que pueden producir efectos nocivos, algunos en bajas cantidades también pueden proporcionar beneficios para la salud (Shahidi, 1997; Soetan, 2008). En este sentido, los compuestos antinutricionales con mayor controversia en las legumbres son el fitato, los compuestos fenólicos, los oligosacáridos, los taninos e inhibidores de enzimas (Madodé et al., 2013; Rani et al., 2018).

4. Fermentación

La fermentación es una técnica biotecnológica económica que implica diferentes cambios en la composición del sustrato debido a la actividad de los microorganismos fermentadores presentes y las enzimas producidas por ellos durante el proceso (Nkhata et al., 2018). Los microorganismos utilizados para la fermentación de alimentos pueden ser parte de la microbiota natural que se encuentra en la materia prima o pueden ser cultivos iniciadores, especialmente seleccionados para producir cambios específicos en el sustrato (Ferreira et al., 2019). Este procesamiento se lleva a cabo para lograr características deseables, como vida útil prolongada, mayor seguridad, mejores características organolépticas, enriquecimiento nutricional y eliminación de compuestos antinutricionales (Hugenholtz, 2008; Leroy y De Vuyst, 2004).

Varios investigadores han informado sobre el efecto de la fermentación sobre ciertos compuestos antinutricionales.

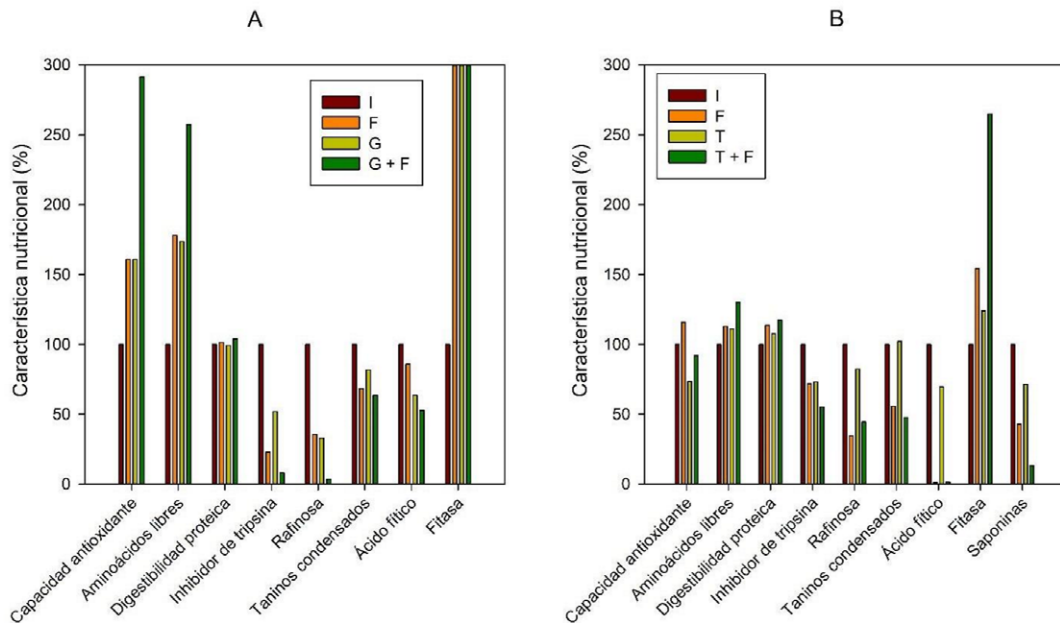
Montemurro et al. (2019) evaluaron procesos de germinación, fermentación y su combinación con el fin de mejorar la calidad funcional y nutricional del garbanzo y la lenteja. La fermentación se llevó a cabo hidratando las harinas al 60%, inoculando con una mezcla de bacterias ácido lácticas seleccionadas (*Lactobacillus rossiae* LB5, *Lactobacillus plantarum* 1A7 y *Lactobacillus sanfranciscensis* DE9) e incubando a 30 °C durante 24 h. En la Figura 2A se muestra el efecto de los tratamientos ensayados para el garbanzo. Estos autores encontraron que tanto la germinación como la fermentación mejoraron la calidad nutricional en ambas legumbres. El incremento de la capacidad

antioxidante se atribuyó a la mejora en la solubilidad de los componentes fenólicos debido a que ambos procesos permiten alterar la matriz de los tejidos vegetales favoreciendo su extracción. El incremento en la concentración de aminoácidos libres (en el orden del 60 al 70% para el tratamiento combinado) se explicó considerando que la germinación permite que se activen las proteasas endógenas y la fermentación da lugar a la proteólisis mediante las peptidasas bacterianas. La fermentación disminuyó la actividad inhibidora de la tripsina en aproximadamente un 63% para ambas legumbres. Estos procesos aumentaron significativamente la digestibilidad proteica *in vitro* para la lenteja (desde una digestibilidad inicial de 60% hasta una de 87%) pero no para el garbanzo, probablemente debido a que su digestibilidad inicial ya era elevada (casi 90%).

Estos investigadores consiguieron una disminución significativa de la concentración de rafinosa durante la fermentación de las harinas; el descenso en la cantidad de rafinosa fue del 64% en garbanzo y del 53% en lenteja. De la misma manera, la concentración de taninos condensados también se redujo. La harina de lenteja contenía inicialmente un nivel de 1,07 mg/g, la harina de lenteja fermentada, 0,72 mg/g, y la harina de lenteja germinada y fermentada, 0,2 mg/g; siendo la reducción total del contenido de taninos condensados del 81%. En el caso del garbanzo, el contenido inicial de taninos condensados era menor, la germinación redujo su contenido en un 18% y la combinación de tratamientos causó una disminución del 37%, levemente superior a la producida por la fermentación (32%).

Tanto la germinación como la fermentación produjeron un notable incremento de la actividad fitasa en ambas legumbres (mayor al 100%). Sin embargo, esto no se tradujo en una reducción de la misma magnitud en el contenido de fitato; si bien la fermentación fue más exitosa que la germinación para reducir el contenido de ácido fítico en la harina de lenteja, ocurrió lo contrario para la harina de garbanzo.

Figura 2. Efecto de distintos tratamientos sobre algunas características nutricionales de la harina de garbanzo.



Los valores se muestran en porcentaje, tomando como 100% al contenido original de la muestra (indicada con la letra I).

A) Efecto de la fermentación (F), germinación (G) y combinación de ambos procesos (G+F). Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Montemurro et al. (2019).

B) Efecto de la fermentación (F), gelatinización (T) y combinación de ambos procesos (T+F). Fuente: elaboración propia a partir de los datos de De Pasquale et al. (2020).

De Pasquale et al. (2020) también llevaron a cabo una combinación de tratamientos. En este caso, realizaron un tratamiento térmico (gelatinización) y una fermentación en estado sólido con bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus plantarum* MRS1 y *Lactobacillus brevis* MRS4) a 30 °C durante 24 h para mejorar el perfil nutricional de las harinas de leguminosas (lentejas rojas y amarillas, porotos blancos y negros, garbanzos y arvejas). En la Figura 2B se muestra el efecto de los tratamientos sobre la harina de garbanzo.

Estos autores encontraron que tanto la gelatinización como la fermentación permitieron mejorar la mayoría de las propiedades nutricionales de las harinas de legumbres. Una excepción se encontró para la actividad antioxidante, medida como la capacidad de captura de radicales DPPH, que

disminuyó alrededor de un 30% debido al proceso de gelatinización en todas las legumbres analizadas. Sin embargo, la fermentación permitió incrementar la capacidad antioxidante de las harinas tratadas y no tratadas térmicamente. Respecto del contenido de taninos, solo mediante fermentación se obtuvieron reducciones significativas, de entre el 23 y el 62%, según la legumbre.

Todos los procesos evaluados (gelatinización, fermentación y su combinación) incrementaron las características relacionadas con la digestibilidad proteica: se encontró un mayor contenido de grupos amino libres (46% en promedio para las harinas gelatinizadas y fermentadas), es decir que las proteínas se encuentran más hidrolizadas; se incrementó la digestibilidad proteica *in vitro* (16% en promedio) y disminuyó la actividad antitriptica (alrededor del 70%).

La fermentación produjo un elevado descenso del contenido de rafinosa (entre 60 y 80%), saponinas (hasta aproximadamente un 70%) y ácido fítico (más del 95%). Por el contrario, la gelatinización causó una disminución moderada de estos AN (entre 18 y 45% para rafinosa, 20% para saponinas y alrededor del 50% para fitato), lo que estaría de acuerdo con su naturaleza termorresistente.

En relación con el contenido de fitato, se destaca que la actividad fitasa se vio incrementada como resultado de ambos tratamientos pero en menor magnitud que en el trabajo publicado por Montemurro et al. (2019), aunque el contenido de fitato, luego de la fermentación, resultó casi despreciable para De Pasquale et al. (2020). En ambos trabajos mencionados se utiliza una mezcla de bacterias lácticas para la fermentación, que se realiza incubando de la misma manera. En los dos casos coinciden en el empleo de *L. plantarum*, que se conoce que produce fitasa (Zamudio et al., 2001), lo que incidiría en el contenido de fitato. Rajani y Shivanna (2020) evaluaron la fermentación de legumbres molidas con cepas de *Lactobacillus* spp. aisladas a partir de probióticos productores de fitasa, usando *L. plantarum* como control. Su objetivo consistía en encontrar bacterias más eficientes para la reducción del contenido de fitato en cereales y legumbres. Luego de la fermentación sumergida, que se llevó a cabo a 37 °C durante 72 h, se obtuvo una reducción del ácido fítico de entre 16 y 90% en todas las muestras ensayadas. Sin embargo,

ninguna de las bacterias aisladas produjo porcentajes tan altos de reducción del contenido de fitato como *L. plantarum*, con excepción de lo encontrado para el poroto verde (*Macrotyloma uniflorum*) en el que la cepa aislada produjo una reducción del 20% (y *L. plantarum*, del 16%).

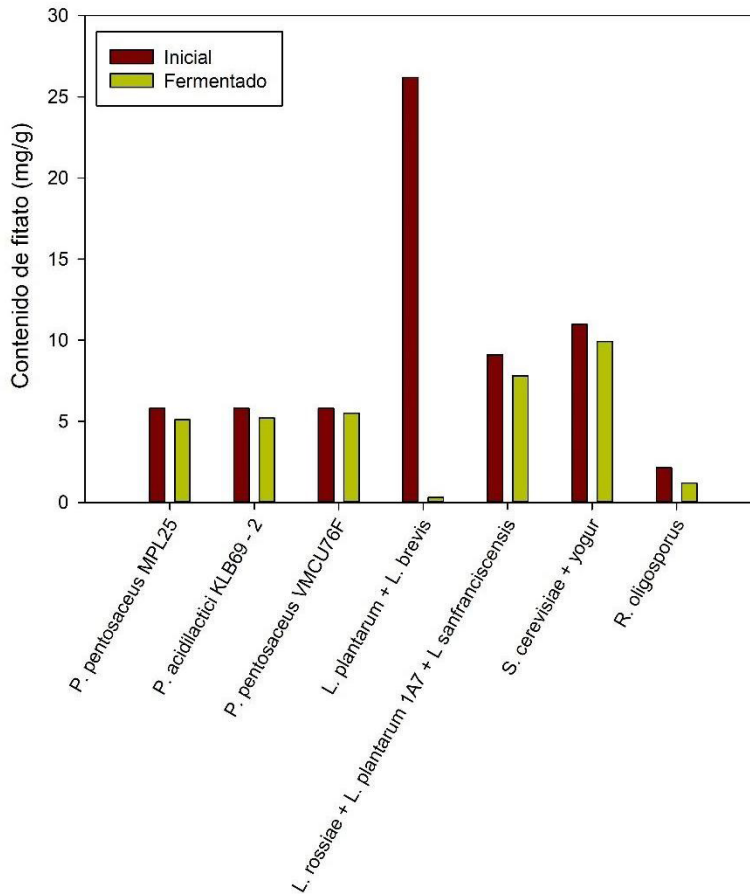
Xing et al. (2020) utilizaron *Pediococcus pentosaceus* MPL25, *Pediococcus acidilactici* KLB69 - 2 y *Pediococcus pentosaceus* VMCU76F para fermentar harina de garbanzo en estado sólido a 37 °C durante 72 h. Se cuantificó el ácido fítico antes y después de la fermentación (Figura 3) y los resultados obtenidos muestran que solo ocurre una disminución muy pequeña en su concentración. Esto está de acuerdo con lo encontrado por Zamudio et al. (2001), quienes compararon la actividad fitasa extracelular de *P. pentosaceus* y de *L. plantarum* y encontraron que esta última es mayor. Asimismo, el empleo de las tres cepas juntas no produjo mejores resultados en cuanto a la reducción de este AN. También se evaluó el grado de hidrólisis de las proteínas, que se incrementó levemente luego de la fermentación con las distintas cepas. El mayor aumento se observó para la fermentación con *Pediococcus pentosaceus* VMCU76F pero, sorprendentemente, la fermentación con las tres cepas dio como resultado una muestra con un menor grado de hidrólisis proteica que la de la harina de garbanzo sin fermentar.

En un estudio publicado por Yağcı et al. (2020), se llevó a cabo la fermentación de harina de garbanzo inoculando con *Saccharomyces cerevisiae* y yogur, incubando 6 h a 37 °C. Luego, la mezcla fermentada se cocinó mediante extrusión. Se analizó el efecto de estos tratamientos sobre el contenido de tres AN: ácido fítico, taninos y factores antitripticos. La reducción del contenido de fitato por efecto de la fermentación fue del orden del 5% (Figura 3), muy baja comparada con otros tratamientos. No obstante, luego de la extrusión hubo un detrimento mayor, disminuyendo un 33% en total. Los valores obtenidos para los taninos demuestran que la fermentación redujo un 12,7% su contenido, en cambio la extrusión logró disminuirlos en un 51%. La actividad inhibidora de tripsina fue significativamente menor luego de la extrusión, ya que disminuyó un 79,4%, aunque no ocurrió lo mismo luego de la fermentación. El contenido de proteína de los extruidos fue ligeramente superior al de las mezclas no

extruidas, pero el contenido de grasa fue menor en los extruidos en comparación con las mezclas sin tratamiento. El proceso de extrusión mejoró significativamente la digestibilidad del almidón y las proteínas de los productos extruidos fermentados a base de garbanzo en comparación con las mezclas fermentadas. La digestibilidad *in vitro* del almidón aumentó aproximadamente 3 veces después del proceso de extrusión, mientras que la digestibilidad de la proteína aumentó aproximadamente 1,5 veces. Dicho aumento en el almidón puede haberse debido a que el procesamiento de extrusión generalmente produce una gelatinización más completa de los gránulos de almidón. El efecto reductor del proceso de extrusión sobre el contenido total de fibra dietética de las mezclas fermentadas fue significativo, debido a que hubo una transformación de algunos componentes de fibra insoluble en fibra soluble.

En la Figura 3 se muestra, a modo de resumen, el contenido de ácido fólico en las harinas de garbanzo utilizadas en los distintos trabajos y el contenido remanente luego de la fermentación.

Figura 3. Contenido de fitato en harina de garbanzo antes y después de distintos procesos de fermentación.



Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de De Pasquale et al. (2020); González et al. (2018); Montemurro et al. (2019); Xing et al. (2020); Yağcı et al. (2020).

Los estudios llevados a cabo por González et al. (2018) informaron que la fermentación de garbanzos con *Rhizopus oligosporus* NRRL2710 en estado sólido a 34,9 °C durante 51 h disminuyó un 45% el contenido de ácido fítico como consecuencia del aumento de concentración de fitasas y de la hidratación. Además, lograron producir un aumento en el contenido de proteínas del 13,1% y disminuir el contenido de cenizas un 47,5%, aumentar un 23,2% la digestibilidad aparente de la materia seca, e incrementar la digestibilidad aparente de las proteínas en un 41,9%. Por su parte, el descascarado disminuyó

el 84,5% del contenido de taninos como consecuencia de eliminar las cáscaras en los granos de garbanzos.

5. Formulación de panificados a base de harinas de legumbres fermentadas

Shrivastava y Chakraborty (2018) realizaron la formulación de un pan de harinas de trigo y de garbanzo fermentada con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), obteniendo una reducción del 67% en el contenido de ácido fítico y un aumento significativo en el contenido de aminoácidos libres a medida que incrementaba el período de fermentación. Al mismo tiempo, la combinación de harina de trigo, harina de garbanzo fermentada y goma xantana permitió obtener un pan con características similares al pan de trigo comercializado. Asimismo, Di Biase et al. (2019) lograron un mayor contenido de proteínas y aminoácidos totales y una mejor digestibilidad de las proteínas en panes fortificados con harina de garbanzo fermentada con *Lactobacillus plantarum* ITM21B.

Montemurro et al. (2019) elaboraron y caracterizaron de manera sensorial panes de trigo enriquecidos con harinas germinadas y fermentadas de garbanzo y lenteja. Los panificados fortificados mostraron una agradable mejora sensorial y, en comparación con el pan de harina de trigo convencional, presentaron, en general, alta digestibilidad de proteínas y baja disponibilidad de almidón.

6. Conclusión

Esta revisión analiza los resultados obtenidos en los AN presentes en las legumbres que fueron sometidas a tratamientos de fermentación. Luego de observar los resultados recabados, se puede afirmar que la fermentación es un tratamiento adecuado para la reducción de AN, cuya eficiencia aumenta cuando se combina con otros tratamientos. En algunos casos, se han observado también aumentos en la digestibilidad de ciertos macro y micronutrientes, como proteínas, carbohidratos y minerales, entre otros. Sin embargo, uno de

los aspectos en desventaja encontrado en los trabajos de investigación referidos es el excesivo tiempo que se requiere y la utilización de cepas aisladas. En consecuencia, se propone como perspectiva investigar la fermentación de las harinas de legumbres utilizando un consorcio microbiano de levaduras y bacterias como el kéfir, optimizando las condiciones para disminuir el tiempo de tratamiento y obtener productos de calidad nutricional y tecnofuncional apropiadas. Estas harinas de legumbres fermentadas podrían complementar a la harina de trigo, dado su elevado contenido de proteínas de alto valor biológico y fibras dietéticas, para llevar a cabo una reformulación de panificados que satisfagan las necesidades de los consumidores en términos de valor nutricional.

Referencias

- Adams, M.R. y Nout, M. R. (2001). *Fermentation and Food Safety*. Aspen Publishers.
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos*. Pearson educación.
- Belitz, H. D., Grosch, W. y Schieberle, P. (2004). Amino acids, peptides, proteins. *Food Chemistry*, 8-91.
- Carulla, J. y Pabón, M. L. (2004). Un sistema in vitro para evaluar los efectos de los taninos en la degradación de la proteína bajo condiciones ruminales y abomasales. *Memorias del Taller: Taninos en la Nutrición de Rumiantes en Colombia*. CIAT, 15-19.
- Cerdeño, V. J. M. (2011). Consumo de pan en España. *Distribución y consumo*, 21(115), 95-99.
- Cheftel, J. C., Cuq, J. L. y Lorient, D. (1989). *Proteínas alimentarias: bioquímica, propiedades funcionales, valor nutricional, modificaciones químicas*. Acribia.
- Cheryan, M. y Rackis, J. J. (1980). Phytic acid interactions in food systems. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 13(4), 297-335.
- Código Alimentario Argentino (CAA). Capítulo IX: "Alimentos Farináceos, bajo el título harinas" - Artículos: 643-766.
- Código Alimentario Argentino (CAA). Capítulo XI: "Alimentos Vegetales" - Artículos: 819-981.
- Corner, E. J. H. (1951). The leguminous seed. *Phytomorph*, 1,117-150.
- De Pasquale, I., Pontonio, E., Gobbetti, M. y Rizzello, C. G. (2020). Nutritional and functional effects of the lactic acid bacteria fermentation on gelatinized legume flours. *International Journal of Food Microbiology*, 316, 1-42.

- Deehan, E. C. y Walter, J. (2016). The fiber gap and the disappearing gut microbiome: implications for human nutrition. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 27(5), 239-242.
- Di Biase, M., Bavaro, A. R., Lonigro, S. L., Pontonio, E., Conte, A., Padalino, L., Minisci, A., Lavermicocca, P. y Valerio, F. (2019). *Lactobacillus plantarum* ITM21B fermentation product and chickpea flour enhance the nutritional profile of salt reduced bakery products. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 70(6), 701-713.
- Elizalde, A. D., Porrilla, Y. y Chaparro, D. C. (2009). Factores antinutricionales en semillas. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 7(1), 45-54.
- Fennema, O. R. y Tannenbaum, S. R. (1996). Introduction to food chemistry. *Food Science and Technology*, 76, 1-16.
- Ferreira, C. D., Bubolz, V. K., da Silva, J., Dittgen, C. L., Ziegler, V., de Oliveira Raphaelli, C. y de Oliveira, M. (2019). Changes in the chemical composition and bioactive compounds of chickpea (*Cicer arietinum* L.) fortified by germination. *LWT-Food Science and Technology*, 111, 363-369.
- González, F. J. V., Dorado, R. G., Ulloa, M. G., Rodríguez, B. L. C. y González, H. R. (2018). Effect of fermented, hardened, and dehulled of chickpea (*Cicer arietinum*) meals in digestibility and antinutrients in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 16(1), 15-24.
- Holscher, H. D. (2017). Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. *Gut Microbes*, 8(2), 172-184.
- Hughenoltz, J. (2008). The lactic acid bacterium as a cell factory for food ingredient production. *International Dairy Journal*, 18(5), 466-475.
- Ibrahim, S. S., Habiba, R. A., Shatta, A. A. y Embaby, H. E. (2002). Effect of soaking, germination, cooking and fermentation on antinutritional factors in cowpeas. *Food/Nahrung*, 46(2), 92-95.
- Illanes, A. (2015). Alimentos funcionales y biotecnología. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(1), 5-8.
- Khatab, R. Y. y Arntfield, S. D. (2009). Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Antinutritional factors. *LWT-Food Science and Technology*, 42(6), 1113-1118.
- Konietzny, U. y Greiner, R. (2003). Phytic acid: nutritional impact. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Elsevier.
- Lacaille-Dubois, M. A. y Wagner, H. (1996). A review of the biological and pharmacological activities of saponins. *Phytomedicine*, 2(4), 363-386.

