

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

Estudio de la situación actual de la luz UV en la industria alimentaria y de su posible aplicación: marco legal, usos, percepción del consumidor y diseño de una operación unitaria para planta para especias

Martínez, María de los Ángeles – LU: 136198

Ingeniería en Alimentos

Peper, María Clara – LU: 124001

Ingeniería en Alimentos

Tutor:

Fernández, Jorge, UADE

7 de junio de 2016



UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS

Resumen

El objetivo del proyecto es establecer el marco situacional actual de la luz UV en la industria alimentaria, y su posible aplicación, mediante el estudio del marco legal, sus usos, la percepción del consumidor y el diseño de una operación unitaria. Se han llevado a cabo un sinnúmero de investigaciones de sus posibles usos directos en distintos alimentos. Entre estas, pocas han tratado las hierbas aromáticas y especias, productos tan problemáticos como interesantes por sus delicadas características sensoriales y el desafío que representa mantener la inocuidad. El método actual más utilizado para la disminución de carga microbiológica es la radiación gamma, costosa y generalmente poco aceptada por el público consumidor. Se propone el uso de UV-C como un método no térmico que provoca la muerte celular por uniones cruzadas de pirimidinas vecinas en el ADN bacteriano, sin alterar las propiedades sensoriales del producto. Se estudiaron las preferencias e ideas preestablecidas del consumidor respecto del uso de UV, y se encontraron diferencias significativas entre esta y radiación gamma, pudiéndose concluir que tendría una mejor aceptación de uso. Se agrupó a los encuestados en grupos o clústeres de jerarquía ascendente, dependiendo de la similitud de sus respuestas, y se encontraron resultados positivos en la capacidad del consumidor de adoptar una idea distinta mediante la presentación de nueva información, independientemente del clúster del que formaban parte. Finalmente, se propone una mejora de una operación unitaria de una planta PyME de especias ubicada en Gran Buenos Aires, cuyo método de reducción de carga microbiológica es a través del uso de radiación gamma. Se plantea el diseño de un tambor rotatorio para la reducción de carga microbiológica ensamblado con lámparas de UV-C TUV8 de 36 W (Philips), que presenta las ventajas de ser un método más rápido (se estima un tiempo de tratamiento de veinte minutos por día) y de menor costo operativo (se eliminan completamente los costos de logística asociados al tratamiento con gamma), requiere menos control y tiene un período de repago de dos meses a una tasa interna de retorno del 96% y un valor actual neto (un año) de ARS 708 597.

Abstract

The aim of this project is to establish the current outline of UV light in the food industry, and its feasible implementation, by studying its legal frame, uses, consumers' perception and the design of one unit operation. Countless research has been conducted regarding its possible direct uses in food. Of those ones, few have dealt with spices and aromatic herbs, just as interesting yet problematic due to their delicate sensory characteristics and difficulty when it comes to maintaining their innocuousness. Currently, the most common method applied for microbial load reduction is Gamma radiation, which is both costly as well as unpopular among consumers. The use of UV-C as non-thermal method keeping the sensory properties of the product unaltered, results in death cell by cross-linking of neighboring pyridines in bacterial DNA. This study comprises consumer preferences and preconceptions as to the use of UV light, all of which met significant differences between UV and Gamma radiation, implying that if UV light were to be used, it would find wider acceptance. Respondents were further grouped in clusters of increasing hierarchy, based on the similarities of their answers. Positive results were found with regard to consumers' ability to embrace a different approach, through presenting new information, regardless of the cluster they were part of. Clearly enough a significant percentage of respondents already trusted the use of UV light in the industry. Finally, a solution to a case study of a spice-related SME located in Gran Buenos Aires is presented. The design of a rotating drum with 36 W UV-C TUV8 (Philips) light bulbs attached has been introduced, providing a faster (estimated treatment time of twenty minutes a day) and more cost-effective (logistics expenses associated with Gamma treatment are cut entirely) method of microbial load reduction, one side requires less monitoring and on the other side guarantees a return on investment after two months, at an internal return rate of ninety-six percent and a current net value (one year) of ARS 708 597.

Contenido

Introducción y justificación	9
Objetivo	13
Objetivo general.....	13
Objetivos particulares	13
CAPÍTULO 1: Hierbas aromáticas y especias	15
Introducción	15
Producción nacional.....	15
Importación y exportación	17
Fuentes de contaminación.....	18
Patógenos presentes en hierbas aromáticas y especias	18
Brotos ocasionados por hierbas aromáticas y especias	19
Métodos de descontaminación	20
Fumigación.....	20
Vapor.....	21
Irradiación	22
Otros métodos alternativos.....	23
Aceites esenciales propios de las especias con actividad antimicrobiana	23
Procesamiento industrial de hierbas y especias	24
CAPÍTULO 2: Radiación ultravioleta	27