- Leroy, F. y De Vuyst, L. (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*, 15(2), 67-78.
- Liener, I. E. y Kakade, M. L. (1980). Protease inhibitors. *Toxic Constituents of Plant Foodstuffs*, 2, 7-71.
- Limón, R. I., Peñas, E., Torino, M. I., Martínez-Villaluenga, C., Dueñas, M. y Frias, J. (2015). Fermentation enhances the content of bioactive compounds in kidney bean extracts. *Food Chemistry*, 172, 343-352.
- Madodé, Y. E., Nout, M. J., Bakker, E. J., Linnemann, A. R., Hounhouigan, D. J. y Van Boekel, M. A. (2013). Enhancing the digestibility of cowpea (*Vigna unguiculata*) by traditional processing and fermentation. *LWT-Food Science and Technology*, 54(1), 186-193.
- McRorie, J. W. y Fahey, G. C. (2013). A review of gastrointestinal physiology and the mechanisms underlying the health benefits of dietary fiber: matching an effective fiber with specific patient needs. *Clinical Nursing Studies* 1(4), 82-92.
- Mittal, R., Nagi, H. P. S., Sharma, P. y Sharma, S. (2012). Effect of processing on chemical composition and antinutritional factors in chickpea flour. *Journal of Food Science and Engineering*, 2(3), 180-186.
- Montemurro, M., Pontonio, E., Gobbetti, M. y Rizzello, C. G. (2019). Investigation of the nutritional, functional and technological effects of the sourdough fermentation of sprouted flours. *International Journal of Food Microbiology*, 302, 47-58.
- Nkhata, S. G., Ayua, E., Kamau, E. H. y Shingiro, J. B. (2018). Fermentation and germination improve nutritional value of cereals and legumes through activation of endogenous enzymes. *Food Science & Nutrition*, 6(8), 2446-2458.
- Olazabal, E. (2016). Efectos adversos y beneficiosos de los antinutrientes. *Plantas utilizadas como alimentos*. GRIN Verlag.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)/ Organización Mundial de la Salud (OMS) (1996). En Cereales, legumbres, leguminosas, productos derivados y proteínas vegetales.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2016). *Legumbres* [Archivo PDF]. <http://www.fao.org>.
- Organización Mundial de la Salud. (2007). Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos Proteínicos Vegetales. Codex Alimentarius.
- Pasarin, L., Falivene, M. A., Disalvo, L., Varea, A., Apezteguía, M. C., Malpeli, A., Sala, M. y González, H. F. (2016). Estudio cuali-cuantitativo del estado nutricional y la alimentación en niños de 1 a 3 años de familias de bajos recursos en dos grupos poblacionales con

- diferentes actividades productivas (Buenos Aires, Argentina), 2007-2008. *Salud colectiva*, 12, 239-250.
- Pattee, H. E., Salunkhe, D. K., Sathe, S. K., Reddy, N. R. y Ory, R. L. (1983). Legume lipids. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 17(2), 97-139.
- Popova, A. y Mihaylova, D. (2019). Antinutrients in plant-based foods: A review. *The Open Biotechnology Journal*, 13(1), 68-76.
- Rajani, M. y Shivanna, G. B. (2020). Development of a composite food using dephytinized grains through probiotic fermentation. *Biomedicine*, 40(4), 482-487.
- Rani, S., Singh, R., Sehrawat, R., Kaur, B. P. y Upadhyay, A. (2018). Pearl millet processing: a review. *Nutrition & Food Science*, 48(1) 30-44.
- Sabaté, J., Ratzin-Turner, R. A. y Brown, J. E. (2001). Vegetarian diets: descriptions and trends. *Vegetarian Nutrition*, 3-18.
- Salgado Telpalo, J. D. (2002). *Purificación y caracterización de lectinas de semillas de amaranto cultivado en el estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Sathe, S. K., Deshpande, S. S., Salunkhe, D. K. y Rackis, J. J. (1984a). Dry beans of phaseolus. A review. Part 1. Chemical composition: Proteins. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 20(1), 1-46.
- Sathe, S. K., Deshpande, S. S., Salunkhe, D. K. y Rackis, J. J. (1984b). Dry beans of Phaseolus. A review. Part 2. Chemical composition: carbohydrates, fiber, minerals, vitamins, and lipids. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 21(1), 41-93.
- Segata, N. (2015). Gut microbiome: westernization and the disappearance of intestinal diversity. *Current Biology*, 25(14), 611-613.
- Shahidi, F. (1997). *Antinutrients and Phytochemicals in Food*. American Chemical Society.
- Shrivastava, C. y Chakraborty, S. (2018). Bread from wheat flour partially replaced by fermented chickpea flour: Optimizing the formulation and fuzzy analysis of sensory data. *LWT- Food Science and Technology*, 90, 215-223.
- Soetan, K. O. (2008). Pharmacological and other beneficial effects of antinutritional factors in plants-A review. *African Journal of Biotechnology*, 7(25), 4713-4721.
- Southon, S., Wright, A. J. A., Price, K. R., Fairweather-Tait, S. J. y Fenwick, G. R. (1988). The effect of three types of saponin on iron and zinc absorption from a single meal in the rat. *British Journal of Nutrition*, 59(3), 389-396.
- Stanley, D. W. y Aguilera, J. M. (1985). A review of textural defects in cooked reconstituted legumes—The influence of structure and composition. *Journal of Food Biochemistry*, 9(4), 277-323.

- Temporelli, K. y Viego, V. (2015). Malnutrition: Impact of habits, individual factors and living conditions in adult urban population in Argentina. *Revista Ciencias de la Salud*, 13(2), 159-170.
- Xing, Q., Dekker, S., Kyriakopoulou, K., Boom, R. M., Smid, E. J. y Schutyser, M. A. (2020). Enhanced nutritional value of chickpea protein concentrate by dry separation and solid-state fermentation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 59, 102-269.
- Yağcı, S., Altan, A. y Doğan, F. (2020). Effects of extrusion processing and gum content on physicochemical, microstructural and nutritional properties of fermented chickpea-based extrudates. *LWT-Food Science and Technology*, 124, 109-150.
- Zamudio, M., Gonzalez, A. y Medina, J. A. (2001). *Lactobacillus plantarum* phytase activity is due to non-specific acid phosphatase. *Letters in Applied Microbiology*, 32(3), 181-184.
- Zapata, M. E., Roviroso, A. y Carmuega, E. (2016). Cambios en el patrón de consumo de alimentos y bebidas en Argentina, 1996-2013. *Salud colectiva*, 12, 473-486.

PREDICCIÓN *IN SILICO* DEL POTENCIAL METABÓLICO DE UNQOE19 PARA SU EMPLEO COMO INICIADOR MALOLÁCTICO

ELIZABETH N. FLORES, ELIZABETH E. TYMCZYSZYN,
NÉSTOR G. IGLESIAS, NATALIA S. BRIZUELA, BÁRBARA M. BRAVO FERRADA,
LUCRECIA DELFEDERICO, LILIANA SEMORILE Y DANAY VALDÉS LA HENS¹

Resumen

La vinificación es un proceso complejo en el cual, durante o después de la fermentación alcohólica, ocurre la fermentación maloláctica (FML), desarrollada por especies de bacterias lácticas (BAL), principalmente *Oenococcus oeni* y *Lactiplantibacillus plantarum*, responsables de la decarboxilación del ácido L-málico y conversión en ácido L-láctico. En la mayoría de las bodegas patagónicas se desarrollan FML espontáneas, proceso que resulta impredecible, especialmente con bajas temperaturas ambientales. Es estratégico disponer de cultivos indígenas de BAL mejor adaptadas a las características agroecológicas de los cultivares locales con mayor capacidad de competencia frente a la biota salvaje, para obtener vinos de calidad conservando las características del *terroir* regional.

UNQOe19 es una cepa psicrótrófa de *O. oeni*, aislada de una FML espontánea de vino Pinot noir patagónico, vendimia 2014, de la cual se obtuvo la secuencia del genoma completo (CP027431). UNQOe19 fue seleccionada por su capacidad de implantación en presencia de la microbiota nativa del

¹ Laboratorio de Microbiología Molecular, Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, Roque Sáenz Peña 352 (B1876BXD), Bernal, Buenos Aires, Argentina. naiflores9007@gmail.com

vino y por conducir exitosamente la FML a bajas temperaturas. La elaboración de un iniciador maloláctico requiere la obtención de biomasa bacteriana; para esto pueden emplearse como sustrato formulaciones alternativas de bajo costo obtenidas a partir de subproductos de la industria alimentaria regional. Para optimizar la obtención de biomasa de cepas de *O. oeni* de interés enológico, se utilizará bagazo de manzana y suero de leche como base de cultivo y se analizará el crecimiento bacteriano con la adición de suplementos nutricionales y sales. Con este propósito, y en una primera etapa, se realizó un análisis *in silico* a partir de la secuencia del genoma completo de UNQOe19, para identificar genes relacionados con diferentes actividades metabólicas, con propiedades tecnológicas y con respuestas a estrés ambiental. Aplicando *Bacterial Pan-Genome Analysis* (BPGA) se analizó la presencia / ausencia de genes comparando la cepa de referencia *O. oeni* PSU-1 con UNQOe19, identificando en la segunda 160 genes únicos. De estos, 19 fueron relacionados con estructuras celulares, 29 con procesos metabólicos, 23 con funciones del DNA, 11 con plásmidos y proteínas de conjugación, 13 con actividades de transporte transmembrana, 21 con proteínas de bacteriófagos y 38 con proteínas hipotéticas. Los 6 restantes se vincularon con actividades de respuesta a estrés.

El análisis *in silico* del genoma completo de UNQOe19 permitió confirmar la existencia de genes que codifican enzimas implicadas en la síntesis de metabolitos de interés enológico. Este análisis permitió efectuar una predicción sobre la adaptación de esta cepa a diferentes entornos, dada su capacidad de utilizar diversos sustratos para su crecimiento; esta característica permitió evaluar los requerimientos de suplementación de medios de cultivo para la obtención de biomasa, así como la posibilidad de crecimiento en medios alternativos sustentables. Estas capacidades genéticas detectadas *in silico* sugieren el potencial de UNQOe19 para ser cultivado en subproductos de la industria alimentaria y usado como iniciador maloláctico en fermentaciones a temperaturas sub-óptimas.

Palabras clave: *Oenococcus oeni* UNQOe19, sustratos alternativos sustentables, secuencia de genoma completo, cultivos iniciadores malolácticos.

1. Introducción

El proceso de vinificación es complejo e implica biotransformaciones que convierten el mosto en vino. Entre estas, la fermentación maloláctica (FML), conducida por bacterias del ácido láctico (BAL), es sustancial para modificar el aroma del vino y mejorar la sensación en boca mediante la producción de compuestos aromáticos activos; mejorar la estabilidad microbiana, por eliminación de nutrientes importantes, y reducir la acidez vínica, por conversión del ácido L-málico en ácido L-láctico (Viridis et al., 2020). Sin embargo, cuando la FML ocurre en forma espontánea, puede resultar un proceso impredecible. Para minimizar riesgos, se emplean iniciadores malolácticos; la tendencia actual señala la conveniencia del uso de cepas nativas seleccionadas de cada viñedo para obtener vinos con carácter regional (Bokulich et al., 2016). Estas cepas, mejor adaptadas a las características agroecológicas de cada cultivar, además de presentar mayor capacidad de competencia frente a la biota indígena que las cepas foráneas durante la vinificación, potencian la expresión de las características organolépticas distintivas de los vinos regionales. Actualmente, los iniciadores que se comercializan en el mercado nacional son importados y están formulados con cepas de otras regiones vitivinícolas del mundo, por lo que la selección de cepas nativas resulta una estrategia de gran impacto sobre el sector vitivinícola y las economías regionales.

Algunas bodegas de la región vitivinícola patagónica realizan FML espontáneas, guiadas por BAL nativas, donde *Oenococcus oeni* y *Lactiplantibacillus plantarum* son especies predominantes (Valdés La Hens et al., 2015 y 2016; Bravo-Ferrada et al., 2013; Brizuela et al., 2017). En la región, la maduración de la uva y vinificación ocurre durante marzo y abril, con temperaturas ambientales que alcanzan valores de 10 a 14 °C, y hasta 4 a 2 °C. Las BAL son microorganismos mesófilos (Gil et al., 2019), cuya temperatura óptima de crecimiento es de 20 a 30 °C (Bech-Terkilsen et al., 2020), temperaturas inferiores a estos valores imponen un nuevo factor de estrés, que se suma al que producen las elevadas concentraciones de etanol y el pH bajo propio de los vinos de la región. Las bodegas regionales deben calentar el ambiente de fermentación, incrementando los costos de producción y disminuyendo

la sustentabilidad del proceso. En respuesta a esta problemática se obtuvo una colección de cepas psicrótrofas de BAL patagónicas, entre las que se destacan especies de *O. oeni* seleccionadas por su capacidad de implantarse en vino, junto a la microbiota autóctona, y conducir la FML, a temperaturas sub-óptimas (Manera et al., 2017 y 2019) con potencial para usarse como iniciadores malolácticos en vinificaciones a bajas temperaturas.

La elaboración de cultivos iniciadores requiere la producción de biomasa celular en abundante cantidad. Para las vinificaciones a baja temperatura en la región patagónica, la producción de biomasa de BAL psicrótrofas exige el diseño de un medio de cultivo. En este sentido, los subproductos de la industria alimentaria como el bagazo de manzana y permeado de suero podrían usarse como sustratos alternativos de bajo costo y alta sustentabilidad. Su uso podría solucionar, además, los problemas ambientales relacionados con su tratamiento y eliminación, ya que tienen alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO), dándoles un valor añadido (Vera et al., 2012).

El subproducto del suero, resultante de la elaboración del queso, se ha usado para obtener biomasa de BAL probióticas (Cui et al., 2012; Hugo et al., 2016) debido a su alto contenido de lactosa, así como para la producción de ácido láctico y galactooligosacáridos (Golowczyc et al., 2013) y la producción de biomasa de *Lb. plantarum* aislado de vinos tintos patagónicos (Cerdeira et al., 2019). El bagazo de manzana se utilizó con éxito como sustrato para el crecimiento de levaduras nativas de vinos patagónicos (Bravo et al., 2019) y resulta útil para generar productos con valor agregado, como enzimas, etanol, ácidos orgánicos, polisacáridos y biomasa microbiana, principalmente de levaduras (Vendruscolo et al., 2008).

Con el propósito de interpretar la respuesta adaptativa de las cepas psicrótrofas a temperaturas sub-óptimas, se obtuvo el genoma completamente ensamblado de la cepa psicrótrofa patagónica UNQOe19 de *O. oeni* (Iglesias et al., 2018). La secuencia genómica de esta cepa nativa patagónica nos proporcionará información útil sobre las capacidades metabólicas necesarias para llevar a cabo el proceso de FML, para adaptarse al ambiente estresante del vino, así como la capacidad para crecer en sustratos alternativos.

El objetivo de este trabajo fue realizar un análisis *in silico* del genoma de UNQOe19, para predecir propiedades tecnológicas, inocuidad de la cepa, respuestas a estrés ambiental y capacidades metabólicas que permitan el crecimiento en sustratos alternativos sustentables.

2. Materiales y métodos

2.1 Características y origen de la cepa

La cepa psicrótrofa de *O. oeni* UNQOe19 fue aislada de la fermentación maloláctica espontánea de un vino Pinot noir (vendimia 2014) producido en una bodega comercial de General Roca de 109 años de antigüedad, Patagonia Norte, Argentina, en la cual no se emplean iniciadores malolácticos comerciales.

2.2 Características de la muestra de vino

La muestra de vino se recolectó asépticamente de un vino Pinot noir (cosecha 2014) correspondiente a la etapa final de la fermentación alcohólica con valores de 14,3% v / v de etanol, pH 3,7 y concentración de 2,3 g/L de ácido L-málico. En esta bodega, el proceso de vinificación comienza con una pre-fermentación en frío durante 48-72 h, seguida de una fermentación alcohólica en tanques de hormigón de 9000 L durante 20 días; luego sigue la fermentación maloláctica durante 25-40 días y, finalmente, el vino pasa por una crianza en barricas de roble francés durante al menos 6 meses.

2.3 Análisis bioinformático del genoma

El ensamblaje de *novo* de la cepa UNQOe19 (Código de acceso CP027431) se realizó mediante secuenciación *shotgun* utilizando el kit SMRTbell Template Prep kit 1.0 de 20kb, seguido de una secuenciación SMTR (del inglés *single molecule real time sequencing*) cuya lectura se realizó en un secuenciador RS II (*Pacific Biosciences*). Se utilizaron un total de 103.710 lecturas (588 veces la cobertura y una lectura de polimerasa N50 de 14765 pb), con una longitud

promedio de 10359 pb y una precisión estimada del 85%, como entrada para el ensamblaje de *novu* con el paquete Canu (Korenet al., 2017). La salida de Canu consistió en un solo *contig* circular sin *gaps*.

La predicción de las secuencias codificantes se realizaron con GeneMarkS. La anotación del genoma se realizó utilizando *pipeline* de anotación (*Annotation Pipeline*) (Chaudhariat al., 2016) del genoma procariota del NCBI (PGAP), y las relaciones de ontología de genes (*gen onthology*) se calcularon utilizando Blast2GO versión 5.1.1. El análisis de Pan-Genoma Bacteriano (BPGA) se usó para comparar la presencia/ausencia de genes en UNQOe19 con otras secuencias de *O. oeni* (Iglesias et al., 2018).

Para las predicciones de la función proteica, la obtención de códigos de enzimas y el análisis de las rutas KEGG (para la degradación de azúcares) también se utilizó Blast2GO 5.1.1 (Götzet al., 2008). Por último, el análisis COG (*Clusters of Orthologous Groups of proteins*, ncbi) fue realizado por WebMGA (BMC Genomics 2011, 12: 444).

3. Resultados

3.1 Características generales del genoma de la cepa de *O. oeni* UNQOe19

El análisis del genoma completo de la cepa psicrótrofa UNQOe19 resultó de gran interés debido a su capacidad de implantarse en vino, en presencia de la microbiota autóctona, y conducir exitosamente la FML, a temperaturas sub-óptimas de 4 y 10 °C (Manera et al., 2019). Las características generales se muestran en la Tabla 1. Esta cepa contiene un cromosoma circular único de 1,83 Mb con un contenido de G + C de 37,9% y mostró 1839 marcos abiertos de lectura ORF. De 1891 genes predecidos, 1721 fueron identificados como secuencias que codifican proteínas, 118 como pseudogenes potenciales, y 52 como genes codificadores de ARN (43 ARNt, 6ARNr y 3 ARN no codificantes); no se observaron genes CRISPR.

El genoma presentó 4 proteínas relacionadas con plásmidos, 2 de ellas involucradas en el inicio de la replicación, otras proteínas tipo LtrC reportadas

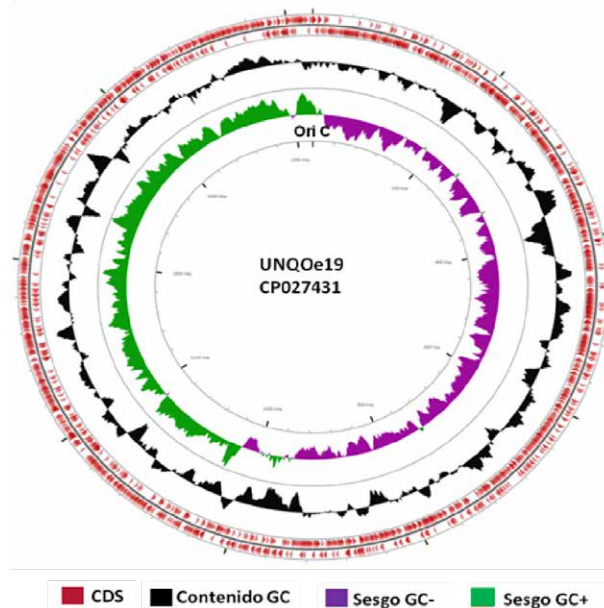
como activadores transcripcionales y una proteína plasmídica tipo PemK relacionada con un sistema toxina-antitoxina (Favier et al., 2012). Además, mostró 7 genes relacionados con transferencia por conjugación y 13 vinculados a transposasas.

Tabla 1. Características generales de la cepa UNQOe19 de *O. oeni*.

Atributos de la especie	Valores
Genes totales	1,891
CDS total	1,839
Genes codificantes	1,721
CDS codificantes	1,721
Genes RNA	52
rRNA	6
ncRNAs	3
tRNA	43
Pseudo genes (Totales)	118
Pseudo genes (residuos ambiguos)	0 de 118
Pseudo genes (corrimiento del marco de lectura)	82 de 118
Pseudo genes (incompleto)	21 de 171
Pseudo genes (internas de stop)	30 de 171
Pseudo genes (problemas múltiples)	13 de 171
CRISPR Arrays	0
G+C %	37,90%

En la Figura 1 se muestra el atlas de genoma de UNQOe19, donde fueron identificados mediante el análisis de sesgo GC y el cambio de orientación de ORF los orígenes de replicación (Ori C) y terminación. Ambos orígenes se encuentran en posiciones casi simétricas en el genoma. Los genes codificantes de UNQOe19 predominantemente se transcriben en la dirección de la replicación.

Figura 1. Atlas cromosómico de la cepa de *O. oeni* UNQOe19 generado con CGView v 1.0 (Granty Stothard, 2008).