Características	27
Fuentes de radiación	27
Lámparas de mercurio de baja presión.....	28
Lámparas de mercurio de media presión	28
Lámparas de microondas.....	29
Lámparas de pulsos UV	29
Efectos biológicos.....	29
Seguridad y protección	30
Propiedades germicidas	30
Efecto hormético	32
Fotorreactivación y mutaciones	34
Modelo cinético	35
Otra aplicación de la radiación UV: luz UV pulsada.....	38
Ventajas y desventajas de la radiación UV y su uso.....	38
Ventajas.....	38
Desventajas	39
CAPÍTULO 3: Legislación del uso de radiación UV	41
Legislación local	41
Código Alimentario Argentino y Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo.....	41
Legislación internacional.....	42

Estados Unidos.....	42
Unión Europea y Codex Alimentarius	42
En síntesis – Mejoras y propuestas	43
CAPÍTULO 4: Estado del arte - Revisión de literatura.....	44
Uso actual.....	44
Investigaciones.....	44
Equipos UV-C actuales.....	51
Alimentos sólidos.....	51
Alimentos líquidos	53
CAPÍTULO 5: Estudio de la percepción del consumidor	55
Justificación	55
Métodos empleados	55
Nube de palabras	56
Análisis de componentes principales	57
Análisis de clúster o Clasificación Ascendente Jerárquica	59
Resultados y discusión.....	62
Análisis de Componentes Principales	67
Análisis de Clúster	75
Conclusiones del capítulo	99
CAPÍTULO 6: Proyecto de inversión para una operación en planta de especias	101

Caso.....	101
Consideraciones	102
Problemáticas a resolver	102
Solución propuesta.....	103
Diseño y materiales	103
Validación de las lámparas.....	104
Mantenimiento del prototipo.....	108
Parámetros.....	109
Dosis total y tiempo de irradiación	110
Cantidad por batch	117
Confirmación del proceso	119
Posibles mejoras.....	119
Costo estimado de instalación.....	120
Costo estimado de consumo energético	120
Análisis de Inversión.....	121
Ventajas competitivas	123
Conclusión del capítulo.....	123
Conclusión	124
Bibliografía.....	125
Anexos	133

Anexo A: Encuesta sobre tecnologías emergentes en la industria alimentaria.....	133
Anexo B: Lista de las 68 observaciones iniciales en el Análisis de componentes principales	150
Anexo C: Matriz de consumidores/confianzas del Análisis de Clúster	151
Anexo D: Variabilidad del Análisis de Clúster con las opciones ‘Centrar/reducir’	152
Anexo E: Criterios de eliminación de las observaciones del Análisis de Componentes Principales	153
Anexo F: Valores propios y Variabilidad acumulada de los datos finales utilizados en el Análisis de Componentes.....	155
Anexo G: Vectores propios de los 47 términos finales utilizados en el Análisis de Componentes Principales	156
Anexo H: Representación de los ejes F1/F3 del Análisis de Componentes Principales	158
Anexo I: Representación de los ejes F2/F3 del Análisis de Componentes Principales	159
Anexo J: Biplot de los ejes F1/F2 juntos con las variables	160
Anexo K: Contribuciones y coordenadas de las variables respecto de las observaciones utilizadas en el biplot en el Análisis de Componentes Principales	161
Anexo L: Truncamiento del Análisis de Clúster en 5 clases VS 4 clases.....	162
Anexo M: Resultados del Análisis de Clúster por clase	163
Anexo N: Estadística descriptiva del Análisis de Clúster	164

Anexo O: Propiedades de cada clase del Análisis de Clúster	165
Anexo P: Fotos de la validación de las lámparas	170
Anexo Q: Ficha técnica de las lámparas	172
Anexo R: Cálculo de la intensidad de las lámparas del prototipo.....	174
Anexo S: Cuadro tarifario de EDENOR para grandes demandas.....	185

Introducción y justificación

En este proyecto se tratará la utilización de la radiación UV en el rango de 280 nm y 100 nm, conocida como UV-C u onda corta (Comité Científico de la Unión Europea, s. f.) en la industria alimentaria. Es en el rango de la UV-C donde se obtienen los mejores resultados biocidas. Se propone la UV-C como un método alternativo a las tecnologías ionizantes, las cuales presentan exigencias legislativas, además de contar con la reticencia del consumidor, y a las clásicas, que suelen alterar ostensiblemente las características sensoriales, con el subsecuente detrimento de la calidad final del producto.

Al ser un procedimiento innovador, versátil y cuyo estudio presenta resultados satisfactorios en distintos ámbitos, se abre una nueva oportunidad de desarrollo industrial en el campo alimenticio. Esto podría llevar a Argentina a ser pionero en la utilización de la radiación UV-C en la esterilización de distintos productos.

En este trabajo en particular se propondrá una operación unitaria para una planta mediana de procesamiento de hierbas aromáticas y especias. Dada la expansión del mercado mundial como consecuencia del aumento sostenido de la demanda de productos más saludables y naturales, es esperable una repercusión a nivel interno. Este aumento de consumo puede deberse principalmente a la demanda del consumidor de alimentos libres de saborizantes, aditivos o conservantes sintéticos, alimentos sin sal o azúcar agregada y las comidas étnicas (Parra y Cameroni, 2009).

En la última década las exportaciones de las hierbas y especias producidas en Argentina aumentaron tanto en volumen como en valor, siendo Brasil y Alemania los principales destinos. A nivel mundial, el mayor importador de estos productos es China, seguido de los Estados Unidos, Alemania y Japón (Parra y Cameroni, 2009).

En Argentina se producen hierbas aromáticas en las regiones norte y centro del país, particularmente orégano (1143 toneladas), manzanilla (1051 toneladas) y coriandro (1088 toneladas) (Parra y Cameroni, 2009).

El objetivo primordial de los métodos de conservación consiste en aumentar la vida útil de los alimentos, a fin de impedir las alteraciones microbiológicas y mantener la calidad

del producto, a veces alterando las características tanto sensoriales como nutricionales. Los métodos térmicos de conservación suelen ser los que más alteran estos aspectos, por lo que, para cumplir con las demandas de los consumidores, es necesario el desarrollo de nuevas tecnologías no térmicas, a veces denominadas ‘suaves’ (Jay *et al.*, 2009).

Los primeros usos de la radiación UV datan del año 1901, cuando se logró producir luz artificialmente. Actualmente se utiliza para desinfectar agua, aire y superficies de materiales, como cintas transportadoras o envases. No produce alteraciones significativas en las propiedades organolépticas en los productos y reduce el uso de sustancias químicas (Jay *et al.*, 2009). Cuenta, además, con la característica de tener una penetración inferior a 1 mm (Keklik *et al.*, 2009), por lo que constituye un desafío tecnológico para alimentos de una gran superficie de contacto total debido a su pequeño tamaño, como es el caso de las hierbas aromáticas y especias.

Las hierbas aromáticas y especias son ingredientes comunes en los hogares del mundo, y no están exentos de constituir un riesgo para la salud por su mala conservación y uso (Food and Drug Administration, 2013), siendo necesario un procesamiento adecuado que permita mantener la inocuidad a lo largo de su vida útil. En la actualidad, el tratamiento adicional a especias o hierbas permitido tanto en regulaciones nacionales establecidas en el Código Alimentario Argentino (CAA), como internacionales (Codex Alimentarius -CAC-, FDA¹) es la irradiación con energía ionizante, altamente estandarizado (ver referencias CAA a, CAA b y FDA), con requerimientos de control estrictos y un máximo de absorción permitido, dado que el proceso en sí puede resultar riesgoso. Más aún, el uso de esta clase de tecnologías ionizantes, cuyo uso inapropiado puede resultar en productos de radiolisis tóxicos o carcinogénicos si se exponen alimentos a dosis mayores de 10 kGy (Joint

¹ Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (US Food and Drug Administration)

FAO²/IAEA³/WHO⁴, 1997) suele generar rechazo en el consumidor. El tratamiento con UV podría constituir una alternativa más simple, por no necesitar de cuidados tan intensivos como requiere el uso de rayos gamma o X (CAA a), y llegar a tener una mayor aceptación del consumidor debido a su carácter no residual (es decir, no genera subproductos indeseados con su uso).

Como tecnología emergente en creciente desarrollo en la industria de los alimentos, es de interés la ampliación de la radiación UV a esta fracción del mercado, donde aún no se han llevado a cabo pruebas y su regulación es inexistente, para aportar a una futura normativa de su uso.

Para finalizar, este trabajo contará con la siguiente estructura:

Objetivo: se presentará el objetivo de este trabajo final.

Hierbas aromáticas y especias: mercado de especias; producción nacional e internacional; brotes de ETA a causa de hierbas y especias a lo largo del tiempo.

Radiación ultravioleta: actividad antimicrobiológica. Obtención de curvas de supervivencia de microorganismos seleccionados con la mínima interferencia de la matriz a partir de referencias bibliográficas y ejemplos de ciertos alimentos. Modo de acción a nivel molecular.

Legislación nacional e internacional: Legislación local y mundial del uso de energías ionizantes y no ionizantes y, de tenerlos, sus límites permitidos.

² Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (Food and Agriculture Organization)

³ Organismo Internacional de Energía Atómica (International Atomic Energy Agency)

⁴ Organización Mundial de la Salud (World Health Organization)

Estado del arte: detalle sobre usos actuales, modelos de máquinas en el mercado para alimentos y últimas investigaciones en el uso de UV.