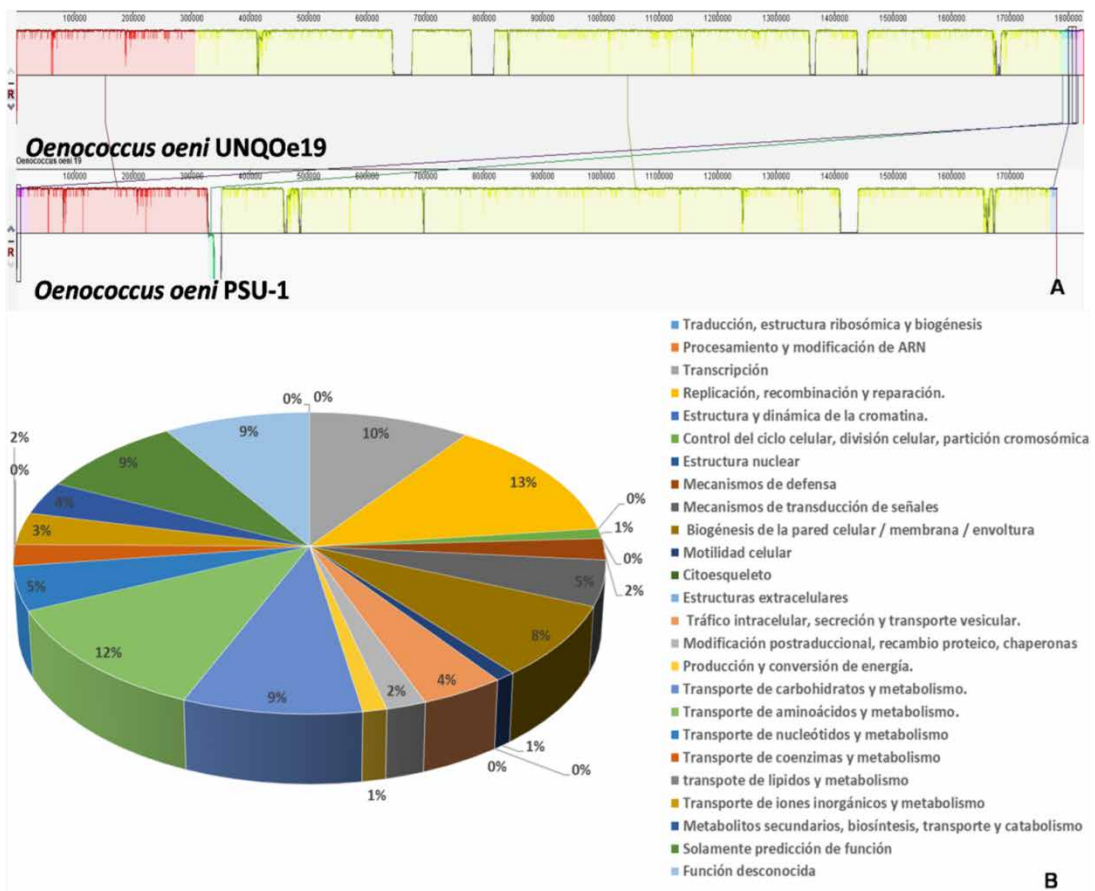


El contenido de GC se muestra en el círculo negro; el sesgo GC positivo y negativo en círculos verde y violeta respectivamente; y CDS (CoDing Secuencia) en el círculo rojo.

La Figura 2A muestra la comparación entre el genoma completo de la cepa de *O. oeni* PSU-1 y UNQOe19. El genoma de *O. oeni* PSU-1 tiene un tamaño de 1,753,879pb, el cual fue superado por la cepa UNQOe19 con 1,826,824 pb. Sin embargo, esta diferencia no es indicativa directa de la capacidad de traducción de proteínas funcionales luego de la transcripción. UNQOe19 presentó 160 genes únicos. El análisis COG (*Clusters of Orthologous Groups of proteins*, ncbi) para la clasificación de proteínas dentro de categorías funcionales de estos genes, mostró 25 clasificaciones de categorías funcionales y su abundancia se muestra en la Figura 2B. Este análisis reveló que las categorías más abundantes son de replicación, recombinación y reparación representada en un 13%; transporte de aminoácidos y metabolismo con 12% y transcripción con 10%. Los menos abundantes corresponden en un 1% a motilidad celular y control del ciclo celular, partición cromosómica y división celular. Representadas con un 2% se encuentran las categorías relacionadas

con modificación postraduccional, recambio proteico, chaperonas y mecanismos de defensa. Se detectaron en este análisis 6 categorías relacionadas con el transporte de carbohidratos, lípidos, aminoácidos, nucleótidos, coenzimas, iones y metabolismo. Una de estas categorías corresponde a un 6% de genes con función desconocida.

Figura 2. Análisis comparativo de las cepas UNQOe19 y PSU-1 de *O. oeni*.

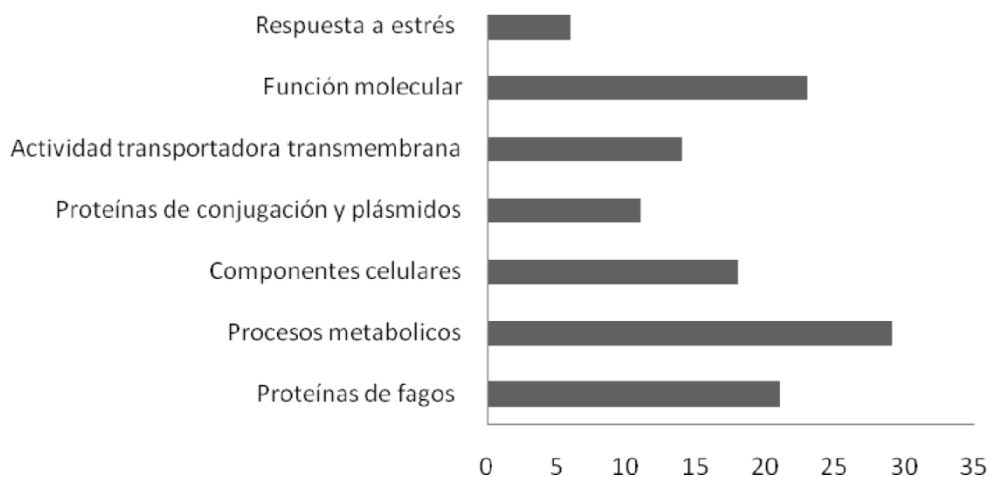


A. Comparación del genoma de *O. oeni* UNQOe19 con la anotación del genoma de la cepa de *O. oeni* PSU-1. B. Abundancia relativa de genes únicos de UNQOe19 asociados con categorías funcionales generales COG.

La clasificación de proteínas dentro de categorías GO, implementada con el programa Blast2GO, se usó para analizar los 160 genes únicos detectados en UNQOe19 en comparación con la anotación del genoma de la cepa PSU-1 de *O. oeni*. La Figura 3 muestra que, entre los 160 genes únicos de

UNQOe19, se detectaron 19 genes relacionados con componentes celulares, 29 con procesos metabólicos, 23 con funciones moleculares, 11 con plásmidos y proteínas relacionadas con transferencia por conjugación, 13 con actividades de transportador transmembrana, 21 con proteínas relacionadas con fagos putativos y 38 con proteínas hipotéticas. Los 6 genes restantes se relacionaron con la homeostasis, síntesis de cápsula y la respuesta a estrés.

Figura 3. Clasificación de proteínas dentro de categorías GO (basada en vocabulario gene ontology), implementada con el programa Blast2GO 5.1.1 de los genes únicos de UNQOe19 en relación a la comparación con la cepa PSU-1 de *O. oeni*.



3.2 Detección de genes de enzimas vinculadas a propiedades de interés enológico

El análisis del genoma completo mediante Blast2GO orientado a la búsqueda de genes de interés enológico se muestra en la Figura 4. Se detectaron genes relacionados con proteínas de biosíntesis de exopolisacáridos. La producción de exopolisacáridos es deseable por sus propiedades para estabilizar la espuma en procesos de vinificación, retener compuestos aromáticos, aportar textura, disminuir la astringencia y aportar resistencia a factores de estrés como las temperaturas (Margalef-Català et al., 2017; Shi et al., 2021).

Fueron detectados 45 genes relacionados con respuesta a estrés, que se vinculan con numerosas funciones que favorecen la viabilidad en condiciones ambientales adversas, entre las que se destacan proteínas relacionadas con la respuesta a choque térmico, homeostasis y estrés oxidativo.

Se detectó un gen relacionado con la actividad tanasa (EC: 3.1.1.20) involucrada en la hidrólisis de taninos.

También se hallaron genes relacionados con la FML mediante la descarboxilación enzimática del ácido L-málico por medio de la malato deshidrogenasa (oxalacetato descarboxilante) y malato deshidrogenasa descarboxilante (EC:1.1.1.38; EC:1.1.1.39). Estas enzimas disminuyen la acidez percibida y favorecen la estabilidad microbiana y son responsables de la descarboxilación del ácido L-málico y producción de ácido láctico y dióxido de carbono.

3.3 Genes que codifican proteínas relacionadas con la producción de metabolitos indeseables

Entre las propiedades no deseadas de BAL se destacan las aminas biogénicas provenientes del metabolismo catabólico de aminoácidos. En el análisis del genoma de UNQOe19 (Figura 4), no se detectaron genes relacionados con las descarboxilación de aminoácidos como histidina (histidina descarboxilasa), tirosina (tirosina descarboxilasa) y ornitina/agmatina (ornitina descarboxilasa y agmatina deaminasa), responsables de producir las aminas biogénicas histamina, tiramina y putrescina respectivamente. Sin embargo, se encontró un gen carbamatokinasas (EC: 2.7.2.2) y dos arginina deaminasas (EC:3.5.3.6) relacionados con la producción de citrulina, la cual al ser liberada fuera de la BAL puede reaccionar no enzimáticamente con el alcohol y producir etil carbamato, que resulta un compuesto carcinogénico (Yu et al., 2020).

3.4 Genes que codifican proteínas relacionadas con el desarrollo del sabor y el aroma

La cepa UNQOe19 mostró una amplia gama de enzimas con diversas funciones que podrían tener efectos positivos sobre las propiedades aromáticas

y sensoriales del vino (Figura 4). Entre ellas se destacan 4 genes de la enzima citrato liasa (EC:4.1.3.6) subunidades alfa y beta y un carrier citrato liasa holo; la enzima citrato liasa es clave en la producción de diacetilo, compuesto que aporta al vino un agradable aroma a manteca después de la FML. También se detectó un gen de las enzimas acetolactato sintasa (EC:2.2.1.6) y Alpha-acetolactato descarboxilasa (EC:4.1.1.5) involucradas en la transformación del acetaldehído TTP en ácido alfa-acetoláctico precursor del producto aromático diacetilo (Bartowsky et al., 2005).

Se detectaron 7 genes de la enzima glucosidasa, subunidades alfa (EC:3.2.1.20) y beta (EC:3.2.1.21) involucradas en la liberación de compuestos aromáticos, mediante la hidrólisis de glicósidos, liberando importantes compuestos aromáticos como citronellol, geraniol, linanol (Grimaldi et al., 2005). Se detectaron 7 genes de amino peptidasas y 12 genes de proteasas (EC:3.4.13; EC:3.4.11.4; EC:3.4.22; EC:3.4.11; EC:3.4.21; EC:3.4.24; EC3.4.1.3), relacionadas con el metabolismo de aminoácidos libres, que producen compuestos que aportan al sabor y aroma.

Cuando finaliza la FML puede concentrarse en el vino una elevada concentración de esteres; en la cepa UNQOe19 fueron detectados 10 genes relacionados con enzimas estererasas (Figura 4), involucradas en la síntesis de esteres, liberando compuestos aromáticos que aportan notas frutales (frutos rojos, frutos secos, tropicales), así como también aroma a canela (Brizuela et al., 2021).

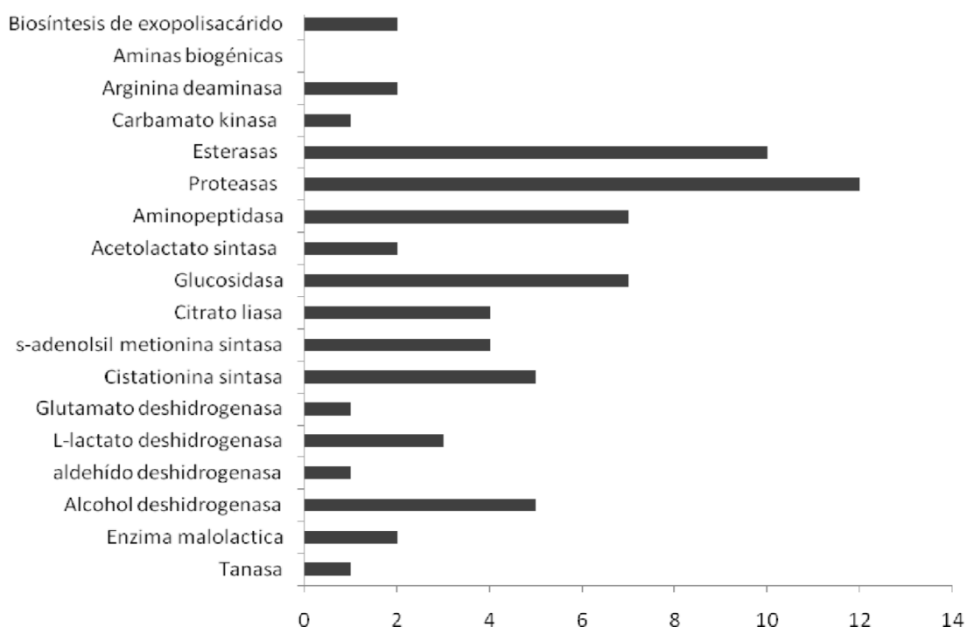
Se identificaron 5 genes que codifican para la enzima alcohol deshidrogenasa (EC:1.1.1.1) y un gen de la enzima aldehído deshidrogenasa. Estas enzimas catalizan la conversión de aldehídos en alcoholes y están involucradas en el desarrollo del sabor a frutos en vinos tintos (Styger et al., 2011).

3.5 Enzimas relacionadas con el metabolismo de síntesis de aminoácidos

El análisis genómico sugiere la capacidad de biosíntesis de alanina, aspartato, asparagina, cisteína, glutamina, lisina, metionina y treonina por detección de las enzimas relacionadas con su síntesis. Además, se detectaron 4 genes de cistationina gamma sintasa (EC:2.5.1.48), un gen de cistationina

beta-sintasa (EC:4.2.1.22), involucrados con la síntesis de metionina y cisteína (Liu et al., 2008).

Figura 4. Análisis del genoma completo de UNQOe19 mediante blast2GO orientado a la búsqueda de genes de enzimas relacionadas con propiedades tecnológicas y organolépticas de interés.



3.6 Predicción de la capacidad de crecimiento de UNQOe19 en medios alternativos sustentables

O. oeni es una bacteria heterofermentativa y utiliza hexosas y pentosas en su metabolismo, principalmente glucosa y fructosa, que representa el 99% de los azúcares en las uvas; también se encuentran presentes en sustratos alternativos obtenidos de subproductos de la industria alimentaria. El análisis en el genoma usando la base de datos KEGG reveló que pueden metabolizar en rutas catabólicas diversos hidratos de carbono, entre ellos glucosa, fructosa, estaquiosa, sacarosa, rafinosa, melibiosa, trehalosa, lactosa, galactosa y xilulosa como fuente de carbono. Además, están presentes varios transportadores de carbohidratos, como glucosa, manosa, fructosa, manitol, lactosa y otros transportadores de carbohidratos no definidos. En la Tabla 2 se

muestran las rutas a las que se incorporan para su catabolismo los hidratos de carbono mencionados y en qué ruta se incorporan sus productos en el metabolismo secundario.

Tabla 2. Predicción *in silico* mediante el análisis KEGG del genoma de UNQOe19 para evaluar el catabolismo de hidratos de carbono de interés presentes en sustratos alternativos sustentables.

Carbohidratos	Degradación en:	Código	Sus productos se incorporan en:	Código
Alfa/beta-D-Glucosa, Fructosa	Glucólisis	00010	Ruta pentosa fosfato, Metabolismo propanoato	00030 00640
Glucosa-6 -P , fructosa-6-P (Intermediarios de la glucólisis)	Ruta pentosa fosfato	00030	Interconversión de pentosa y glucuronato Metabolismo de pirimidina Metabolismo de purina Metabolismo de histidina	00040 00240 00230 00340
Fructosa	Metabolismo de amino-azúcar y nucleótido-azúcar	00520	Glucólisis/Gluconeogénesis Metabolismo de ascorbato y aldarato	00010 00053
Estaquiosa, Sacarosa, Rafinosa, Melibiosa	Metabolismo de galactosa	00052	Glucólisis/Gluconeogénesis Ruta pentosa fosfato	00010 00030
Sacarosa	Metabolismo del almidón y sacarosa	00500	Glucólisis/Gluconeogénesis Metabolismo de azúcar amino y azúcar nucleótidos	00010 00520
D-Xilulosa	Interconversión de glucosa y glucuronato	00040	Ruta pentosa fosfato	00030
D-Galactosa, Lactosa	Metabolismo de Galactosa	00052	Interconversión de pentosa y glucuronato Glucólisis	00040 00010

4. Discusión

La cepa psicrótrófa UNQOe19 se destaca por mantenerse viable, consumir ácido L-málico e implantarse en vino junto a la microbiota nativa a

temperaturas sub-óptimas de 4 y 10 °C (Manera et al., 2019). Para interpretar la respuesta adaptativa de esta cepa a las temperaturas sub-óptimas y las condiciones estresantes del vino, así como para determinar sus capacidades metabólicas, se obtuvo el genoma completamente ensamblado (Iglesias et al., 2018). El análisis *in silico* del genoma completo mostró que los genes codificantes de UNQOe19 predominantemente se transcriben en la dirección de la replicación. Esta es una característica observada en otros genomas secuenciados de cepas de *O. oeni* enológicos (Lamontanara et al., 2014; Mills et al., 2005), así como en la cepa de *Lactiplantibacillus plantarum* UNQLp11 enológica nativa de la región patagónica (Iglesias et al., 2020).

Comparando su anotación genómica con la anotación de la cepa PSU-1 de *O. oeni*, se detectaron 160 genes únicos, entre los cuales se encontraban genes relacionados con la respuesta a estrés, síntesis de cápsula, metabolismo de diversos nutrientes y transporte de hidratos de carbono y aminoácidos. La cepa UNQOe19 se destaca entre otras cepas de *O. oeni* tales como PSU-1 por su capacidad de conducir la FML y mantenerse viable en vinificaciones a bajas temperaturas. Esto sugiere que, aunque estas cepas comparten una elevada similitud genética, la presencia de genes distintivos en UNQOe19 relacionados con la respuesta a estrés podrían ser los responsables del comportamiento fisiológico de UNQOe19 para adaptarse al ambiente estresante del vino y a las características ambientales de la región.

Para la selección de cepas de interés enológico se requiere que estas presenten caracteres enzimáticos que intervengan positivamente en el aroma, sabor, color y textura del vino. El metabolismo de las BAL tiene un impacto significativo en la calidad del vino. La contribución metabólica de estas es dependiente de la cepa, motivo por el cual el conocimiento de estas capacidades en cada cepa resulta relevante. El análisis del genoma de UNQOe19 nos permitió evaluar una serie de aspectos relacionados con las propiedades tecnológicas e inocuidad que deben tener las cepas que se usarán como iniciadores de la FML.

La producción de AB es cepa-dependiente y resulta una propiedad indeseada; por lo tanto, fue evaluada la presencia de genes relacionados con esta

propiedad en el análisis *in silico* del genoma de UNQOe19. La ausencia de genes y rutas metabólicas relacionadas con la producción de aminas biogénicas se condice con los ensayos realizados a esta cepa con *primers* específicos para detectar tiramina, histamina y putrescina (Manera et al., 2019). Se detectó la presencia de la enzima carbamato kinasa relacionada con la formación de etil carbamato, compuesto indeseado por ser carcinogénico. Para que se obtenga este producto se debe excretar la citrulina y en este caso no se detectaron transportadores de citrulina, por lo que es necesario evaluar a futuro la presencia de este producto en el vino.

Se detectaron genes asociados con la producción de exopolisacáridos, lo que explicaría la detección, por microscopía electrónica de barrido (datos no publicados), de una matriz extracelular alrededor de bacterias de esta cepa, más notable cuando las células se incuban a 4 °C, y reducida ante incrementos de la temperatura de incubación. Este hallazgo sugiere que la formación de la matriz, junto a la expresión de genes de respuesta a estrés, permitiría la adaptación e implantación de estos cultivos a bajas temperaturas de fermentación. La producción de exopolisacáridos podría estar relacionada con la resistencia a las condiciones estresantes del vino y las bajas temperaturas, pero es necesario evaluar la cantidad que se produce durante la FML para predecir comportamientos detrimentales, como aumento en la viscosidad del vino y formación de agregados que podrían bloquear el sistema de filtrado, retraso de la aclaración espontánea, sedimentación y empeoramiento de la filtrabilidad del vino (Dimopoulou et al., 2017).

Por otra parte, los aminoácidos libres pueden convertirse en compuestos que aportan al sabor y aroma del vino. Las enzimas cisteína, prolina, metionina y alanina amino peptidasas son relevantes para la formación de aromas en el vino (Lerm et al., 2011). Tanto la cepa PSU-1 como UNQOe19 presentan genes relacionados con proteasas, responsables de clivar uniones peptídicas. UNQOe19 codifica para el gen de la metionina aminopeptidasa.

Las enzimas estererasas catalizan la síntesis de esterres, aportando notas frutales. UNQOe19 presenta 10 diferentes genes de estererasas, mientras que

PSU-1 solo presenta 2 genes relacionados con esta actividad. UNQOe19 contiene la enzima citratoliasa subunidades alfa y beta; esta enzima es clave en la producción de diacetilo, compuesto que aporta un agradable aroma a manteca al vino después de la FML. Esta enzima se ha encontrado en cepas de *O. oeni* y *Lactiplantibacillus plantarum* nativas de vinos patagónicos (Bravo-Ferrada et al., 2013; Brizuela et al., 2017).