Estudio de la percepción del consumidor: Metodología de desarrollo: diseño de la encuesta. Análisis de datos de consumidores: estadística descriptiva, análisis de componentes principales, estudio de correlación, análisis de clúster. Discusión y resultados: planteo de los resultados estadísticos y conclusiones preliminares. Conclusiones sobre la opinión del consumidor en cuanto a si debería figurar la información de su uso en el rótulo; cuál es el conocimiento de la mayoría de la población encuestada sobre los usos y efectos de la radiación UV; si el consumidor puede diferenciar entre las diferentes tecnologías; si el uso de radiación UV afectaría la decisión del consumidor; y por último, si es posible implementar en mayor grado una tecnología sin generar rechazo por su uso.

Proyecto de inversión: detalle de equipos necesarios para armar un proceso unitario para una planta de especias, incluyendo diseño de posible equipo, sus costos estimados de fabricación, mantenimiento y uso, y parámetros del proceso.

Conclusión: sobre la viabilidad del proyecto en función de los objetivos planteados para cada sección del trabajo.

Bibliografía: fuentes utilizadas a lo largo del proyecto.

Anexos: información adicional que puede ser de utilidad para el entendimiento del trabajo.

Objetivo

Objetivo general

- El objetivo general de este proyecto fue esclarecer la posición actual de la tecnología de radiación ultravioleta en general y en la industria de alimentos en particular, teniendo en cuenta el marco teórico y legislativo, y la percepción del consumidor frente a otras tecnologías, tanto clásicas como emergentes, para así sentar las bases para su posterior estudio; y presentar su posible aplicación en distintos tipos de hierbas y especias mediante un estudio de caso.

Objetivos particulares

- Investigar el marco teórico de su uso (propiedades, ventajas y desventajas que puede presentar su uso, modo de acción como biocida, comparación con otras tecnologías emergentes y clásicas) y aplicaciones en la industria alimentaria actuales.
- Investigar el marco legislativo comparativo con EE.UU. y la UE., para esclarecer diferencias entre los sistemas, proponiendo posibles mejoras, cambios o agregados al nacional.
- Con respecto a la percepción del consumidor, los objetivos han sido:
 - ✓ Generar, definir y discriminar los términos que el consumidor asocia a diferentes tecnologías mediante análisis descriptivo, a partir de encuestas con preguntas de respuesta múltiples, escalas de confianza y preguntas abiertas
 - ✓ Determinar las asociaciones destacables que determinen la imagen del consumidor y el perfil de las tecnologías a comparar
 - ✓ Determinar el nivel de confianza de los consumidores de las distintas tecnologías

- ✓ A partir de los datos obtenidos, definir el perfil de la luz UV en aras del consumidor
- ✓ Establecer conclusiones sobre la posible implementación de la luz UV en la industria alimentaria, a partir de cómo lo tomaría el consumidor y como influiría en las ventas.
- Con respecto al diseño de un modelo de proceso, los objetivos han sido:
 - ✓ Determinar mediante el empleo de UV-C los parámetros para el proceso de reducción de la carga microbiológica (como tiempo, longitud de onda y otros);
 - ✓ Diseñar la operación unitaria de disminución microbiológica a partir de los parámetros antes determinados
 - ✓ Realizar una estimación de los costos de operación
 - ✓ Realizar un análisis de las posibles ventajas frente a los métodos actuales de reducción de carga microbiológica

CAPÍTULO 1: Hierbas aromáticas y especias

Introducción

En este capítulo se desarrollará la producción nacional y la incidencia internacional de las hierbas y especias, los riesgos microbiológicos a los que pueden estar sujetas y los medios de contaminación, así como los brotes en los que han estado involucradas. También se tratarán los métodos más usados de descontaminación y el proceso industrial desde la cosecha hasta su llegada al consumidor final.

Producción nacional

En Argentina se producen las especias y hierbas aromáticas señaladas en la Tabla I:

Tabla I.: Producción de hierbas y especias en Argentina y las provincias de procedencia

Hierbas y especias	Provincias en donde se producen
Albahaca	Santa Fe y Córdoba
Anís	San Juan, Salta, Catamarca y La Rioja
Azafrán	Mendoza
Bixa Orellana	Misiones
Cardo mariano	Buenos Aires, Entre Ríos, Santa Fe, Corrientes, Misiones, La Pampa
Carqueja	Córdoba, San Luis y Tucumán
Cedrón	Córdoba, Entre Ríos, Santa Fe
Citronella	Misiones
Comino	Salta, La Rioja, Catamarca, Santiago del Estero
Lavanda	Córdoba, Buenos Aires, Río Negro, San Luis Chubut
Menta	Misiones, Córdoba, San Luis, Mendoza, Tucumán, Buenos Aires, San Juan, Salta, Santa Fe, Jujuy, Chubut, Entre Ríos