Los resultados descriptos en este trabajo sugieren el potencial de UNQOe19 para emplearse como cultivos malolácticos. Para la elaboración de cultivos iniciadores es necesaria la producción de biomasa celular en abundante cantidad, lo que requiere el diseño de un medio de cultivo. Los subproductos de la industria alimentaria tales como el bagazo de manzana y permeado de suero podrían ser una fuente de nutrientes alternativa de bajo costo, y su uso solucionaría los problemas ambientales relacionados con su tratamiento y eliminación, ya que tienen una alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO), lo que les da un valor añadido (Vera et al., 2012). La capacidad detectada en el genoma de UNQOe19 para catabolizar diversos hidratos de carbono y aminoácidos permitiría predecir el crecimiento en medios alternativos sustentables.

5. Conclusiones

UNQOe19 reveló la presencia de genes de interés que aportan al aroma y sabor del vino, respuesta adaptativa, exopolisacáridos y ausencia de genes de aminas biogénicas. De acuerdo a los genes y rutas metabólicas detectadas, podría predecirse que UNQOe19 es capaz de crecer en sustratos alternativos sustentables ricos en lactosa, glucosa y fructosa, como el permeado de suero y el bagazo de manzana. La presencia de estos caracteres sugiere el potencial de la cepa UNQOe19 para utilizarse como cultivo iniciador de la fermentación maloláctica a temperaturas sub-óptimas.

Referencias

Barrangou, R., Fremaux, C., Deveau, H., Richards, M., Boyaval, P., Moineau, S., Romero, D.A. y Horvath, P. (2007). CRISPR provides acquired resistance against viruses in prokaryotes. *Science*, 315(5819), 1709-1712.

- Bartowsky, E. J. (2005). *Oenococcus oeni* and malolactic fermentation—moving in to the molecular arena. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11(2), 174-187.
- Bech-Terkilsen, S., Westman, J. O., Swiegers, J. H. y Siegumfeldt, H. (2020). *Oenococcus oeni*, a species born and moulded in wine: a critical review of the stress impacts of wine and the physiological responses. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 26(3), 188-206.
- Bokulich, N. A., Collins, T. S., Masarweh, C., Allen, G., Heymann, H., Ebeler, S. E. y Mills, D. A. (2016). Associations among wine grape microbiome, metabolome, and fermentation behavior suggest microbial contribution to regional wine characteristics. *MBio*, 7(3), e00631-16.
- Bravo, S. M. E., Morales, M., del Monaco, S. M. y Caballero, A. C. (2019). Apple bagasse as a substrate for the propagation of Patagonian wine yeast biomass. *Journal of Applied Microbiology*, 126(5), 1414-1425.
- Bravo-Ferrada, B.M., Hollmann, A., Delfederico, L., Valdés la Hens, D., Caballero, A. y Semorile, L. (2013). Patagonian red wines: Selection of *Lactobacillus plantarum* isolates as potential starter cultures for malolactic fermentation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29(9), 1537-1549.
- Brizuela, N.S., Bravo-Ferrada, B.M., La Hens, D.V., Hollmann, A., Delfederico, L., Caballero, A., Tymczyszyn, E.E. y Semorile, L. (2017). Comparative vinification assays with selected Patagonian strains of *Oenococcus oeni* and *Lactobacillus plantarum*. *LWT, Food Science and Technology*, 77, 348-355.
- Brizuela, N. S., Franco Luesma, E., Bravo Ferrada, B. M., Pérez Jiménez, M., Semorile, L., Tymczyszyn, E. E. y Pozo-Bayon, M. A. (2021). Influence of Patagonian *Lactiplantibacillus plantarum* and *Oenococcus oeni* strains on sensory perception of Pinot noir wine after malolactic fermentation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 27(1), 118-127.
- Cerdeira, V., Bravo-Ferrada, B. M., Semorile, L. y Tymczyszyn, E. (2019). Design of a low cost culture médium based in Whey Permeate for biomass production of enological *Lactobacillus plantarum* strains. *Biotechnology Progress*, 35(3), e2791.
- Chaudhari, N.M., Gupta, V.K. y Dutta, C. (2016). BPGA—an ultra-fast pan genome analysis pipeline. *Scientific Reports*, 6(1), 1-10.
- Cui, F., Wan, C., Li, Y., Liu, Z. y Rajashekara, G. (2012). Co-production of lactic acid and *Lactobacillus rhamnosus* cells from whey permeate with nutrient supplements. *Food and Bioprocess Technology*, 5(4), 1278-1286.

- Dimopoulou, M., Claisse, O., Dutilh, L., Miot-Sertier, C., Ballestra, P., Lucas, P.M. y Dols-Lafargue, M. (2017). Molecular cloning, expression and characterization of *Oenococcus oeni* priming glycosyl transferases. *Mol. Biotechnol*, 59(8), 323-333.
- Favier, M., Bilhere, E., Lonvaud-Funel, A., Moine, V. y Lucas, P. M. (2012). Identification of pOENI-1 and related plasmids in *Oenococcus oeni* strains performing the malolactic fermentation in wine. *PLoS ONE* 7(11): e49082.
- Grant, J.R. y Stothard, P. (2008). TheCGView Server: A comparative genomic stool for circular genomes. *Nucleic Acids Res*, 36(2), 181-184.
- Grandvalet, C., Assad-García, J. S., Chu-Ky, S., Tollot, M., Guzzo, J., Gresti, J. y Tourdot Marechal, R. (2008). Changes in membrane lipid composition in ethanol-and acid-Adapted *Oenococcus oeni* cells: characterization of the cfa gene by heterologous complementation. *Microbiology*, 154(9), 2611-2619.
- Grimaldi, A., Bartowsky, E. y Jiranek, V. (2005). Screening of *Lactobacillus* spp. and *Pediococcus* spp. for glycosidase activities that are important in oenology. *Journal of Applied Microbiology*, 99(5), 1061-1069.
- Gil-Sánchez, I., Suáldea, B. B. y Moreno-Arribas, M. V. (2019). Malolactic fermentation. *Red Wine Technology*. Academic Press.
- Golowczyc, M., Vera, C., Santos, M., Guerrero, C., Carasi, P., Illanes, A., Gómez-Zavaglia, A. y Tymczyszyn, E. (2013). Use of whey permeate containing in situ synthesised galacto oligosaccharides for the growth and preservation of *Lactobacillus plantarum*. *The Journal of Dairy Research*, 80(3), 374.
- Götz, S., García-Gómez, J.M., Terol, J., Williams, T.D., Nagaraj, S.H., Nueda, M.J., Robles, M., Talón, M., Dopazo, J. y Conesa, A. (2008). High-throughput functional annotation and data mining with the Blast2GO suite. *Nucleic Acids Res*, 36(10), 3420-3435.
- Hugo, A. A., Bruno, F. y Golowczyc, M. A. (2016). Whey permeate containing galacto oligosaccharides as a médium for biomass production and spray drying of *Lactobacillus plantarum* CIDCA 83114. *LWT, Food Science and Technology*, 69, 185-190.
- Iglesias, N. G., Brizuela, N. S., Tymczyszyn, E. E., Hollmann, A., Valdés La Hens, D., Semorile, L. y Bravo-Ferrada, B. M. (2020). Complete genome sequencing of *Lactobacillus plantarum* UNQLp 11 isolated from a Patagonian Pinot Noir wine. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 41(2), 197-209.
- Iglesias, N. G., Valdés La Hens, D., Olguín, N. T., Bravo-Ferrada, B. M., Brizuela, N. S., Tymczyszyn, E. E., Bibiloni, H., Caballero, A.C. y Semorile, L. (2018). Genome sequence

- of *Oenococcus oeni* UNQOe19, the first fully assembled genome sequence of a Patagonian psychrotrophic oenological strain. *Microbiology Resource Announcements*, 7(5), e00889-18.
- Koren, S., Walenz, B.P., Berlin, K., Miller, J.R., Bergman, N.H. y Phillippy, A.M. (2017). Canu: Scalable and accurate long-read assembly via adaptive k-merweighting and repeat separation. *Genome Research*, 27(5), 722-736.
- Lamontanara, A., Orrù, L., Cattivelli, L., Russo, P., Spano, G. y Capozzi, V. (2014). Genome sequence of *Oenococcus oeni* OM27, the first fully assembled genome of a strain isolated from an Italian wine. *Genome Announcements*, 2(4), e00658-14.
- Lerm, E., Engelbrecht, L. y du Toit, M. (2011). Selection and characterisation of *Oenococcus oeni* and *Lactobacillus plantarum* South African wine isolates for use as malolactic fermentation starter cultures. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 32(2), 280-295.
- Liu, M., Nauta, A., Francke, C. y Siezen, R. J. (2008). Comparative genomics of enzymes in flavor-forming pathways from amino acids in lactic acid bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(15), 4590-4600.
- Manera, C., Bravo-Ferrada, B.M., Tymczyszyn, E., Delfederico, L., Olguín, N., Semorile, L. C. y Valdés La Hens, D. (2017). Aislamiento y selección de cepas psicrotolerantes de bacterias lácticas enológicas de la región patagónica. IV Congreso Internacional Científico y Tecnológico-CONCYT.
- Manera, C., Olguín, N. T., Bravo-Ferrada, B. M., Tymczyszyn, E. E., Delfederico, L., Bibiloni, H., Caballero, A. C., Semorile, L. C. y La Hens, D. V. (2019). Survival and implantation of indigenous psychrotrophic *Oenococcus oeni* strains during malolactic fermentation in a Patagonian Pinot noir wine. *LWT, Food Science and Technology*, 108, 353-360.
- Margalef-Català, M., Felis, G. E., Reguant, C., Stefanelli, E., Torriani, S. y Bordons, A. (2017). Identification of variable genomic regions related to stress response in *Oenococcus oeni*. *Food Research International*, 102, 625-638.
- Mills, D. A., Rawsthorne, H., Parker, C., Tamir, D. y Makarova, K. (2005). Genomic analysis of *Oenococcus oeni* PSU-1 and its relevance to winemaking. *FEMS Microbiology Reviews*, 29(3), 465-475.
- Narváez-Barragán, D. A., de Sandozequi, A., Rodríguez, M., Estrada, K., Tovar-Herrera, O. E. y Martínez-Anaya, C. (2020). Analysis of two Mexican *Pectobacterium brasiliense* strains reveals an inverted relationship between c-di-GMP levels with exopolysaccharide production and swarming motility. *Microbiological Research*, 235, 126-427.
- Shi, K., An, W., Meng, Q., Gu, Y. y Liu, S. (2021). Partial characterization and lyoprotective activity of exopolysaccharide from *Oenococcus oeni* 28A-1. *Process Biochemistry*, 101, 128-136.

- Sorek, R., Kunin, V. y Hugenholtz, P. (2008). CRISPR – A widespread system that provides acquired resistance against phages in bacteria and archaea. *Nature Reviews Microbiology*, 6(3), 181-186.
- Styger, G., Prior, B. y Bauer, F. F. (2011). Wine flavor and aroma. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 38(9), 1145.
- Valdés La Hens, D., Bravo-Ferrada, B. M., Delfederico, L., Caballero, A.C. y Semorile, L.C. (2015). Prevalence of *Lactobacillus plantarum* and *Oenococcus oeni* during spontaneous malolactic fermentation in Patagonian red wines revealed by polymerase chain reaction-denaturing gradient gel electrophoresis with wotargeted genes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21(1), 49-56.
- Valdés La Hens, D., Bravo-Ferrada, B. M., Brizuela, N. S., Tymczyszyn, E. E., Hollmann, A., Delfederico, L. y Semorile, L. (2016). Indigenous lactic acid bacteria communities associated with spontaneous malolactic fermentations in Patagonian wines: Basic and applied aspects. *Biology and Biotechnology of Patagonian Microorganisms* (pp. 225-248). Springer, Cham.
- Vendruscolo, F., Albuquerque, P. M., Streit, F., Esposito, E. y Ninow, J. L. (2008). Apple pomace: A versatile substrate for biotechnological applications. *Critical Reviews in Biotechnology*, 28(1), 1-12.
- Vera, C., Guerrero, C., Conejeros, R. e Illanes, A. (2012). Synthesis of Galacto oligosaccharides by β -galactosidase from *Aspergillus oryzae* using partially dissolved and super saturated solution of lactose. *Enzyme and Microbial Technology*, 50(3), 188-194.
- Virdis, C., Sumbly, K., Bartowsky, E. y Jiranek, V. (2020). Lactic acid bacteria in wine: Technological advances and evaluation of their functional role. *Frontiers in Microbiology*, 11.
- Yu, W., Xie, G., Wu, D., Li, X. y Lu, J. (2020). A *Lactobacillus brevis* strain with citrulline reuptake activity for citrulline and ethylcarbamate control during Chinese rice wine fermentation. *Food Bioscience*, 36, 100612.

CARACTERIZACIÓN DE TRANSPORTADORES DE ANTOCIANINAS NATURALES, BASADOS EN LECITINA DE SOJA Y MANTECA DE CACAO

NICOLÁS GIORDANO M., AYELEN M. SOSA, LUIS M. MARTINEZ
Y SILVIA DEL V. ALONSO¹

Resumen

Las antocianinas son compuestos antioxidantes de interés por sus propiedades beneficiosas para la salud cuando se incluyen en la dieta, dada su gran contribución al contenido nutricional. Son hidrosolubles e inestables; se degradan fácilmente por factores como el pH, luz, oxígeno, enzimas e iones metálicos, entre otros. Debido a esta inestabilidad, se buscan métodos de protección para encapsular principios activos (microencapsulación). Este trabajo estudia y discute la aplicación de transportadores naturales de lecitina de soja (SPC) y manteca de cacao (CB) con antioxidantes extraídos de arándanos (Ar). Se obtuvieron antocianinas de arándanos (*Vaccinium myrtillus*) en micropartículas lipídicas sólidas (SLM). El extracto de arándanos se obtuvo por extracción sólido-líquido en medio etanólico. Las SLM fueron obtenidas por método de dispersión continua usando manteca de cacao (CB), que fue disuelta junto con la lecitina de soja (SPC) y el extracto de arándanos (AR) en solución acuosa. La relación final de los componentes SPC-CB-Ar fue de 1:1:0,3 gramos. La caracterización se realizó por *Dynamic Light Scattering* (DLS), potencial Z (PZ) y viscoelasticidad a 1 y 45 días post-producción (dpp)

¹ Laboratorio de Bio-Nanotecnología, Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, Grupo vinculado GBeyB, IMBICE-CONICET-CICPBA, Bernal, Argentina.

y a diferentes temperaturas. Para las SPC-CB y SPC-CB-Ar, el parámetro de DLS, el $D[4,3]$ fue en ambos casos mayor que el $D[3,2]$ y fue aumentando con los días de estudio. Para el potencial Z (PZ), si bien ambas formulaciones presentaron valores negativos, resultaron menos electronegativos los valores de SPC-CB-Ar que los de SPC-CB, lo que se corresponde con los resultados de DLS, que muestran una tendencia a la mayor agregación para SPC-CB-Ar. En el ensayo viscoelástico para SPC-BC a 1 dpp, los resultados mostraron inestabilidad en dicha formulación, y para SPC-BC-Ar, los valores de G' siempre fueron mayores que los G'' , con prevalencia del carácter sólido elástico por sobre el de líquido viscoso. Para SPC-CB y SPC-CB-Ar a 45 dpp, se cumple que G' es mayor a G'' , prevaleciendo el carácter sólido elástico al de líquido viscoso en todo el rango de frecuencias. Según los cambios producidos por el tamaño de las partículas (DLS) y el potencial Z (PZ) de las muestras, los parámetros viscoelásticos de las formulaciones se encuentran en relación directa con los resultados, ya que el aumento del tamaño de las partículas dio lugar a un aumento del G' para las diferentes temperaturas en ambas formulaciones. En conclusión, las SLM podrían ser utilizadas para la protección de antocianinas derivadas del extracto de arándanos.

Palabras clave: arándanos, encapsulación, caracterización.

1. Introducción

Los arándanos son una fuente natural de antocianinas que actualmente se utilizan en la dieta debido a que aportan fibras, vitaminas C y K, ácido fólico y minerales esenciales, como el manganeso (Flores et al., 2014). Las antocianinas son compuestos antioxidantes de gran interés gracias a sus propiedades beneficiosas para la salud. Estas son anfolitos solubles en agua, y su estructura principal está compuesta por una molécula de cinamol, que puede estar sustituida por grupos hidroxilos y diferentes grupos dadores de electrones, lo que hace a las antocianinas un buen compuesto antioxidante, capaz de neutralizar radicales libres (Routray y Orsat, 2011). Por otro lado, las antocianinas presentan una inestabilidad intrínseca, por lo que son degradadas fácilmente por muchos factores fisicoquímicos, como el pH, luz, oxígeno,

enzimas e iones metálicos, entre otros (Da Rosa et al., 2019). Debido a esta inestabilidad y a su potencial aplicación, uno de los retos es buscar métodos de protección; es aquí donde entra en juego la microencapsulación, que resulta ser un método viable para encapsular principios activos en su núcleo hidrofóbico (Wang et al., 2017).

Las micropartículas lipídicas sólidas (SLM) son un sistema *carrier* muy utilizado, dadas sus ventajas frente a otros sistemas coloidales: principalmente están compuestas por lípidos que muestran una alta estabilidad física y química, poseen biocompatibilidad con una amplia gama de compuestos hidrofóbicos, tienen liberación controlada y protegen a las moléculas que incorporan a su núcleo hidrofóbico de los factores ambientales. Su aplicación en la generación de alimentos funcionales constituye una novedad a la hora de introducir compuestos bioactivos pero químicamente sensibles (Weis et al., 2008; Sthay et al., 2018). Por lo expuesto, es necesario remarcar a las SLN y su aplicación como un potencial foco de investigación en el área alimentaria, no solo por su versatilidad sino también por sus numerosas propiedades (Da Silva Santos, 2019).

Son muchos los métodos por los cuales se pueden obtener SLN; el más sencillo consiste en core lipídico central, con el compuesto bioactivo formando parte de este. La técnica de microemulsión se lleva a cabo reemplazando el lípido líquido de las emulsiones (o/w) por un lípido sólido o por una mezcla de lípidos sólidos a temperatura ambiente.

En este trabajo se busca obtener antocianinas procedentes de bayas de arándanos (*Vaccinium myrtillus*) y que puedan ser encapsuladas en micropartículas lipídicas sólidas (SLM) para su posterior caracterización. Adicionalmente, se incluye el estudio de transportadores naturales de lecitina de soja y manteca de cacao para proteger los antioxidantes extraídos de arándanos. En el estudio se determinaron y tuvieron en cuenta factores importantes, como el tamaño de las partículas, su potencial Z (PZ) y el comportamiento viscoelástico.

2. Metodología

El extracto de arándanos se obtuvo por extracción sólido-líquido con etanol 48% v/v, acidificando con ácido clorhídrico 1% v/v (48 hs a 40 ciclos/min y 40°C), filtración y posterior evaporación del solvente. Cada 25 g de bayas se agregaron 150 ml de etanol y se calculó su rendimiento de extracción utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Cálculo de rendimiento.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left(\frac{\text{masa de extracto (g)}}{\text{masa de materia prima (g)}} \right) \times 100$$

Las SLM fueron obtenidas por método de dispersión por agitación continua. La manteca de cacao (*Parafarm*, calidad HPLC) se disolvió junto a la lecitina de soja (Cargill S.A.C.I.) a 65 °C (1:1 en masa); dicha fase lipídica se dispersó gota a gota en una mezcla surfactante y extracto de arándanos (50 ml de agua, previamente esterilizada por autoclave, conteniendo 100 µl de Tween 20 y 320 mg de extracto) precalentada a 65 °C, bajo agitación con un equipo Ultra-Turrax T25 (Janhke & Kunkel GmbH and Co KG, Staufen, Alemania) a 16.000 rpm por 5 minutos. Posteriormente, se dejó recristalizar la fase lipídica *overnight* a 4 °C. Se desarrollaron dos formulaciones: una contenía encapsulado extracto de arándanos, a la cual denominaremos SPC-CB-Ar, y otra fue un control, con una suspensión de micropartículas sin encapsulado SPC-CB.

La caracterización se realizó a 1 día post-producción (dpp) y a 45 dpp, midiendo el tamaño de partícula por *Dynamic Light Scattering (DLS)* (Malvern Mastersizer 2000E equipment, Malvern Instruments Ltd, UK), donde se analizaron los parámetros d4,3 ; d3,2 y d0,9. Se determinó el PZ con Zetasizer Nano ZS (Malvern Instruments, UK) y la viscoelasticidad con reómetro de tensión controlada AR-G2 (TA Instrument) a 1 y 45 dpp.

2.1 Análisis estadístico

Los datos se presentan como media \pm desviación estándar (DE) o como media \pm error estándar de la media (SEM) y se analizan mediante un ANOVA de una vía y una prueba posterior de comparación múltiple utilizando GraphPad Prism v. 5.0. Solo se aceptaron como significativos los valores con $p < 0,05$.

3. Resultados y discusión

3.1 Espectroscopía por DLS (*Dynamic Light Scattering*)

En las muestras ensayadas se encontraron poblaciones heterogéneas de partículas según la composición de las formulaciones como lo indica la Figura 1. Si bien en los gráficos no se observan grandes diferencias entre ambas formulaciones, la Tabla 1 ayuda a visualizar las diferencias en cuanto a estabilidad y cambios de tamaño en el tiempo.

Figura 1. Seguimiento del tamaño de partícula en el tiempo D[4,3](μm) de las formulaciones SPC-CB y SPC-CB-Ar.

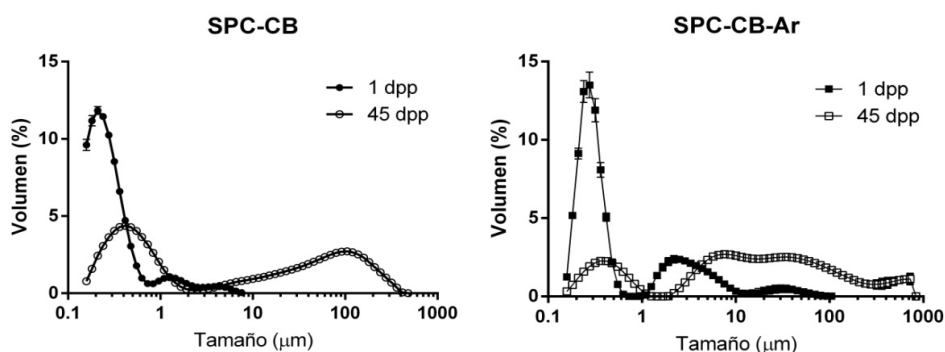


Tabla 1. Distribución del tamaño de partícula de las formulaciones ensayadas.