Coriandro	Buenos Aires, Misiones, Santa Fe, Córdoba, La Pampa
Espartillo	Misiones, Tucumán, Salta, Jujuy
Estragón	San Juan, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa, Mendoza, Misiones, Salta, Santa Fe, Buenos Aires, Tucumán
Hinojo	Buenos Aires, Río Negro, Santa Fe, Mendoza, Córdoba, La Pampa
Hipérico	Santa Fe
Hisopo	Córdoba
Incauyo	Tucumán, San Juan, La Rioja, Catamarca, Salta, San Luis, Córdoba
Jojoba	La Rioja
Laurel	Santa Fe, Córdoba
Llemongrass	Misiones, Chaco, Salta, Jujuy, Tucumán
Lúpulo	Neuquén, Río Negro, Chubut
Manzanilla	Buenos Aires, Tucumán, Salta, Catamarca, Entre Ríos, Santa Fe
Marcela	San Luis, Córdoba
Melisa	Córdoba, Santa Fe
Mostaza	Buenos Aires, La Pampa, Santa Fe, Entre Ríos, Córdoba
Orégano	Mendoza, San Juan, San Luis, Córdoba, Salta, Chubut, Entre Ríos
Paico	Tucumán
Palo amarillo	Córdoba, San Luis
Peperina	Córdoba, San Luis
Perejil	Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa, La Rioja, Mendoza, Misiones, Salta, San Juan, San Luis, Santa Fe

Perejil deshidratado	Córdoba, Salta
Pimiento	Salta, Catamarca, La Rioja, Tucumán, San Juan
Poleo	Córdoba, San Luis
Romero	Mendoza, San Luis, Santa Fe, Bueno Aires, La Pampa
Salvia	Córdoba, Santa Fe
Sésamo	Santa Fe, Entre Ríos, Corrientes, Misiones, Salta, Tucumán
Té de burro	Córdoba, San Luis
Tomillo	Mendoza, San Luis, Santa Fe, Córdoba
Toronjil	Córdoba
Vetiver	Salta, Jujuy, Tucumán, Misiones, Corrientes, Entre Ríos, Chaco
Yerba buena	Córdoba

Fuente: Ministerio de Agroindustria, 2014

Importación y exportación

Durante el año 2012, 3206 toneladas de especias se destinaron a exportación, generando 9,7 millones de dólares FOB y un precio promedio de 3025 dólares FOB/t. Los principales productos aromáticos exportados para usos culinarios fueron la manzanilla (66 %) y el coriandro (8 %), seguidos por el orégano (3 %) y el pimentón (2 %), con Alemania como el principal comprador (48 % del volumen total exportado). Cabe destacar el lugar central de las exportaciones de especias y hierbas aromáticas destinadas a la industria farmacéutica y de perfumería, ocupando un 16 % del volumen total de exportación. Otros países a los que se destinó gran volumen de exportación son Italia (con el 9 % del total exportado) y Estados Unidos (con el 7 %) (Cameroni, 2013).

Las principales especias y hierbas aromáticas importadas fueron la pimienta blanca y negra sin triturar (6,3 millones de dólares CIF), el azafrán (2,2 millones de dólares CIF) y los

conos de lúpulo (1,6 millones de dólares CIF), importados principalmente de Chile, Brasil y Perú, alcanzando un valor de 34,9 millones de dólares CIF y verificando así una caída del 11 % en volumen y del 6 % en valor respecto del año anterior. La balanza comercial correspondiente al año 2012 registró un déficit próximo a 25 millones de dólares (Cameroni, 2013).

Fuentes de contaminación

Las fuentes más comunes de contaminación de las hierbas y las especias son el agua, el aire y la tierra que forman parte del ambiente de la planta. A su vez, la contaminación puede ocurrir en distintas etapas de su procesamiento, como en la cosecha, el procesamiento, el almacenamiento y la distribución del producto. A estos factores se suman las economías globalizadas, que permiten la llegada y salida de productos de todas partes del mundo, pudiendo generar brotes por parte de una bacteria o virus de origen foráneo (Yaun, 2002).

Las hierbas y especias se deshidratan luego de la cosecha, bajando la actividad acuosa y permitiendo un control del crecimiento microbiológico, por lo que su almacenamiento es más simple en comparación con productos frescos como frutas y verduras. Dada la capacidad de algunas especias de generar aceites esenciales con efecto bactericida (por ejemplo, el orégano) (Toledo Hijo *et al.*, 2015) como factor complementario a la baja actividad acuosa, el riesgo de contaminación suele ser también menor que para los productos frescos. Sin embargo, las hierbas y especias suelen consumirse sin cocción previa y el consumidor no suele manejarlas con cuidado, lo que puede dar lugar a una ETA. Más aún, durante el almacenamiento pueden desarrollarse mohos que, además de dañar la calidad de la cosecha, pueden generar micotoxinas, las cuales no son eliminadas por métodos térmicos como la cocción.

Patógenos presentes en hierbas aromáticas y especias

Los patógenos que se han detectado en especias y hierbas son *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus* y *Candida albicans*, *Mucor*, *Rhizopus* y *Aspergillus* (Chmielewski y Migdał, 2005).

Brotos ocasionados por hierbas aromáticas y especias

Según el Borrador de perfil de riesgo de hierbas aromáticas y especias de la FDA (FDA Draft Risk Profile), basado en la información documentada por el Sistema de vigilancia de Brotes de Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (Foodborne disease outbreak Surveillance system) de los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades, durante los años 1973 y 2010 se registraron 14 brotes de ETA provocadas por hierbas y especias en todo el mundo (Tabla II). Se reportaron 1964 enfermos, 128 hospitalizaciones y 2 muertes. Los países que informaron estos brotes fueron Canadá (1 brote), Dinamarca (1), Francia (1), Alemania (2), Nueva Zelanda (1), Noruega (1), Serbia (1), Reino Unido (3) y los Estados Unidos (3). De los 14 casos informados, 10 (71 %) fueron causados por serotipos de *Salmonella enterica* subesp. *enterica*, representando el 87 % de los enfermos; 4 fueron causados por *Bacillus spp.*, representando el 13 % de los enfermos; en 4 brotes también se encontraron distintos serotipos de *Salmonella* o distintas especies de *Bacillus*. Algunas especies de *Bacillus*, como el *subtilis* o *pumilis*, no son patógenos pero pueden producir toxinas si se encuentran en grandes cantidades (FDA, 2013).

Tabla II. Brotes de ETA registrados entre 1973 y 2010

Especias	Brotes de ETA registrados
Pimienta negra (<i>Piper nigrum</i>)	4
Pimiento rojo (<i>Capsicum spp</i>)	2
Pimienta blanca (<i>Piper nigrum</i>)	2
Pimienta no especificada	1
Polvo para curry	1
Semillas de anís (<i>Pimpinella anisum</i>)	1
Semillas de hinojo (<i>Foeniculum vulgare</i>)	1
Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i>)	1
Mezcla de especias	1

Fuente: Draft risk profile: pathogens and filth in spices. FDA, 2013

Los países y regiones identificados como origen de estos brotes son Brasil (1), China (2), India (3), Malasia (1), América del Sur (1), Turquía (1) y Vietnam (2). Se puede concluir que gran porcentaje de los brotes ocurrieron debido a especias de importación, posiblemente por contaminación cruzada luego de la importación (FDA, 2013).

Métodos de descontaminación

Las hierbas y especias están expuestas a una gran cantidad de bacterias, hongos y levaduras, debido principalmente a la microbiota que naturalmente acarrea la planta, proveniente del suelo, el agua y el aire. Esta microbiota puede crecer sobre la superficie vegetal y, además, dentro de sus tejidos, por lo que es importante el tratamiento oportuno para no generar pérdidas de producción. Para esto, los métodos de descontaminación más utilizados son la fumigación, las inyecciones de vapor y la irradiación gamma (FDA, 2013).

Fumigación

Un método en creciente desuso es fumigar con bromuro de metilo para eliminar insectos, o bien con óxido de etileno para eliminar bacterias y mohos. Ambos compuestos son altamente tóxicos: el bromuro de metilo es un potencial extenuante de la capa de ozono atmosférica y el óxido de etileno es altamente mutagénico. El uso de estos compuestos está prohibido en la Unión Europea y Australia (FDA, 2013). En Estados Unidos el óxido de etileno estuvo prohibido durante un corto período de tiempo, hasta que en el 2008 la EPA⁵ volvió a legalizar su uso como pesticida (Loaharanu, 1994; Sádecká, 2007).

El óxido de etileno es un gas incoloro que genera la muerte celular de células vegetativas y esporas a través de la alquilación de los ácidos nucleicos. Tiene la ventaja de poder utilizarse con productos sensibles al calor, ya que es un método no térmico, y se usa, además, para la esterilización de drogas y materiales plásticos de uso médico (FDA, 2013).

⁵ Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US Environmental Protection Agency)

El uso de tratamientos con óxido de etileno conlleva un complejo cuidado, ya que su correcta aplicación depende de múltiples variables, como temperatura, tiempo de exposición, humedad, vacío/presión positiva, concentración del gas, permeabilidad del envase y características de la cámara de tratamiento. Además, debe limpiarse el aire de la cámara con gases inertes, debido a que el óxido de etileno es altamente inflamable y mutagénico, aunque hay estudios que respaldan que el riesgo de cáncer a raíz de su uso en especias es despreciable (FDA, 2013).

Debido a la cantidad de variables a controlar, la efectividad del tratamiento con óxido de etileno resulta difícil de determinar. Se han registrado reducciones de *Salmonella* que van desde los 1,3 log hasta por encima de los 6 log, pero todos los estudios presentan diferentes variables, por lo que no es posible realizar comparaciones entre distintas especias (FDA, 2013). A pesar de esto, Farkas y Andrassy (1984) demostraron que el uso de óxido de etileno es más efectivo cuando se trata de productos con una actividad acuosa (A_w) de 0,75 y 0,50, frente a una A_w de 0,25.