Formulación	Dpp	D [4,3] (μm)	D[3,2] (μm)	D[0,9] (μm)
SPC-CB	1	11,48 \pm 0,02	2,88 \pm 0,02	2,18 \pm 0,09
	45	17,37 \pm 0,67	4,36 \pm 0,01	3,51 \pm 0,01
SPC-CB-Ar	1	13,18 \pm 0,03	2,88 \pm 0,02	2,88 \pm 0,01
	45	26,30 \pm 0,02	4,36 \pm 0,01	3,80 \pm 0,02

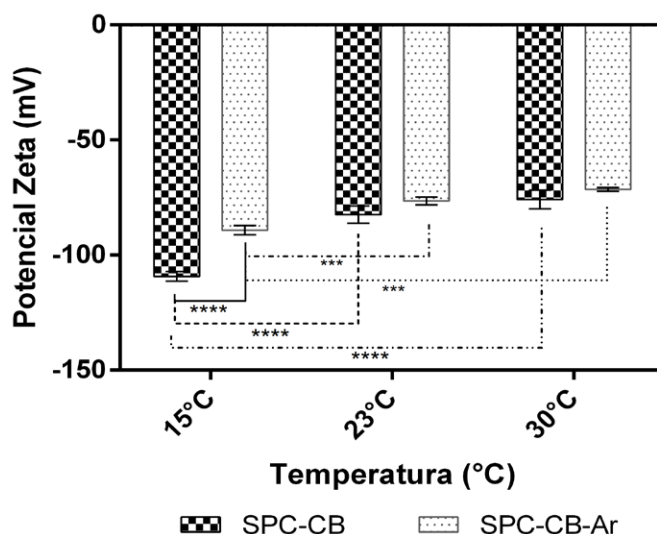
La primera observación importante fue que el tamaño de partícula es menor cuando se encuentra cargada con extracto de arándanos respecto de cuando está vacía. A medida que transcurre el tiempo, las partículas que contienen el principio activo (Ar) varían considerablemente su tamaño entre el día 1 y el día 45. En el caso de SPC-CB, tampoco mantienen su tamaño, y se observa un aumento de este, pero en menor medida que las SPC-CB-Ar transcurridos los 45 días. Lo anterior se puede corroborar con el análisis de ambas formulaciones, en cuanto a los tres parámetros establecidos para el tamaño de partícula. Para las SPC-CB, el parámetro D[4,3] fue en todos los casos mayor que el D[3,2], pero ambos fueron aumentando conforme avanzaron los días de estudio. De acuerdo a los datos, el proceso de agregación que podría estar influyendo en esta condición es la floculación o cremación (Mine, 1998). La floculación implica la formación de agregados que no derivan en la fusión de partículas, y se trata de un proceso reversible. En cambio, el cremado es la concentración de partículas en la superficie (Sosa et al., 2020).

3.2 Potencial zeta (PZ)

La magnitud y el signo de la carga eléctrica de una partícula dependen del tipo de surfactante utilizado, de la concentración y de las condiciones del ambiente (pH, temperatura y fuerza iónica). El PZ se define como la diferencia de potencial entre la superficie de la partícula y la región electro-neutra de la solución (Roland et al., 2003). Los resultados obtenidos de PZ para la

formulación SPC-CB y SPC-CB-Ar se muestran en la Figura 2 y los resultados, en la Tabla 2:

Figura 2. Potencial zeta de las muestras a los 3 dpp.



Los datos se muestran como la media SD.

Tabla 2. Potencial zeta de las formulaciones ensayadas (25 °C).

Formulación	Temperatura (°C)		
	15	23	30
SPC-CB	-109,26±2,05	-97,63±3,16	-75,87±3,10
SPC-CB-Ar	-89,23±1,98	-76,46±1,70	-71,50±0,78

Díaz y colaboradores (2016) consideran que los valores de potencial zeta mayores que +30 mV y menores que -30 mV promueven una alta estabilidad y evitan que las partículas lleguen al fenómeno de agregación. Ambas formulaciones evaluadas presentaron valores de PZ negativos por debajo de los -30 mV para las diferentes temperaturas. Los aniones presentes en la lecitina de soja, como el ácido fosfatídico, el fosfatidilglicerol y el fosfatidilinositol, son los responsables de la carga negativa en la superficie de las micropartículas (Hung et al., 2007). El otro componente de una de las formulaciones es no

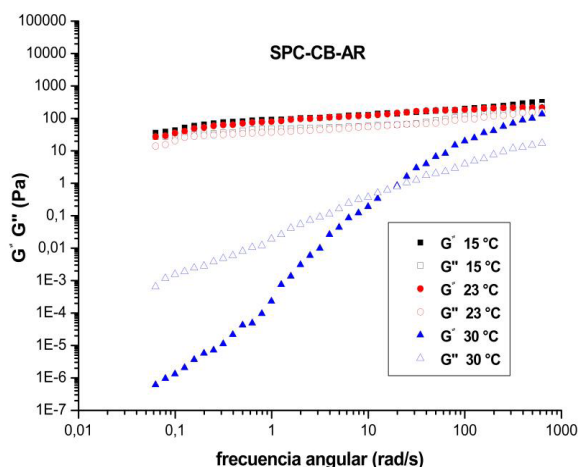
iónico, y por lo tanto, los menores valores de PZ en el caso de SCP-CB-Ar pueden ser atribuidos al principio activo (Ar) según Xizhi et al. (2019). A partir de los valores obtenidos, podemos expresar que las formulaciones SPC-CB y SPC-CB-Ar son estables para las diferentes temperaturas estudiadas.

3.3 Viscoelasticidad

La viscoelasticidad es el comportamiento que presentan los materiales entre dos estados ideales (sólido elástico y líquido viscoso), y lo que define la tendencia a acercarse a uno o a otro son los valores de G' y G'' que presenten en un ensayo dinámico (Steffe, 1996). Si G' es mayor que G'' , indica que su comportamiento es de carácter sólido elástico. Y si G'' es mayor que G' , su carácter es de tendencia a líquido viscoso. En los sistemas semisólidos, la caracterización viscoelástica es desafiante porque se combinan tanto el comportamiento sólido como las propiedades de líquido dentro del mismo material (Lippacher et al., 2001, 2002; Souto et al., 2004). La caracterización viscoelástica implica realizar una prueba de barrido de oscilación para obtener información sobre el comportamiento elástico y viscoso de los sistemas y la estructura de red formada por las interacciones entre partículas (Lippacher et al., 2001). En primer lugar, se buscó la región viscoelástica lineal (RVL) de las muestras con un barrido de tensión (prueba dinámica en la que el módulo G' se mide como una función de tensión a una frecuencia constante), considerando el rango de tensión sobre el cual el módulo G' fue independiente de la tensión aplicada y la estructura de los sistemas permaneció sin cambios. El segundo fue el barrido de frecuencia (ω), de donde se obtuvo información sobre G' , G'' y la tangente de pérdida. El barrido de tensión para las formulaciones reveló claramente la región viscoelástica lineal, mostrando que SPC-CB-Ar tiene un valor superior de G' en comparación con SPC-CB, en el rango de tensión oscilatoria en el estudio para las temperaturas de 15 °C y 23 °C. El valor obtenido para las formulaciones estudiadas a las diferentes temperaturas fue de 0,01 Pa. Para los valores de tensión de corte después de 0,01 Pa, el módulo elástico disminuyó en forma abrupta, lo que podría representar que se produjeron cambios en la estructura del material (Bucci et al., 2019).

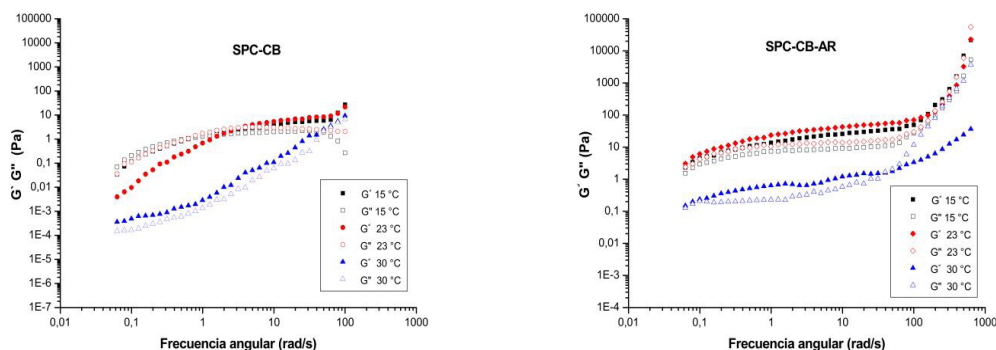
El módulo de almacenamiento o elástico y el módulo de viscosidad o pérdida se obtuvieron mediante ensayos de barrido de frecuencia, como se muestra en las figuras 3 y 4. Para SPC-BC a 1 dpp, los puntos experimentales obtenidos mostraron una inestabilidad manifiesta del sistema, por lo que no quedaron definidos parámetros a tener en cuenta. Además, podemos decir que los valores de G' y G'' estarían fuera del rango de medición del equipamiento adoptado para las muestras SPC-CB a las temperaturas de ensayo. En la Figura 3 se observan los puntos experimentales para SPC-BC-Ar a 1 dpp. En este caso, podemos decir que los valores de G' siempre fueron mayores que los G'' y, además, muy cercanos entre sí para las temperaturas de 15 °C y 23 °C. A estas temperaturas, prevalece el carácter de sólido elástico por encima del carácter de líquido viscoso en todo el barrido de frecuencias del ensayo. A 30 °C y a 1 dpp, en el comportamiento de la muestra tuvo influencia la temperatura, produciéndose un cruce de las curvas donde $G' = G'' = \sim 0,58$ Pa a 16,7 rad/s, es decir, donde se podría considerar que sale de la zona de fluidez, indicando que la $\tan \delta$ es mayor a 1 siendo $\tan \delta$, la relación entre G'' y G' .

Figura 3. Curvas viscoelásticas de G' y G'' para SPC-CB-Ar a 1 dpp.



A 45 dpp, tanto las muestras de SPC-Cb y SPC-CB-Ar arrojaron valores estables para las tres temperaturas ensayadas, según se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Curvas viscoelásticas de G' y G'' para SPC-CB y SPC-CB-Ar a 45 dpp.



Para SPC-CB a 45 dpp, al inicio $G'' > G'$ con un cruce de curvas para 15 °C y a 23 °C a 0,80 rad/s y a 3,17 rad/s, respectivamente. Los cruces en las curvas en estas temperaturas indican que salen de la fluidez a las frecuencias señaladas. A 30 °C, se da que G' es mayor a G'' , prevaleciendo sin cambios pero con valores de G' y G'' menores que los de las temperaturas anteriores.

Para SPC-CB-Ar a 45 dpp y a 15 °C, los valores de G' son mayores que de G'' y no existen cruces entre las curvas. A 23 °C, se da que $G' > G''$ hasta 198,2 rad/s; luego cambian el carácter con un cruce de curvas. Para 30 °C, el comportamiento es similar que a 23 °C ($G' > G''$) pero el cruce de curvas se produce a los 38,37 rad/s, manteniendo el carácter de líquido viscoso por encima del de sólido elástico para todas las frecuencias.

Los parámetros viscoelásticos de las formulaciones están en relación directa con los resultados de DLS y PZ, ya que el aumento del tamaño de las partículas dio lugar a un aumento del G' para las diferentes temperaturas en ambas formulaciones.

De acuerdo a los datos obtenidos por Rigolle y cols. (2015), el comportamiento de la manteca de cacao (CB) depende de la concentración de lecitina de soja (SPC) agregada y del método utilizado. Además, el agregado de SPC disminuye el proceso de cristalización de la parte grasa medida en condiciones de agitación. Estos cambios fueron observados en nuestro sistema. Según los parámetros viscoelásticos, los cambios polimórficos de CB, que

pasan de β' a β según las transiciones apuntadas por Brunello y cols. (2013), influyen en forma directa en el comportamiento de la formulación SPC-CB-Ar. El efecto de las transformaciones polimórficas de la CB a 30 °C a 1 dpp (estado polimórfico β') comparado con la formulación SPC-CB-Ar a 45 dpp a la misma temperatura, evidencia un comportamiento viscoelástico diferente. A 45 dpp, suponemos que se encuentra en estado β , según bibliografía, siendo este último de mayor estabilidad estructural. Esto explicaría el comportamiento inicial descrito anteriormente de la SPC-CB-Ar a 30 °C para 1 dpp ($G'' > G'$) con cruce a 16,7 rad/s, y para la misma formulación, a 45 dpp, donde $G' > G''$, con cruce a mayor valor de frecuencia oscilatoria (38,37 rad/s).

Teniendo en cuenta lo anterior, a 15 °C y a 23 °C, el efecto del polimorfismo no afectaría los parámetros viscoelásticos. Sin embargo, a 45 dpp y 30 °C se observa una mayor estabilidad estructural por efectos del polimorfismo β alcanzado de la CB y de la influencia del agregado de la SPC.

4. Conclusiones

Las SLM serían un buen sistema de encapsulación de antocianinas. Los resultados obtenidos mostraron que la incorporación del extracto de arándanos (SPC-CB-Ar) produjo un aumento en el tamaño de partícula con respecto a SPC-CB. Además, se observó aumento de tamaño de partícula por el paso del tiempo debido a fenómenos de desestabilización. Estos resultados están directamente relacionados al potencial zeta de las partículas, dado que un menor carácter negativo produce menor repulsión entre partículas, lo que podría generar la agregación de estas, y por consiguiente, el aumento de tamaño. Los parámetros viscoelásticos se relacionan con el polimorfismo de la manteca de cacao tanto en el paso del tiempo como en el rango de temperaturas estudiadas.

Referencias

- Brunello, N., McGauley, S. E. y Marangoni, A. (2003). Mechanical properties of cocoa butter in relation to its crystallization behavior and microstructure. *LWT-Food Science and Technology*, 36(5), 525-532.
- Bucci, P., Prieto, M. J., Milla, L., Calienni, M. N., Martinez, L., Rivarola, V., Alonso, S. y Montanari, J. (2018). Skin penetration and UV-damage prevention by nanoberrries. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 17(5), 889-899.
- Da Rosa, J. R., Nunes, G. L., Motta, M. H., Fortes, J. P., Weis, G. C. C., Hecktheuer, L. H. R. y Da Rosa, C. S. (2019). Microencapsulation of anthocyanin compounds extracted from blueberry (*Vaccinium* spp.) by spray drying: Characterization, stability and simulated gastrointestinal conditions. *Food Hydrocolloids*, 89, 742-748
- Da Silva Santos, V., Ribeiro, A. P. B. y Santana, M. H. A. (2019). Solid lipid nanoparticles as carriers for lipophilic compounds for applications in foods. *Food Research International*, 122, 610-626.
- Díaz, C., Quesada, S., Brenes, O., Aguilar, G. y Cicció, J.F. (2008). Chemical composition of *Schinus molle* essential oil and its cytotoxic activity on tumor cell lines. *Nat. Prod. Res.*, 22, 1521-1534.
- Flores, F. P., Singh, R. K., Kerr, W. L., Phillips, D. R. y Kong, F. (2015). In vitro release properties of encapsulated blueberry (*Vaccinium ashei*) extracts. *Food Chemistry*, 168, 225-232.
- Hung, C. F., Fang, C. L., Liao, M. H. y Fang, J. Y. (2007). The effect of oil components on the physicochemical properties and drug delivery of emulsions: tocopherol emulsion versus lipid emulsion. *International Journal of Pharmaceutics*, 335(1-2), 193-202.
- Lippacher, A., Müller, R. H. y Mäder, K. (2001). Preparation of semisolid drug carriers for topical application based on solid lipid nanoparticles. *International Journal of Pharmaceutics*, 214(1-2), 9-12.
- Lippacher, A., Müller, R. H. y Mäder, K. (2004). Liquid and semisolid SLN™ dispersions for topical application: rheological characterization. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 58(3), 561-567.
- Mine, Y. (1998). Emulsifying characterization of hen's egg yolk proteins in oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 12(4), 409-415
- Roland, I., Piel, G., Delattre, L. y Evrard, B. (2003). Systematic characterization of oil-in-water emulsions for formulation design. *International Journal of Pharmaceutics*, 263(1-2), 85-94

- Routray, W. y Orsat, V. (2011). Blueberries and their anthocyanins: factors affecting biosynthesis and properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(6), 303-320.
- Rigolle, A., Gheysen, L., Depypere, F., Landuyt, A., Van Den Abeele, K. y Foubert, I. (2015). Lecithin influences cocoa butter crystallization depending on concentration and matrix. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(11), 1722-1732.
- Shtay, R., Tan, C. P. y Schwarz, K. (2018). Development and characterization of solid lipid nanoparticles (SLNs) made of cocoa butter: A factorial design study. *Journal of Food Engineering*, 231, 30-41.
- Steffe F. J. (1996). *Rheological Methods in Food Process Engineering*, second edition, Freeman Press.
- Souto, E. B. y Müller, R. H. (2010). Lipid nanoparticles: effect on bioavailability and pharmacokinetic changes. *Drug Delivery*, 115-141.
- Sosa, A. M., Giordano, M. N. y Martínez, L. M. (2020). *Aguaribay y arándanos: principios activos como aditivos alimentarios en aceites*. Editorial Académica Española.
- Wang, W., Jung, J. y Zhao, Y. (2017). Chitosan-cellulose nanocrystal microencapsulation to improve encapsulation efficiency and stability of entrapped fruit anthocyanins. *Carbohydrate Polymers*, 157, 1246-1253
- Weiss, J., Decker, E. A., McClements, D. J., Kristbergsson, K., Helgason, T. y Awad, T. (2008). Solid lipid nanoparticles as delivery systems for bioactive food components. *Food Biophysics*, 3(2), 146-154.
- Xizhi, J., Guan, Q., Feng, M., Wang, M., Yan, N., Wang, M. y Gui, Z. (2019). Preparation and pH Controlled Release of Fe₃O₄/Anthocyanin Magnetic Biocomposites. *Polymers*, 11(12), 2077.

ARQUITECTURA NAVAL

DESARROLLO DE PREPREGS A PARTIR DE RESINAS POLIURETÁNICAS BIOBASADAS

FRANCO ARMANASCO,^{1,2} SEBASTIÁN DHERS,² LEONEL CHIACCHIARELLI^{1,2}

Resumen

En la actualidad, se observa una marcada tendencia al desarrollo de materiales compuestos que integren fibras y/o resinas biobasadas, y uno de los mercados que se destaca entre los interesados en esta tecnología es el de las embarcaciones menores y deportivas. Un material compuesto tipo *prepreg* contempla la aplicación de láminas preimpregnadas con matriz (resina) en estado “beta” o a bajos niveles de conversión. En este trabajo se analizaron condiciones de pre-cura de una resina poliuretánica biobasada con sacarosa para evaluar su utilización como matrices de *prepregs*. Para su formulación, se utilizó isocianato MDI Suprasec 5005 (Huntsman) y poliol SD-441 (Jeffol-Huntsman) con previo desgasado y mezclado acorde a protocolos del grupo de investigación. Se generó un modelo fenomenológico de cura del sistema que permitió evaluar los tiempos de procesamiento y almacenaje para no superar el porcentaje máximo de conversión del estado “beta”. Para 60 °C se requieren 8,79 min.; para 70 °C, 4,05 min.; y para 90°C, 1,87 min. Este modelo permite desarrollar un programa de calentamiento/enfriamiento para la fabricación de *prepregs*. Asimismo, es posible predecir el envejecimiento del sistema fuera de su almacenaje a bajas temperaturas. Se contrastó el envejecimiento del sistema presentado frente a resinas biobasadas en base epoxi

¹ Instituto de Tecnología en Polímeros y Nanotecnología (ITPN), CONICET-UBA, Buenos Aires, Argentina.

² Departamento de Ingeniería Mecánica, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. farmanasco@itba.edu.ar

(AMPRO BIO). El sistema poliuretánico biobasado a partir de sacarosa mostró mejoras debido a una reducción en los tiempos en los que se alcanza una conversión del 30%. Sin embargo, con respecto al envejecimiento, esto es una desventaja, ya que el sistema reacciona rápidamente fuera de su almacenaje.

Palabras clave: biobasado, poliuretano, *prepreg*.

1. Introducción

En la actualidad, se observa una marcada tendencia al desarrollo de materiales compuestos que integren fibras y/o resinas biobasadas, y uno de los mercados que se destaca entre los interesados en esta tecnología es el de las embarcaciones menores y deportivas (Castegnaro et al., 2017).

Un poliuretano es cualquier polímero con una gran cantidad de uniones carbamato (uretano) en su estructura. Los poliuretanos son formados para fabricar un amplio rango de productos, incluyendo espumas rígidas y flexibles, elastómeros, recubrimientos, adhesivos. Es una gran familia de polímeros, basada en la reacción entre isocianatos orgánicos con compuestos que contengan grupos hidroxilo, pudiéndose incorporar catalizadores, extensores de cadena y otros aditivos. Es posible sintetizar grupos uretano a través de varios métodos, pero el más importante resulta ser la reacción entre isocianato y alcohol.

En los últimos veinte años, los aceites vegetales han recibido mayor atención desde la academia y la industria. Este interés trae aparejado la necesidad de beneficiar la cadena de valor de los materiales, reemplazando alguno de sus componentes por derivados de recursos naturales.