Vapor

La letalidad de este método se debe a la temperatura y el tiempo de exposición de la microbiota de las especias. El proceso puede llevarse a cabo de manera continua o en batch. En procesos continuos, las especias se someten a inyecciones de vapor en sistemas que las mantienen en movimiento continuo. En el procesamiento en batch, las especias palletizadas se llevan a una cámara de tratamiento y luego se someten a inyecciones de vapor. Debido a factores como la permeabilidad de los envases, el estibado y las características intrínsecas de cada especia, los tiempos del tratamiento deben ser determinados para cada producto. La efectividad del tratamiento dependerá de cuan mezclado se mantenga el producto para una mayor exposición al vapor (FDA, 2013).

Este método, si bien reduce efectivamente la carga microbiológica, puede fácilmente afectar las características físico-químicas y sensoriales de las hierbas y especias (FDA, 2013).

A pesar de no haber una amplia documentación sobre la efectividad del uso de vapor para el tratamiento de hierbas y especias, la FDA (2013), teniendo en cuenta los recuentos de bacterias aerobias totales registrados como resultado de su uso, concluye que puede llegar a

ser más efectivo que el calor seco o microondas, y que el uso de sistemas con vapor saturado y presión puede llegar a generar una mayor reducción (FDA, 2013).

Irradiación

Se puede encontrar una extensa bibliografía sobre el uso de irradiación para la disminución de la carga microbiológica. A diferencia del óxido de etileno, su uso está permitido por el CODEX (Chmielewski y Migdał, 2005).

La radiación ionizante es emitida por radioisótopos de ^{60}Co y ^{137}Cs , electrones de alta energía y rayos X. Su aplicación en alimentos causa la alteración e inactivación de las moléculas de ADN. Al ser de gran tamaño, las moléculas de ADN pueden ser dañadas de manera directa (a causa de radicales reactivos de oxígeno como ^+OH que se originan de la radiólisis del agua) o indirecta (se ioniza una molécula adyacente, usualmente agua —dado que es uno de los mayores componentes de alimentos y bacterias—, que reacciona con el material genético) (Grecz *et al.*, 1983). Aunque las células tienen sistemas de reparación, el daño es aleatorio y extensivo, por lo que la recuperación no suele ser factible (Razskazovskiy *et al.*, 2003).

La sensibilidad a la irradiación difiere según el organismo (depende de sus estructuras químicas y físicas, y sus capacidades de recuperación). También influyen factores ambientales, como la composición del medio, la composición acuosa, la temperatura durante el tratamiento y la presencia o ausencia de oxígeno, entre otros. La dosis necesaria es un balance entre lo que se necesita y lo que tolera el producto (Sádecká, 2007).

En la Norma General del Codex Alimentarius (CAC) para los Alimentos Irradiados (CAC, 2003) se establece el uso de fotones de alta energía (principalmente rayos gamma de los radionúclidos ^{60}Co y, en menor medida, ^{137}Cs), rayos X de fuente mecánica de energías de hasta 5 MeV, o electrones acelerados de hasta 10 MeV producidos por máquinas aceleradoras de electrones (CAC, 2003). La dosis de irradiación máxima permitida por el CAC para cualquier tipo de alimentos es de 10 kGy (la FDA establece un límite de 30 kGy para hierbas y especias) (Bendini *et al.*, 1998).

La dosis de la irradiación gamma disminuye a medida que penetra en el producto, por lo que las partículas más cercanas a la fuente reciben dosis más altas. Se observó que las reducciones de bacterias aerobias están dentro de los siguientes rangos:

- 1,6 a 5,8 reducciones decimales para dosis de entre 2 y 5 kGy
- 2,2 a >6,9 reducciones decimales para dosis de entre 6 y 10 kGy
- 3,5 a >6,9 reducciones decimales para dosis de entre 11 y 20 kGy (FDA, 2013)

Existe una gran variabilidad en los datos publicados, por lo que sería necesario llevar a cabo más investigaciones para asegurar el logro de las reducciones decimales buscadas principalmente en *Salmonella* (FDA, 2013).

Una de las ventajas del tratamiento con irradiación es que puede realizarse luego del empaquetado, evitando una recontaminación o infección (Sádecká, 2007), y que, con los controles adecuados, no genera importantes cambios en la estructura de los productos ni deja residuo químicos o radioactivos. Sin embargo, el principal problema de su uso radica en la opinión del consumidor sobre su uso. El principal rechazo a esta tecnología parecería estar asociado a la creciente exigencia de alimentos cada vez menos procesados y libres de aditivos y de tecnologías menos dañinas para el medioambiente (Sádecká, 2007).