Un material compuesto tipo *prepreg* contempla la aplicación de láminas preimpregnadas con matriz (resina) en estado “beta” o a bajos niveles de conversión (Campbell Jr., 2011; Ahn y Seferis, 1993). En este trabajo se analizaron condiciones de pre-cura de una resina poliuretánica biobasada con sacarosa para evaluar su utilización como matrices de *prepregs*.

Se generó un modelo fenomenológico de cura del sistema que permitió evaluar los tiempos de procesamiento y almacenaje para no superar el porcentaje máximo de conversión del estado “beta” (Halley y Mackay, 1996).

2. Modelos cinéticos

Existen esencialmente dos tipos de modelos cinéticos de cura en termoestables; los empíricos y los mecanísticos. Los empíricos asumen un orden de reacción general y aproximan dicho modelo a los datos cinéticos. Este tipo de modelos no provee información de los mecanismos cinéticos de la reacción y resulta de mayor predominancia en sistemas aplicados en la industria. Los modelos mecanísticos son derivados de un análisis individual de las reacciones desarrolladas durante la cura, las cuales requieren medidas detalladas de la concentración de los reactivos, reacciones intermedias y productos. En esencia, los modelos mecanísticos son más complejos que los empíricos, sin embargo, no están restringidos a los cambios en la composición.

3. Materiales y métodos

Se sintetizó el sistema poliuretánico a través del empleo del polioliol derivado de sacarosa SD-441 (Jeffol-Huntsman) y diisocianato de difenilmetano (Suprasec 5005, Huntsman) mediante procedimientos previamente desarrollados por el grupo de investigación.

La única formulación analizada se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. Partes en peso de cada componente para formulación poliuretano-sacarosa.

Formulación	Poliol (P/P)	Isocianato (P/P)	Glicerina (P/P)	DMCHA (P/P)	DBTDL (P/P)	Índice NCO	#OH POL SACAROSA	#OH GLI-CERINA
F0	100	110.5	-	-	-	1.11	440	1800

Para la determinación de partes en peso del isocianato se debe recurrir a la evaluación estequiométrica de aporte de números OH (Ecuación 1).

El número hidroxilo (-OH) se mide como el valor cuantitativo de la cantidad de grupos hidroxilo disponibles para la reacción con el isocianato. El

número OH o índice OH se expresa como miligramos de hidróxido de potasio equivalentes para un gramo de muestra (mgKOH/g).

Ecuación 1. Partes en peso de isocianato para la formulación F0.

$$W_{\text{iso}} = i_{\text{NCO}} 4200 \frac{\left(\frac{P/P_{\text{POL}} \#OH_{\text{POL}}}{56100} \right)}{31}$$

Siendo,

i_{NCO} = índice isocianato

4200 = peso molecular del isocianato

P/P_{POL} = partes en peso del polioliol de sacarosa

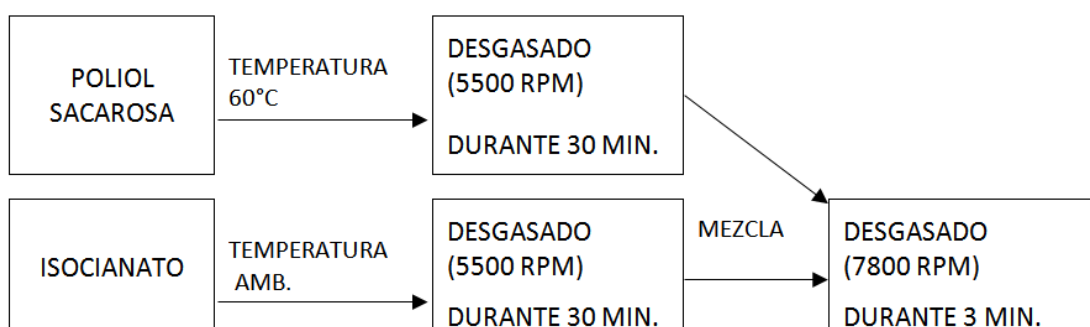
$\#OH$ = número hidroxilo del polioliol de sacarosa

56100 = peso equivalente de KOH en miligramos

31 = medida índice NCO

El protocolo de preparación de muestras de poliuretano-sacarosa se describe en la Figura 1. Este se planteó en base a literatura y a las viscosidades respectivas de cada componente.

Figura 1. Protocolo de preparación de muestras de poliuretano-sacarosa.



4. Resultados y discusión

La determinación del modelo cinético para el sistema de poliuretano con polioliol sacarosa (formulación F0) se realizó a partir de ensayos dinámicos e isotérmicos en DSC con las condiciones descriptas a continuación.

Tabla 2. Parámetros de ensayo dinámico e isotérmicos para poliuretano-sacarosa.

Tipo de ensayo	Velocidad de calentamiento	Temperatura mantenida	Temperatura de corte
Dinámico	2 °C/min	-	180 °C
Isotérmico (50)	-	50 °C	-
Isotérmico (60)	-	60 °C	-
Isotérmico (70)	-	70 °C	-
Isotérmico (90)	-	90 °C	-

Se realizaron tres ensayos dinámicos, para los cuales se integró el área bajo la curva, de manera de obtener la entalpía total liberada en cada caso. A partir de la media entre los valores anteriores, se obtuvo la entalpía supuesta para el sistema en cuestión.

Tabla 3. Estimación de entalpía total del sistema.

	Entalpía Total (J/g)		Entalpía total (J/g)	Desv. Est. (J/g)
Muestra 1	133.5	Media	135.34	7.91
Muestra 2	126.7			
Muestra 3	145.82			

La entalpía para cada isoterma se obtuvo con respecto a la entalpía total del sistema. De este modo, se pudo obtener la conversión máxima para cada temperatura.

Tabla 4. Valores de entalpía para cada conversión isotérmica máxima.

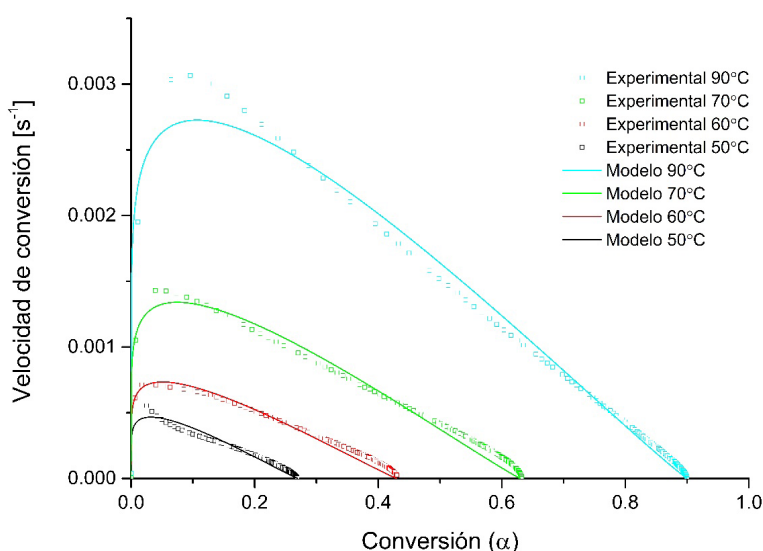
Temperatura (°C)	Entalpía (J/g)	α_{\max}
50	36.5	0.27
60	58.2	0.43
70	85.3	0.63
90	121.8	0.9

Se ajustaron las curvas experimentales con el algoritmo de Levenberg-Marquardt, permitiendo la obtención de los parámetros del modelo indicados en la Tabla 4. Para el ajuste, se optó por elegir un modelo autocatalítico (Ecuación 2) base, con la corrección de la conversión máxima para cada isoterma.

Ecuación 2. Ecuación diferencial de modelo autocatalítico utilizado.

$$\frac{d\alpha}{dt} = k\alpha^m(\alpha_{\max} - \alpha)^n$$

Figura 2. Velocidad de conversión vs. conversión para sistema poliuretano-sacarosa.

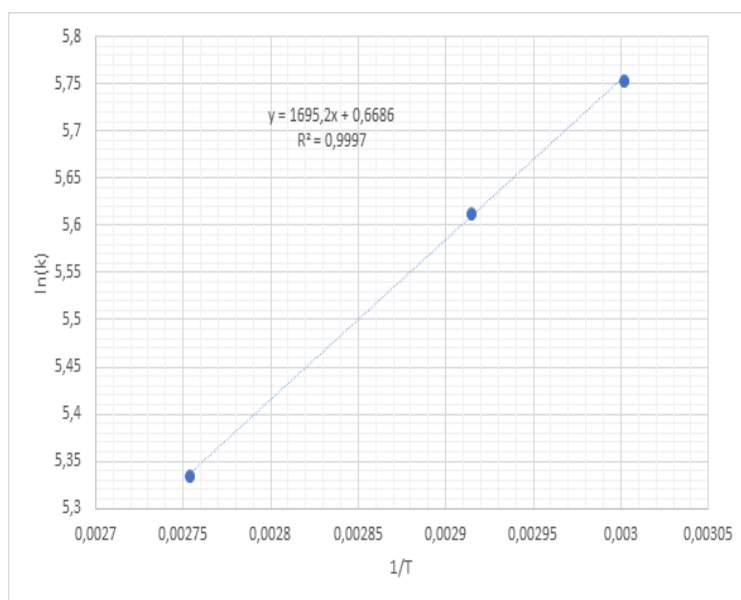


A partir de la figura anterior se puede observar que el comportamiento de la reacción cambia para temperaturas bajas (< 50 °C), infiriendo que para el correcto ajuste se debería cambiar el modelo autocatalítico por uno exponencial. Esto se ve evidenciado en los resultados de la constante “k”, donde se puede observar un incremento en el valor que no tiene una relación lineal con la temperatura.

Tabla 5. Parámetros de modelo autocatalítico base.

Temperatura (°C)	k (1/s)	m	n	Coef. corr.
50	3.54×10^{-3}	0.14	1.07	0.9838
60	3.17×10^{-3}			
70	3.65×10^{-3}			
90	4.82×10^{-3}			

Se evaluó la dependencia de la constante “k” con la temperatura absoluta, a través de la relación de Arrhenius, suprimiendo el valor obtenido por la isoterma de 50 °C. Además, se obtuvo la energía de activación del sistema “Ea” a partir de la pendiente a la recta de ajuste.

Figura 3. Recta ajustada a los valores de $\ln(k)$ vs. $1/T$ obtenidos.**Tabla 6.** Valores obtenidos del ajuste con relación de Arrhenius.

k	lnk	1/T	T (K)	Ea (kJ/mol)	R
0.00482	5.334981351	0.002754	363.15	14.09	8.31
0.00365	5.613028111	0.002914	343.15		
0.00317	5.754023691	0.003002	333.15		

La integración del modelo se realizó por el método numérico de Runge-Kutta de cuarto orden, a partir de un algoritmo en MATLAB.

Se corroboró que la integración del modelo se ajuste a la integración de los datos experimentales, de modo tal de validarlo.

A partir de la Figura 4 se pudo observar que para una conversión de 30% (supuesta para un estado beta), se obtienen los datos expresados en la Tabla 7.

Figura 4. Conversión vs. tiempo para sistema poliuretano-sacarosa.

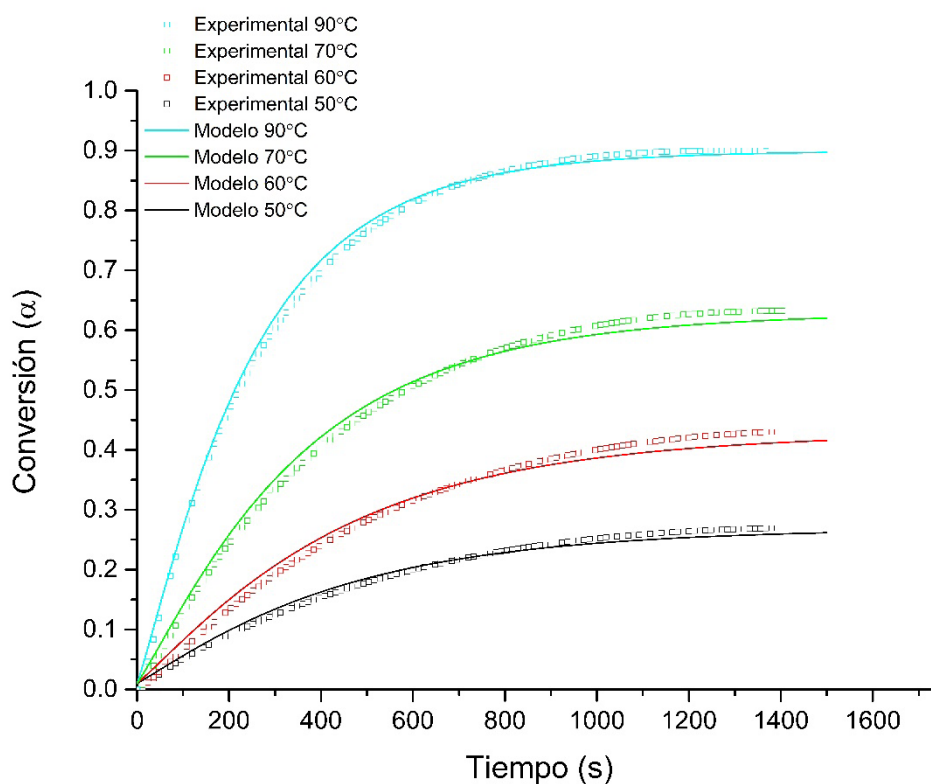
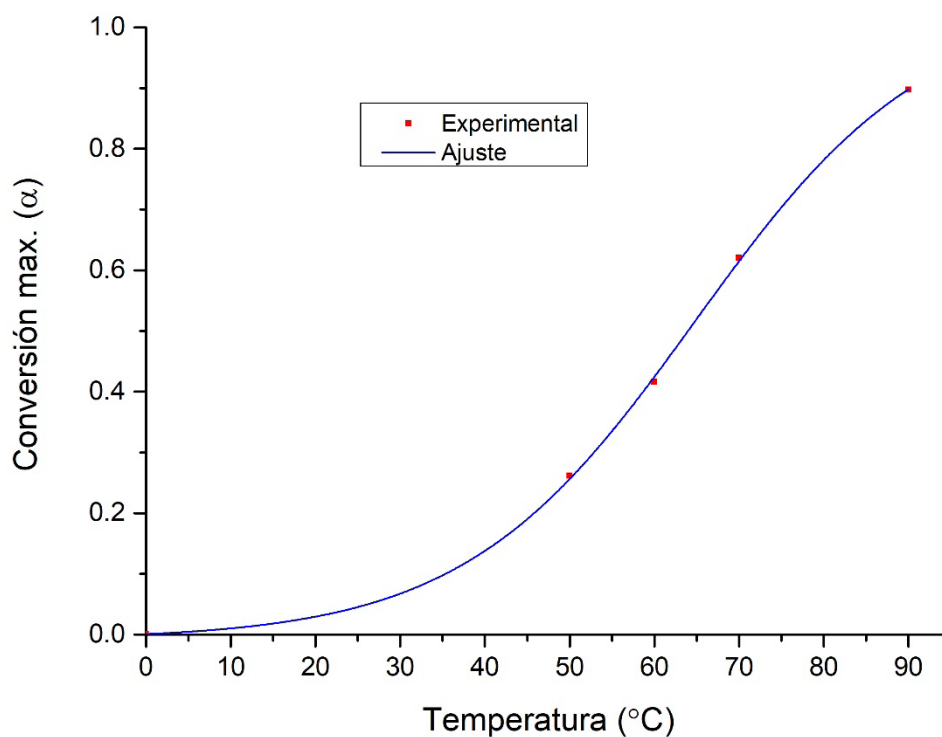


Tabla 7. Tiempos de cura para una conversión de 30%.

Temperatura (°C)	Tiempo (min.)
90	1.87
70	4.05
60	8.79

A fin de determinar el valor de la conversión máxima para cada temperatura se realizó un ajuste a los valores experimentales mostrado en la Figura 5.

Figura 5. Valores obtenidos del ajuste sigmoidal de Boltzmann.

Se puede observar que la relación entre la conversión máxima y la temperatura sigue un comportamiento sigmoidal de Boltzmann (Ecuación 3); los parámetros se enuncian en la Tabla 8.

Ecuación 3. Conversión máxima en función de la temperatura.

$$\alpha_{\max} = \frac{A}{1 + \exp(\beta(T - T_{0.5}))} + B$$

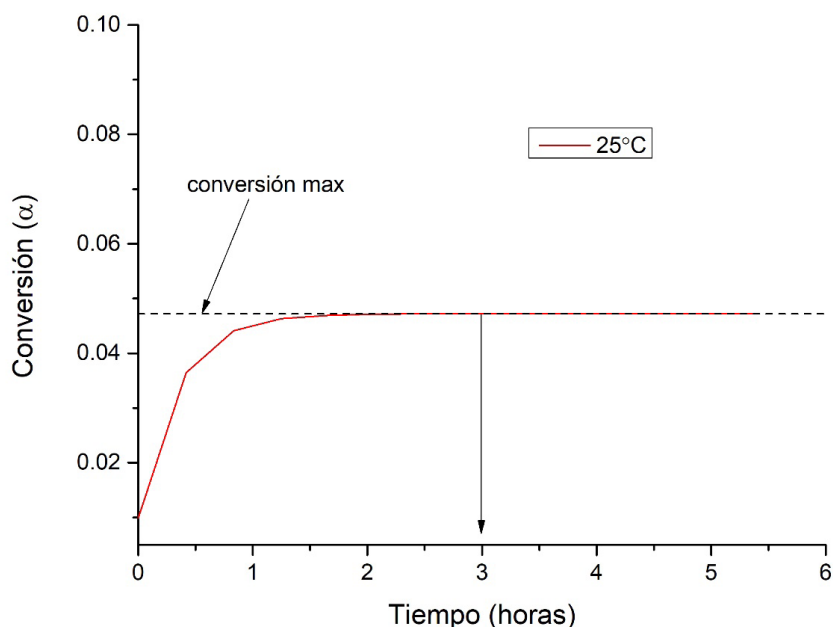
Donde A, B y β son parámetros de ajuste que afectan la pendiente de la curva de conversión y $T_{0.5}$ representa la temperatura absoluta a la cual se alcanza la mitad de la conversión.

Tabla 8. Valores obtenidos del ajuste sigmoideal de Boltzmann.

Parámetro	
A	-1.048
B	1.04
$T_{0.5}$	64.8°C
β	0.073
Coef. corr.	0.99882

5. Evaluación del envejecimiento

Se evaluó el envejecimiento del sistema, suponiendo su exposición a la intemperie. Esta hipótesis se realizó bajo el concepto del análisis de la cura del sistema a una temperatura isoterma de 25 °C, utilizando el modelo cinético previamente obtenido (Figura 6).

Figura 6. Conversión máxima para isoterma de 25 °C.

Como se expuso anteriormente, a temperaturas inferiores de 50 °C se hipotetiza que se debería cambiar de modelo por la variación de comportamiento del sistema a dichas temperaturas. Esto puede inferir en los resultados anteriores.

En contraste, los resultados de envejecimiento obtenidos por el proveedor de AMPRO-BIO son de aproximadamente 16 horas.

6. Conclusiones y trabajos futuros

A partir de la generación del modelo cinético de cura del sistema PU-sacarosa se pudo observar que el comportamiento de la cura corresponde a una reacción autocatalítica y se pudo ajustar a un modelo base. Se obtuvieron tiempos de conversión del 30% para distintas isotermas, dando resultados de 8,79 min para 60 °C, 4,05 min para 70 °C, y 1,87 min para 90 °C, con lo que se puede desarrollar un programa de calentamiento/enfriamiento para la fabricación de *prepregs*. Sería coherente reforzar la hipótesis de si efectivamente a un 30% de conversión se logra el estado beta mediante el uso de modelos

reológicos y la correspondiente determinación de la conversión de punto de gel.

Analizando el envejecimiento, se pudo observar que a partir de ciertas comparaciones con el sistema AMPRO-BIO, el sistema PU-sacarosa presenta desventajas, dando resultados de alcance de cura máxima para una temperatura de exposición del sistema de 25 °C. Sin embargo, para reforzar dicha hipótesis, es necesario realizar ensayos en DSC con exposición de muestras a distintos tiempos de envejecimiento, además de corroborar el modelo para temperaturas inferiores a 50 °C.

De manera de completar el análisis, sería útil comparar la temperatura de transición vítrea (T_g) del sistema presentado con los biobasados comercialmente disponibles. De este modo, y a partir de un análisis dinámico mecánico (DMA), lograr predecir sus propiedades mecánicas en función de la temperatura de cura.

Referencias

- Ahn, K.J. y Seferis, J.C. (1993). Prepreg process analysis. *Polym Compos*, 14(4), 349-360.
- Campbell Jr., F. C. (2011). *Manufacturing Technology for Aerospace Structural Materials*. Londres: Elsevier.
- Castegnaro, S., Gomiero, C., Battisti, C., Poli, M., Basile, M., Barucco, P. y Lazzaretto, A. (2017). A bio-composite racing sailboat: Materials selection, design, manufacturing and sailing. *Ocean Engineering*, 133, 142-150.
- Halley, P. J. y Mackay, M. E. (1996). Chemorheology of thermosets - An overview. *Polymer Engineering & Science*, 36(5), 593-609.

VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE PREDICCIÓN MERCIER-SAVITSKY PARA CASCOS CON CANTONERA EN EL RÉGIMEN DE PRE-PLANEADO

HERNÁN REGGIARDO, LUCAS VELÁZQUEZ Y HORACIO CHAKASS¹

Resumen

El método de Mercier-Savitsky es uno de los más aceptados entre los métodos de predicción de resistencia al avance de embarcaciones menores con popa-espejo sumergida (*transom stern*) en el régimen de pre-planeo. Este método se basa en el análisis de regresión de los resultados de una serie de ensayos con modelos a escala de cascos, en su mayoría de pantoque redondo, en el rango de velocidad correspondiente a número de Froude volumétrico (F_{nv}) entre 1.0 y 2.0. Actualmente, la tendencia en el diseño de cascos orientados a navegar en el régimen de pre-planeo muestra el uso de aristas vivas y cantoneras en lugar del pantoque tradicional, con lo cual existen discrepancias al aplicarles el método de predicción original a dichos cascos. El propósito del presente trabajo es modificar el cálculo de regresión original en base a los resultados obtenidos de una serie limitada de ensayos, realizados en el canal de experiencias y de análisis de simulación fluido-dinámica computacional (CFD), de un conjunto de cascos que exhiben aristas y cantoneras, para de este modo reflejar la inclusión de carenas modernas en el espectro que abarca el método.

1 Carrera Arquitectura Naval, Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes. Roque Sáenz Peña 352, Bernal, Buenos Aires (B1876BXD), Argentina.

Para lograr el objetivo, se propone utilizar un factor de corrección basado en una de las variables incluidas en el artículo original, que es la relación de áreas sumergidas, entre el área del espejo (A_t) y el área de la máxima sección (A_x). Esta refleja la separación del flujo en las secciones de popa, teniendo gran influencia en la resistencia al avance.

La herramienta de trabajo obtenida resultará de gran utilidad para el arquitecto naval, pues permitirá la adaptabilidad de un método ampliamente conocido en el ámbito del diseño de embarcaciones de pre-planeo, a las tendencias actuales del diseño moderno de dichas embarcaciones.

Palabras clave: predicción, pre-planeo, Mercier-Savitsky.

1. Introducción

Un método clásico utilizado para la predicción de resistencia al avance de embarcaciones veloces en el régimen de pre-planeo es el de Mercier-Savitsky (1973; Lewis, 1988; Savitsky y Brown, 1976). Dichos autores centraron sus estudios en el rango de número de Froude volumétrico (F_{nv}) entre 1.0 y 2.0 (Mercier-Savitsky, 1973). Actualmente el régimen de pre-planeo se extiende a $F_{nv} < 3.0$ (Blount, 2014; Radojčić et al., 2014). El método de Mercier-Savitsky (1973) es aceptado en la comunidad profesional y científica para su aplicación en embarcaciones veloces con popa-espejo sumergida (*transom stern*). En efecto, los programas comerciales de diseño lo incluyen en sus bases de datos para el cálculo de resistencia de los cascos modelados en el entorno.

El método de Mercier-Savitsky (1973) se basa en el análisis de regresión de los resultados de la resistencia específica (R_t/Δ) de 134 modelos a escala, de los cuales aproximadamente el 88% corresponden a cascos de pantoque redondo (Van Oossanen, 1980; Clement, 1964; Lindgren, 1969; Bailey, 1976; Radojčić et al., 2019). El resto de los modelos pertenecen a la serie 62 americana (Clement y Blount, 1963), que exhibe aristas vivas. Cabe aclarar que las carenas de la serie 62, además de que representan un porcentaje bajo del

total de las carenas que fueron originalmente analizadas, son muy atípicas en su geometría y no representan las tendencias de diseño contemporáneas.

Hoy en día la tendencia en el diseño de cascos orientados a navegar en el régimen de pre-planeo muestran el uso de aristas vivas y cantoneras en lugar del pantoque tradicional (Radojčić et al., 2014) y ostentan formas más llenas en su cuerpo popel, pudiendo alcanzar su potencial en el extremo superior del rango de velocidades de pre-planeo. En virtud de esta observación, Lahtiharju y Karppinen (1991) optaron por modificar el método mediante una nueva regresión, a la que le agregaron un número limitado de carenas con aristas vivas, cuyos resultados fueron relativamente satisfactorios. Lamentablemente no se han encontrado datos de las geometrías de estas carenas en la revisión bibliográfica.

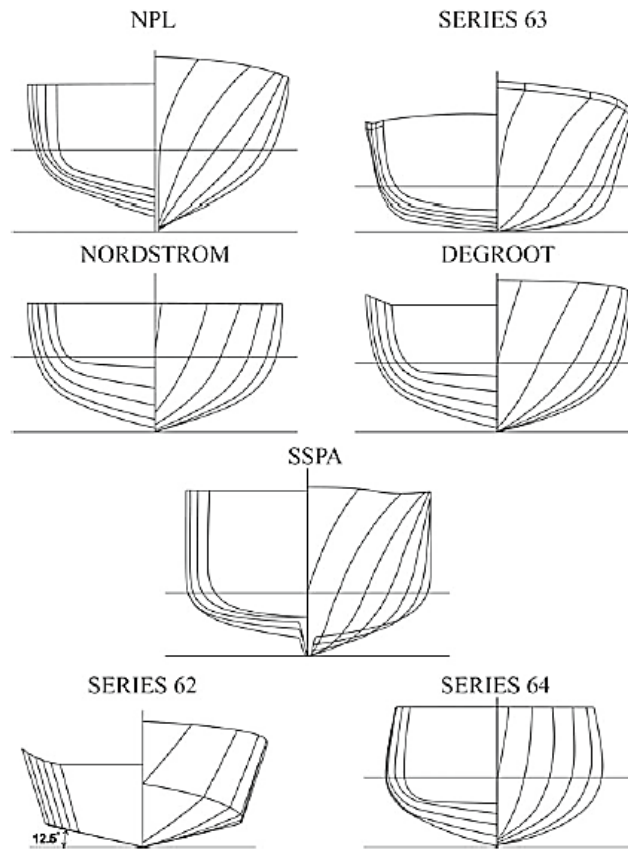
La hipótesis de este trabajo se basa en que el método de Mercier no contempla las mencionadas nuevas geometrías propuestas por los actuales diseñadores, arrojando valores de resistencia que discrepan con los valores reales de nuestra base de datos y, por lo tanto, deberían ser contemplados.

El propósito aquí es hallar un procedimiento de cálculo que modifique la regresión original en base a los resultados obtenidos de una serie limitada de ensayos de canal y de análisis de simulación fluido-dinámica computacional (CFD), de un número de cascos que exhiben aristas y cantoneras. Los factores de corrección encontrados permitirían reflejar la inclusión de carenas modernas en el espectro que abarca el método mencionado.

2. Metodología

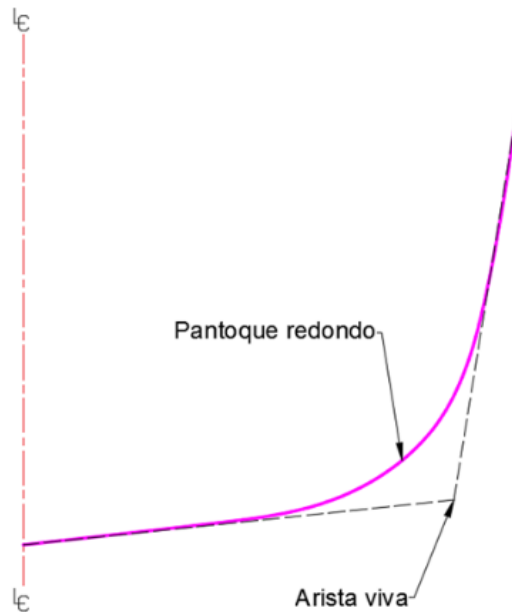
Las carenas seleccionadas por Mercier-Savitsky (1973) para el análisis de regresión pueden verse en la Figura 1.

Figura 1. Series de carenas con pantoque redondo y arista, utilizadas por Mercier para su análisis.



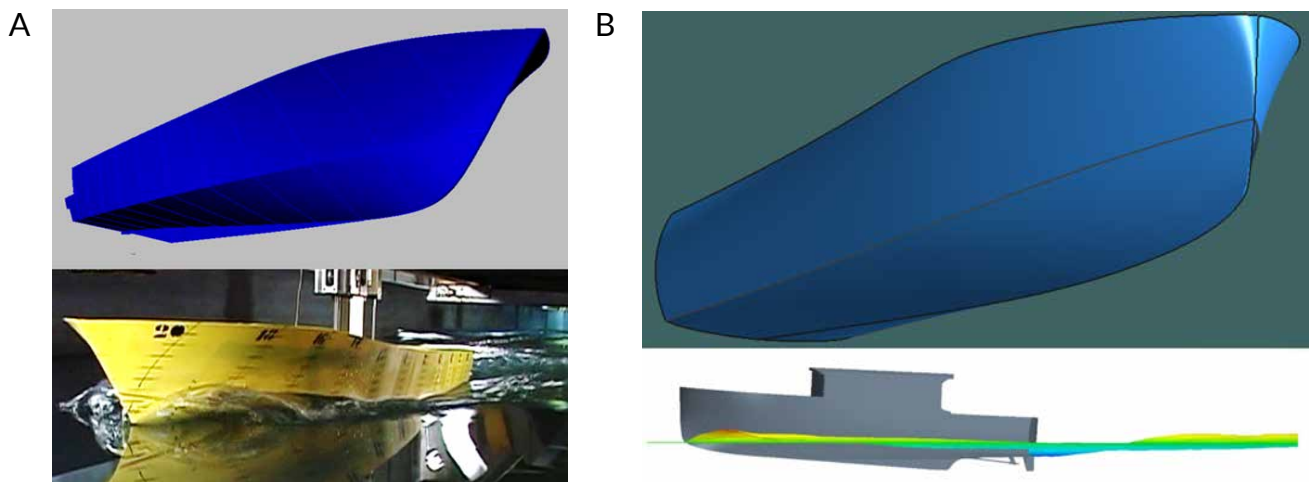
A diferencia de las mencionadas anteriormente, las formas modernas que se tomaron como base para el estudio tienen aristas vivas (*hard chine*), tal como se observa en la Figura 2.

Figura 2. Diferencias geométricas entre carenas antiguas con pantoque redondo y carenas modernas con arista viva o cantonera, vista frontal.



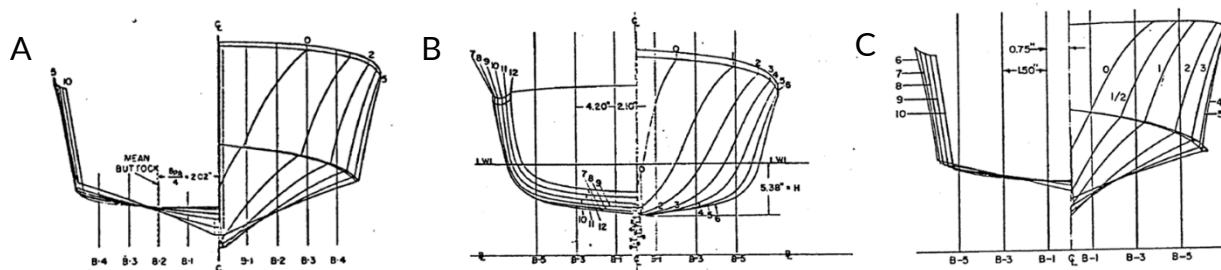
Los resultados de ensayos de canal de experiencias y de análisis de CFD que se utilizaron para el presente trabajo fueron obtenidos de los modelos de carena que se observan en la Figura 3.

Figura 3. Carena “Eden Rock” – Modelo ensayo de canal (A) y Carena “MPP40” – Análisis de CFD, Fluido dinámica computacional (B).



Se incluyen, además, algunos modelos del SNAME Data Sheets (Clement, 1960), cuyos ensayos contribuyen a ampliar la base de datos de esta investigación (Figura 4).

Figura 4. SNAME Data Sheet N° 4 (A), SNAME Data Sheet N° 12 (B) y SNAME Data Sheet N° 13 (C).

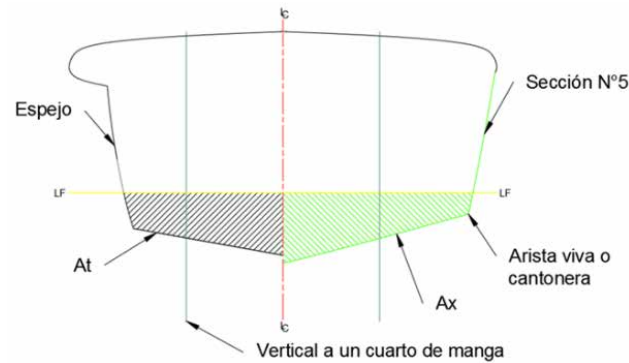


Mercier y Savitsky (1973) concluyen que una de las cuatro variables sobre las que se basa la regresión, la variable $W = At/ Ax$, que expresa la relación entre el área del espejo (At) y el área de la máxima sección (Ax) tal como se ve en la Figura 5, debería ser analizada más exhaustivamente más allá del rango de 0,41 a 0,52 que abarca la base de datos original.

Esta variable (W) refleja la separación del flujo de agua en las secciones de popa, influyendo significativamente en la resistencia al avance, por lo que resulta interesante ser considerada como variable fundamental para nuestro estudio.

Las carenas actuales en general exhiben valores de W más altos que los mencionados, debido a que tienden a presentar popas más llenas. Por esta razón, nos enfocamos en la búsqueda de un factor (al que denominaremos factor K) que modifique el comportamiento de esta variable en la regresión, emulando una carena un tanto más prismática, similar a las que predominan en el ámbito del diseño actual (Figura 5).

Figura 5. At / Ax (relación de áreas sumergidas), vista frontal.



La Ecuación 1 se presenta en el análisis de regresión original. Describe la resistencia al avance para el régimen de velocidad F_{nv} 1.0 a 2.0, como puede verse a continuación:

Ecuación 1. Cálculo de resistencia al avance (Mercier-Savitsky, 1973).

$$\frac{RT}{\Delta} = a_1 + a_2X + a_4U + a_5W + a_6XZ + a_7XU + a_8XW + a_9ZU + a_{10}ZW + a_{15}W^2 + a_{18}XW^2 + a_{19}ZX^2 + a_{24}UW^2 + a_{27}WU^2 \quad (1)$$

Donde las variables representan ciertos aspectos de la geometría de las carenas:

- $X = \nabla^{1/3} / LWL$ (coeficiente de plenitud).
- $Z = \nabla / B_{PX}^3$ (relación entre el volumen de carena y la manga al cubo).
- $U = \sqrt{2} \bar{i}e$ (refleja la fineza de la proa).
- $W = A_T / A_X$ (refleja el afinamiento de la popa).

Siendo:

- Lwl : Eslora en flotación en pies.
- ∇ : Volumen de carena en pies cúbicos.
- ie : Angulo generado entre la línea de crujía y la tangente a la flotación de diseño en proa, visto en planta en grados.
- B_{PX} : Manga máxima entre cantoneras en pies.
- A_T : Área del espejo sumergida en pies cuadrados.
- A_X : Área de sección 5 sumergida en pies cuadrados.

Los coeficientes a_j figuran a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Coeficientes originales obtenidos por Mercier en su análisis de regresión, que ingresan en la ecuación de resistencia al avance.

Coef.	Multipl.	Fn										
		1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
a_1	1	0,06473	0,10776	0,09483	0,03475	0,03013	0,03163	0,03194	0,04343	0,05036	0,05612	0,05967
a_2	X	-0,4868	-0,88787	-0,6372	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
a_4	U	-0,0103	-0,01634	-0,0154	-0,00978	-0,00664	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
a_5	W	-0,0649	-0,13444	-0,1358	-0,05097	-0,0554	-0,10543	-0,08599	-0,13289	-0,15597	-0,18661	-0,19758
a_6	XZ	0,0000	0,0000	-0,16046	-0,2188	-0,19359	-0,2054	-0,19442	-0,18062	-0,17813	-0,18288	0,20152
a_7	XU	0,10628	0,18186	0,16803	0,10434	0,09612	0,06007	0,06191	0,05487	0,05099	0,04744	0,04645
a_8	XW	0,9731	1,8308	1,55972	0,4351	0,5182	0,5823	0,52049	0,78195	0,92859	1,18569	1,30026
a_9	ZU	-0,00272	-0,00389	-0,00309	-0,00198	-0,00215	-0,00372	-0,0036	-0,00332	-0,00308	-0,00244	-0,00212
a_{10}	ZW	0,01089	0,01467	0,03481	0,04113	0,03901	0,04794	0,04436	0,04187	0,04111	0,04124	0,04343
a_{15}	W^2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,08317	0,07366	0,12147	0,14928	0,1809	0,19769
a_{18}	XW^2	-1,40962	-2,46696	-2,15556	-0,92663	-0,95276	-0,70895	-0,72057	-0,95929	-1,12178	-1,38644	-1,55127
a_{19}	ZX^2	0,29136	0,47305	1,02992	1,06392	0,97757	1,19737	1,18119	1,01562	0,93144	0,78414	0,78282
a_{24}	UW^2	0,02971	0,05877	0,05198	0,02209	0,02413	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
a_{27}	WU^2	-0,0015	-0,00356	-0,00303	-0,00105	-0,0014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

El coeficiente " a_6 " correspondiente a $F_{nv}=2.0$ fue reemplazado por (-0.20152), corrección que el autor D. Savitsky sugirió en el trabajo de Lahtiharju y Karppinen (1991, p.113).

Factor-K

Sahoo y Pickering (2002) analizaron la resistencia al avance de cascos prismáticos en el rango de pre-planeo, como es el caso de las embarcaciones de desembarco, y en función de sus resultados es que consideramos incluir como variable de estudio el ángulo de elevación (γ) respecto del plano base, del vertical ubicado a un cuarto de la manga del casco (*quarter buttock*) (Figura 6). Esta variable refleja la salida del agua en el plano vertical. Resultaba imperativo hacer lo propio en el plano horizontal, por lo cual seleccionamos como variable la relación de las mangas entre aristas (Bt/ Bx) (Figura 7).

Figura 6. Ángulo de elevación del vertical ubicado a un cuarto de la manga, vista de perfil del tercio popel de una embarcación.

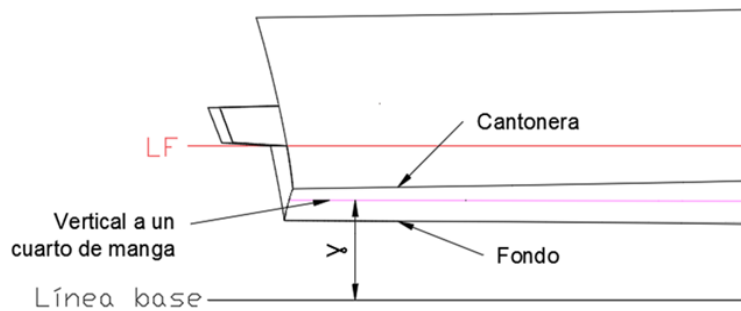
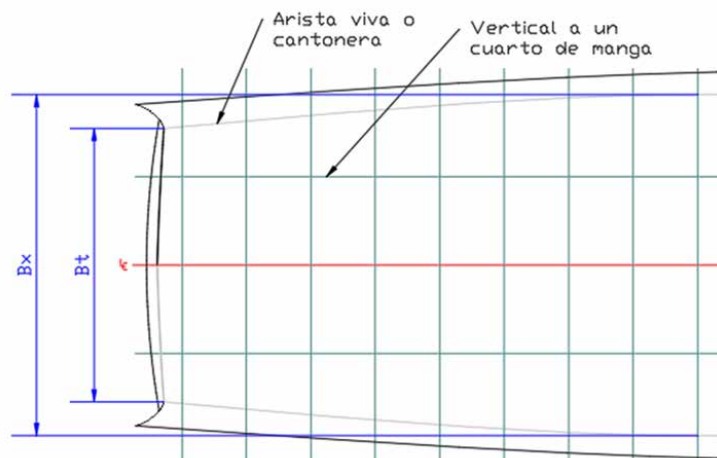


Figura 7. B_t / B_x – (relación de las mangas entre aristas), vista en planta del tercio popel de una embarcación.



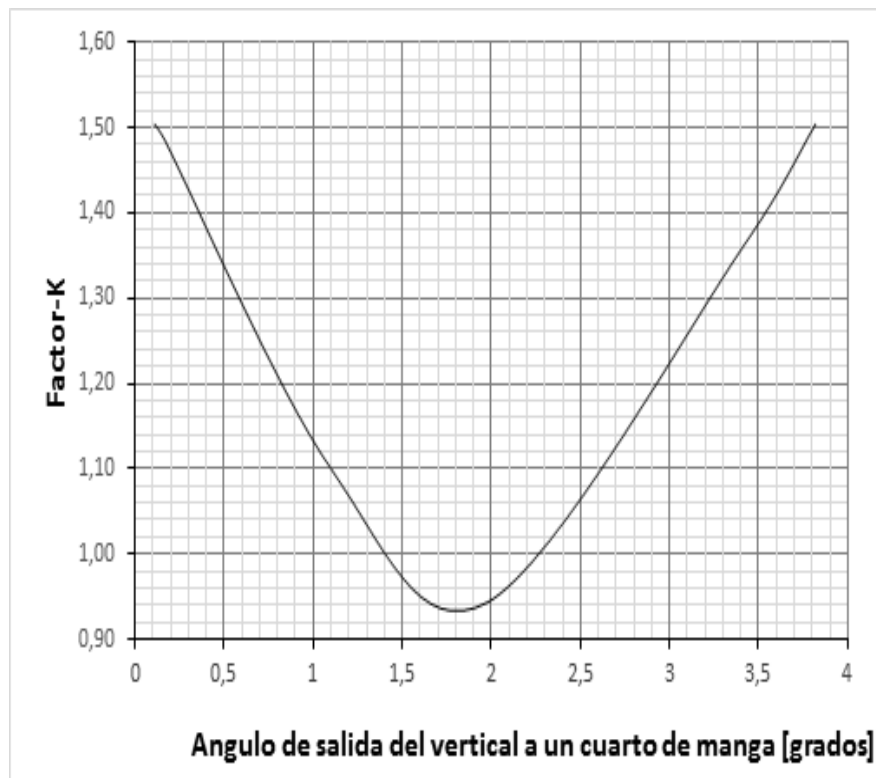
La elección de los dos parámetros de corrección mencionados (el ángulo de elevación del *quarter buttock* y la relación de mangas entre aristas) se justifica ya que ambos influyen de forma combinada en cómo transcurre el flujo de agua a lo largo del cuerpo popel.

Para determinar la influencia del ángulo de elevación (γ) del *quarter buttock* en la resistencia, buscamos una relación funcional a través de un factor

“K” basándonos en el muestreo de una serie de ensayos de carenas que forman nuestra base de datos, que si bien son limitados nos permitió establecer dicha relación, la cual puede ser observada en la Figura 8.

En principio no podemos aseverar que esa relación tenga una justificación hidrodinámica en concreto, ya que nos faltarían más datos y un análisis más exhaustivo para poder determinarlo.

Figura 8. Curva del Factor-K en función del ángulo de elevación del vertical a un cuarto de manga (*quarter buttock*).



Como resultado, el A_T/A_X corregido, como puede verse en la Ecuación 2, resulta de dividir el A_T/A_X original por el producto entre el factor-K y la relación de mangas antes mencionada, logrando así modificar la curva de resistencia que arroja el método de Mercier-Savitsky (1973), con valores muy cercanos a los obtenidos en los ensayos de cada una de las carenas estudiadas.

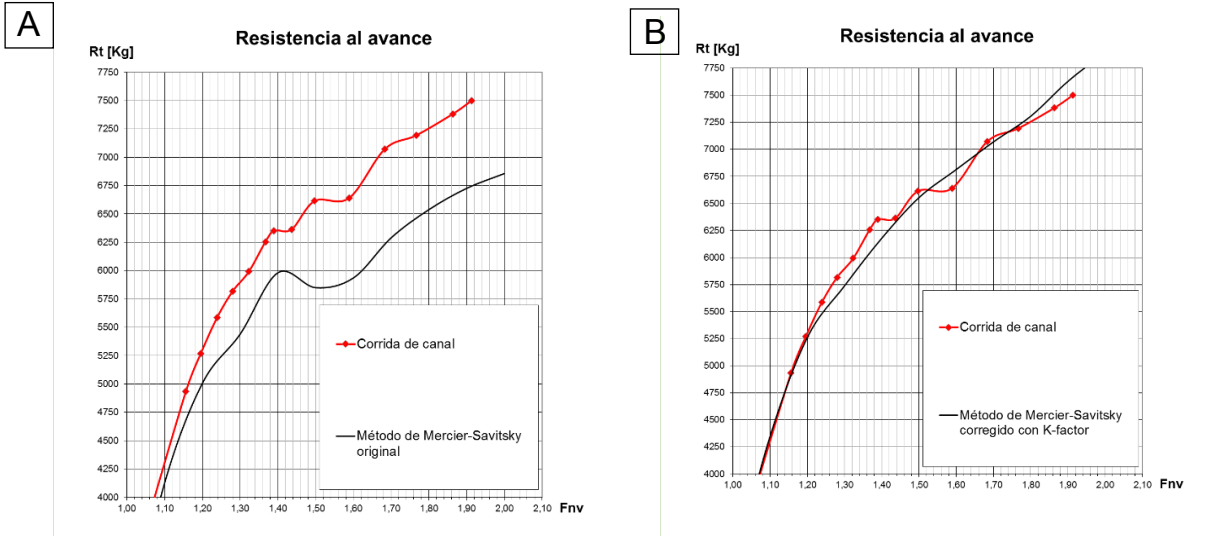
Ecuación 2. Cálculo de $W=A_t/A_x$ corregido.

$$\frac{A_t}{A_x} \text{ corregido} = \frac{\frac{A_t}{A_x}}{(\text{factor}_K \times B_t/B_x)} \quad (2)$$

3. Resultados

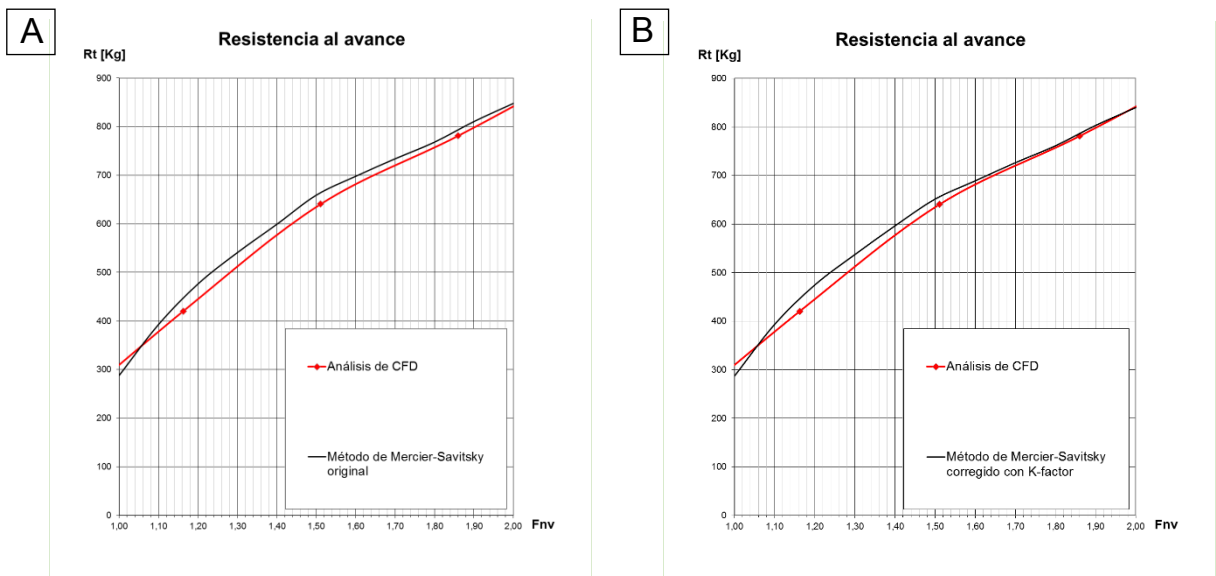
Las carenas de nuestra base de datos, si bien son pocas en número, son bastante diferentes entre sí, con lo cual aceptaríamos la generalización de los resultados del factor de corrección combinado. Para verificar esta afirmación aplicamos el método a las siguientes carenas, cuyos resultados se muestran a continuación: “Eden Rock” (Modelo, ensayo de canal), Figura 9 A y B; “MPP40” - Análisis de CFD (simulación fluido-dinámica computacional), Figura 10 A y B; SNAME Data Sheet N°4, Figura 11 A y B; SNAME Data Sheet N°13, Figura 12 A y B. Incluimos, además, el modelo SNAME_Data Sheet N°12 (10000 lb), Figura 13 A y B, que es una carena de pantoque redondo, a fin de constatar el método en este tipo de carenas.

Figura 9. Método Mercier-Savitsky original (A). Método Mercier-Savitsky corregido con factor K (B).



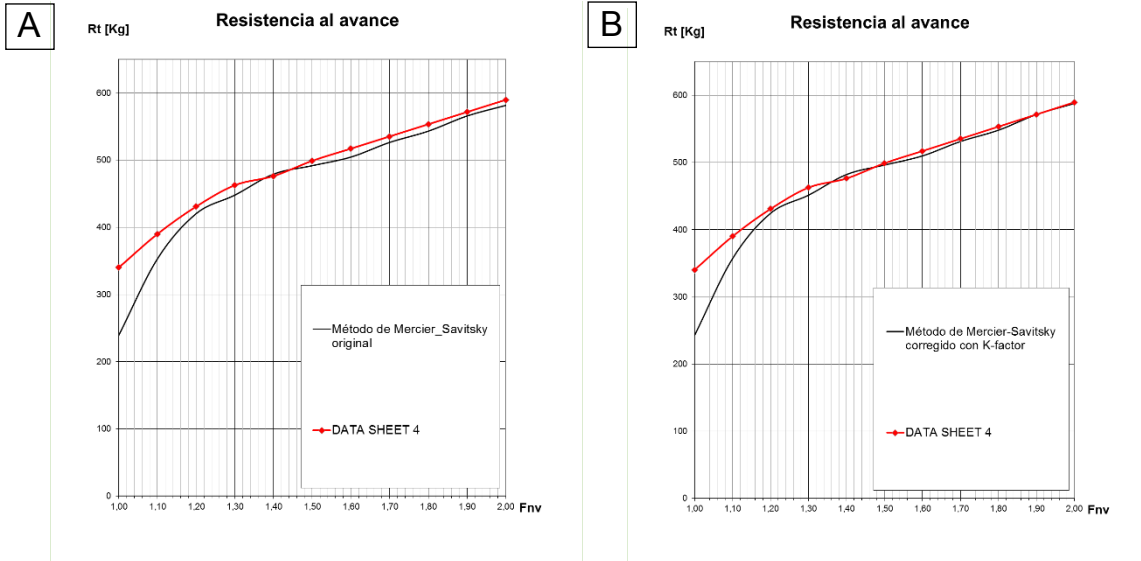
“Eden Rock” - modelo, ensayo de canal.

Figura 10. Método Mercier-Savitsky original (A). Método Mercier-Savitsky corregido con factor K (B).



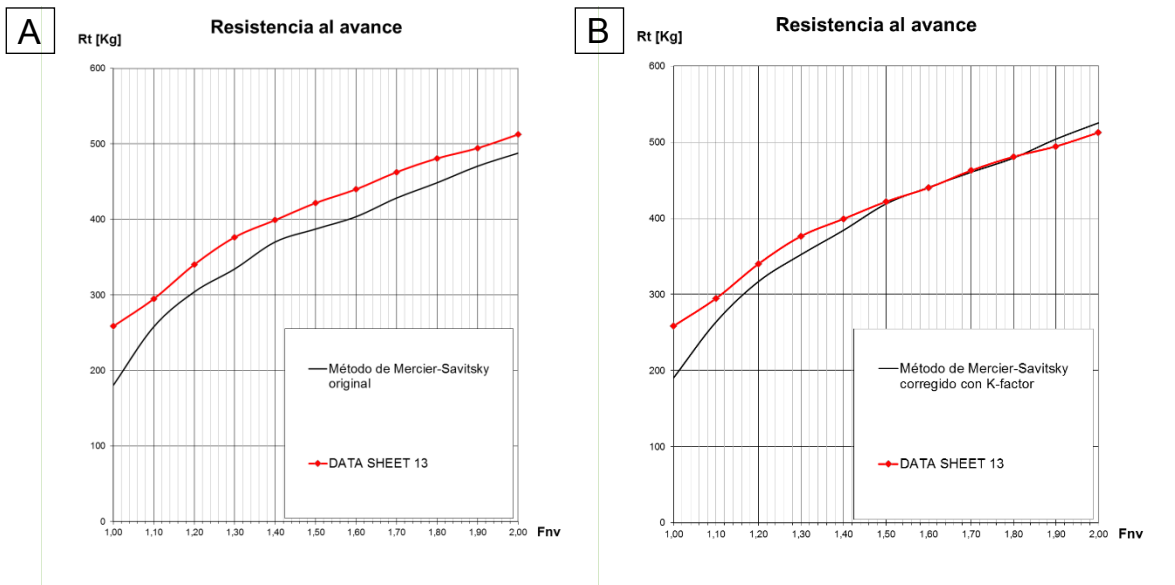
“MPP40” - Análisis de CFD (simulación fluido-dinámica computacional).

Figura 11. Método Mercier-Savitsky original (A). Método Mercier-Savitsky corregido con factor K (B)



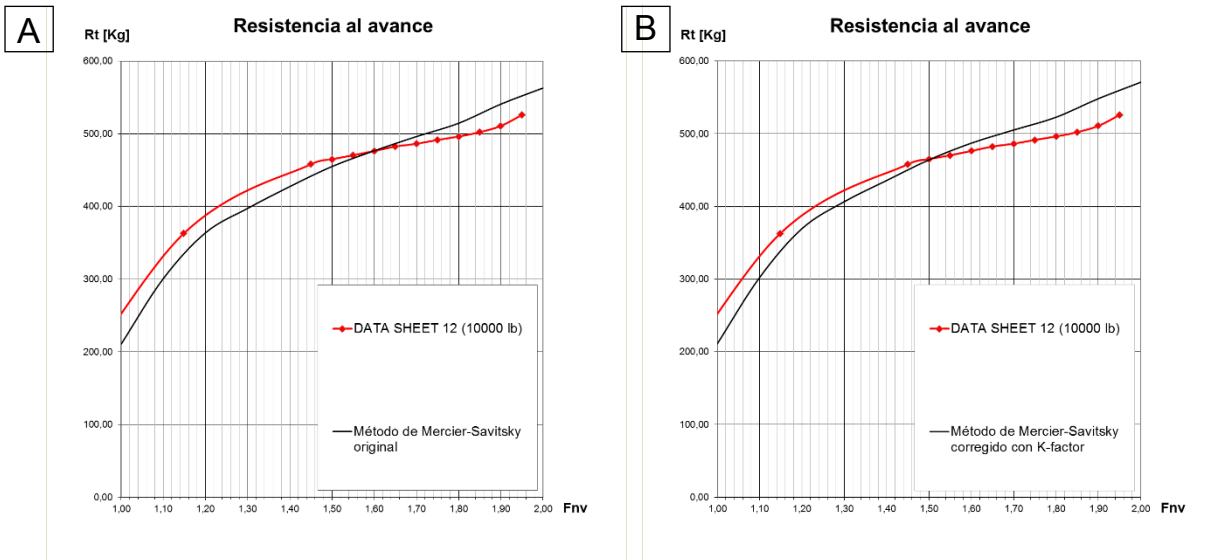
SNAME Data Sheet N°4.

Figura 12. Método Mercier-Savitsky original (A). Método Mercier-Savitsky corregido con factor K (B).



SNAME Data Sheet N°13.

Figura 13. Método Mercier-Savitsky original (A).
Método Mercier-Savitsky corregido con factor K (B).



SNAME Data Sheet N°12 (10000 lb).

Ejemplo de cálculo: SNAME_Data Sheet N°13

A modo de ejemplo se presenta en forma tabular el cálculo completo del caso del SNAME_Data Sheet N°13, en la Tabla 2.

Tabla 2. Resumen de cálculo de la predicción de resistencia al avance del SNAME_Data Sheet N°13

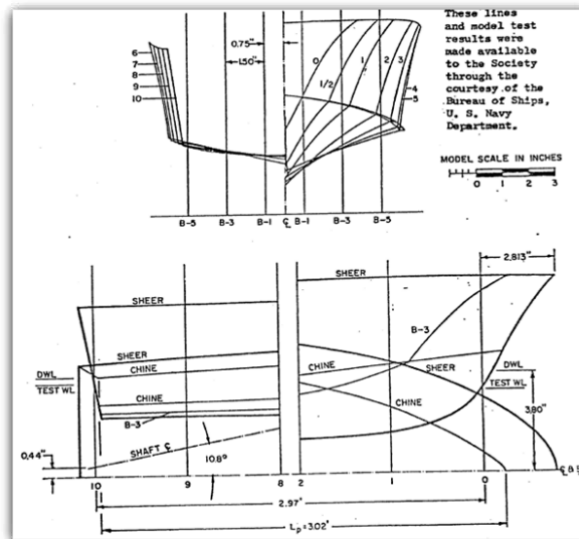
RESISTENCIA METODO DE MERCIER-SAVITSKY

		SI		Imperial	
LOA	Eslora máxima	10,66	m	34,97	ft
Bmax	Manga máxima	2,91	m	9,55	ft
Lpp	Eslora entre perpendiculares	9,74	m	31,96	ft
Lwl	Eslora en flotacion (al espejo)	9,80	m	32,15	ft
Bwl	Manga en flotacion	2,48	m	8,14	ft
B_{Px}	Manga entre cantoneras	2,54	m	8,33	ft
T_{hull}	Calado de casco	0,75	m	2,46	ft
Tmax	Calado máximo	1,03	m	3,38	ft
Δ	Desplazamiento	4540	kg	10000	lb
Vol.	Volumen de carena	4,54	m ³	161	ft ³
Δ / (L/100)³	-	134	-	-	-
At	Area del espejo hasta LF	8,75	m ²	-	-
Ax	Area secc. N°5 hasta LF	12,17	m ²	-	-
i_e	Mitad del angulo de entrada de flotacion en proa	23	°	-	-
S / Vol^{2/3}	-	6,37	-	-	-
X	$X = \nabla^{1/3}/L_{WL}$	0,17	-	-	-
Z	$Z = \nabla/B_{P_x}^3$	0,28	-	-	-
U	$U = \sqrt{2i_e}$	6,78	-	-	-
W	$W = A_T/A_x$	0,72	-	-	-

VALIDACION DEL METODO PARA CARENAS DE SEMI-PLANEIO MODERNAS					
γ	Ángulo elevacion "quarter buttock"	0,40	°	-	-
Bt	Managa espejo entre aristas	2,00	m	-	-
Bx	Managa maxima entre aristas	2,26	m	-	-
Bt / Bx	Relacion mangas entre aristas	0,88	-	-	-
K-factor	Factor de correccion	1,504	-	-	-
(At / Ax)_{corregido}	W corregido	0,54	-	-	-

Las características geométricas que figuran en la Tabla 2 fueron extraídas del plano de líneas de la carena N°13, como se muestra en la Figura 14.

Figura 14. Plano de líneas de la carena 13 (Clement, 1960).



Se muestra a continuación, en la Tabla 3, los resultados de la predicción aplicando el método corregido.

Tabla 3. Resultados de resistencia al avance luego de aplicar la corrección al método original.

Semi-plano (Savitsky & Mercier)				Casco desnudo			
F _{nv}	F _{nl}	V(kt)	Rt/Despl.	Rt/Despl.	Rt [Kg]	EHP	F _{nv}
-	-	-	(100.000 lb)	-	-	-	-
1,00	0,408	7,84	0,0390	0,0419	190	10	1,00
1,10	0,449	8,62	0,0547	0,0580	263	15	1,10
1,20	0,490	9,40	0,0657	0,0696	316	20	1,20
1,30	0,531	10,19	0,0728	0,0773	351	24	1,30
1,40	0,571	10,97	0,0791	0,0843	383	28	1,40
1,50	0,612	11,75	0,0861	0,0919	417	33	1,50
1,60	0,653	12,54	0,0901	0,0966	439	37	1,60
1,70	0,694	13,32	0,0937	0,1010	458	41	1,70
1,80	0,735	14,10	0,0970	0,1050	477	45	1,80
1,90	0,776	14,89	0,1016	0,1105	502	50	1,90
2,00	0,816	15,67	0,1054	0,1151	523	55	2,00

4. Discusión de resultados

En el caso del “Eden Rock” es notoria la discrepancia que existe entre los resultados de la predicción utilizando el método original *versus* los resultados del ensayo de canal. Al aplicar la corrección al método, vemos como la curva se suaviza y se acerca a los valores de resistencia arrojados por el ensayo.

Sucede lo propio con el “MPP 40”, donde se aprecia que las curvas coinciden casi con exactitud, en el rango de velocidades correspondientes a F_{nv} entre 1.6 y 2.0.

Con respecto al “SNAME Data Sheet N°4”, la curva de R_t/Δ del modelo es coincidente con la que arroja el método original, sin embargo, al aplicar la corrección, la misma se asemeja aún más a la del modelo.

En el caso de los resultados correspondientes al “SNAME Data Sheet N°13”, de igual manera que ocurre con el “MPP 40”, en el rango de velocidades que corresponde a F_{nv} entre 1.5 y 2.0, los valores de resistencia, aplicando la corrección, son muy similares a los del modelo.

En contraposición con lo que ocurre con las demás carenas, al aplicar la corrección al método original en el “SNAME Data Sheet N°12” (carena con pantoque redondo), se evidencia un desfase de la curva, manteniendo el entrecruzamiento original, sin lograr un emparejamiento con la curva del modelo.

5. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos y de la posterior discusión, podemos concluir que la herramienta de trabajo obtenida resultará de gran utilidad, al permitir la adaptabilidad de un método ampliamente conocido en el ámbito del diseño de embarcaciones de pre-planeo, a las tendencias actuales del diseño moderno de dichas embarcaciones (aristas vivas).

Como investigación futura, consideramos que nuestro trabajo merece ser profundizado con la información de una mayor cantidad de ensayos o análisis de CFD de carenas de embarcaciones actuales.

Referencias

Bailey, D. (1976). *The NPL High Speed Round Bilge Displacement Hull Series: Resistance, propulsion, manoeuvring and seakeeping data*. Londres: Royal Institution of Naval Architects.

- Blount, L. D. (2014). *Performance by Design: Hydrodynamics for High-Speed Vessels*. Edición del autor.
- Clement, E. P. (1960). *Small Craft Data Sheets*. The Society of Naval Architects and Marine Engineers, New York.
- Clement, E. P. (1964). Graphs for predicting the resistance of round-bottom boats. *International Shipbuilding Progress*, 11(114), 59-72.
- Clement, E. P. y Blount, D. L. (1963). Resistance tests of a systematic series of planing hull forms. *SNAME Trans*, 71(3), 491-579.
- Lahtiharju, E. y Karppinen, T. (1991). Resistance and seakeeping characteristics of fast transom stern hulls with systematically varied form. *SNAME Trans*, 99, p. 85.
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture, second revision*. New Jersey: Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME).
- Lindgren, H. y Williams, A. (1969). Systematic tests with small, fast displacement vessels, including a study of the influence of spray strips: Physics.
- Mercier, J. A. y Savitsky, D. (1973). *Resistance of Transom-Stern Craft in the Pre-Planing Regime*. Stevens Institute of Technology. Hoboken NJ, Davidson Lab.
- Radojčić, D., Kalajdžić, M. y Simić, A. (2019). *Power Prediction Modeling of Conventional High-Speed Craft*. Springer International Publishing.
- Radojčić, D., Zgradić, A., Kalajdžić, M. y Simić, A. (2014). Resistance prediction for hard chine hulls in the pre-planing regime. *Polish Maritime Research*, 21 (2), 9-26.
- Sahoo, P. K. y Pickering, G. C. (2002). *Calm Water Resistance Prediction of Landing Craft Hull Forms through Regression Analysis*.
- Savitsky, D. y Brown, P. W. (1976). Procedures for hydrodynamic evaluation of planing hulls in smooth and rough water. *Marine Technology*, 13(4), 381-400.
- Van Oossanen, P. (1980). Resistance prediction of small high-speed displacement vessels: state of the art. *International Shipbuilding Progress*, 27(313), 212-224.