Otros métodos alternativos

Se han investigado ciertos tratamientos alternativos, como condensación controlada, rayos de electrones, rayos X, alta presión hidrostática y calor, ozono, CO₂ de alta presión (supercrítico) y luz pulsada (FDA, 2013). En este trabajo se estudiará la posibilidad del uso de luz UV de onda corta.

Aceites esenciales propios de las especias con actividad antimicrobiana

Algunas hierbas y especias poseen aceites esenciales con propiedades bactericidas, fungicidas e insecticidas. El aceite de clavo de olor es antibacteriano, antifúngico, antioxidante e insecticida, debido a los altos niveles de eugenol que posee (Raghavenra *et al.*, 2006), y las hojas del comúnmente llamado árbol de curry (*Murraya koenigii*) poseen

actividad antifúngica contra 3 hongos patógenos vegetales: *Rhizoctonia solani*, *R. bataticola* y *Helminthosporium oryzae* (Ray y Srivastava, 2006).

Burt y Reinders (2003) estudiaron la actividad antibacteriana sobre *E. coli* O157:H7 de 5 tipos de aceites esenciales diferentes (orégano, dos tipos de tomillo, laurel y clavo de olor) de especias. Concluyeron mediante pruebas de difusión por disco que los aceites de orégano y tomillo presentaban los mayores efectos antibacterianos, siendo el clavo de olor el que menor impacto tuvo en el desarrollo del microorganismo.

Kuorwel *et al.* (2011) resumen los principales compuestos activos de las especias y algunas investigaciones que las avalan. El estudio se realizó sobre aceites esenciales y sus principales componentes antimicrobianos para láminas de envasado sintéticas. La actividad antimicrobiana puede deberse a la acción de distintos compuestos como timol, linalool y carvacrol. Estos compuestos tienen un amplio espectro de acción contra bacterias Gram positivas y negativas, levaduras y hongos. Estos agentes antimicrobianos suelen producirse como metabolitos secundarios y están asociados a las fracciones volátiles de los aceites esenciales. Su modo de acción depende de su estructura química, aunque aún no se conoce el mecanismo exacto. Se propone que podrían interrumpir la membrana citoplasmática, provocar la fuga de los constituyentes intracelulares, coagular el contenido celular, inhibir las síntesis proteica de ADN/ARN, interrumpir caminos metabólicos o destruir la integridad de la membrana celular. Los efectos antimicrobianos dependen de la concentración del compuesto en el aceite esencial, la cual varía entre especies, temporadas, métodos de extracción, zonas geográficas y qué parte de la planta se utiliza. En el mismo estudio se citan las propiedades de algunas hierbas y especias —como por ejemplo la albahaca, cuyo aceite esencial contiene cantidades considerables de linalool y metilcavicol, y el orégano y el tomillo, cuyos aceites esenciales contienen principalmente fenoles monoterpenoides del timol y carvacrol. Otros compuestos mencionados en el estudio como agentes antimicrobianos son el cinamaldehído en la canela y γ -terpineno y *p*-cimeno en comino.

Procesamiento industrial de hierbas y especias

El proceso de producción, esquematizado en la Figura 1, empieza en el sector primario, con la siembra y recolección manual, seguido del secado y selección de la materia

prima. Esta materia prima es luego acopiada (principalmente en Mendoza y Valle Calchaquíes) o bien, el productor trata directamente con las empresas comercializadoras y procesadoras (importadores/exportadores, mayoristas, envasadoras a pequeña escala o laboratorios), las cuales siguen con el proceso industrial: las hierbas y especias son molturadas, fraccionadas y envasadas según el destino que se procure. La molturación normalmente está a cargo de la empresa mayorista que vende a granel o las empresas envasadoras fraccionadoras para la venta al por menor (en bolsas de 10 kg). La cadena productiva sigue en pequeños fraccionadores (acopiadores) o la industria alimentaria (industria). Hospitales, restaurantes y hoteles (la llamada ‘demanda institucional’) corresponden a un porcentaje insignificante. El comercio internacional de hierbas se realiza a través de pequeños grupos de intermediarios o brokers. El proceso debe tener un seguimiento sanitario para el mantenimiento de la calidad. En Argentina, los actores principales del sector de hierbas y especias son la Asociación de productores de hierbas aromáticas y medicinales del Valle de Traslasierra, la Cámara Argentina de Especias y Afines (CAEMPA), la Cámara Argentina de Fitofármacos y la Cámara Argentina de Productores y Procesadores de Especias Aromáticas, Medicinales y Afines (CAPPAMA) (COFECYT- Consejo Federal de Ciencia y Tecnología, 2008).

Se calcula la existencia de 10000 productores de pequeña escala en Argentina. La mayor área industrial se localiza en el noroeste de Argentina y en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Mendoza, San Juan y Santa Fe, mientras que el mayor consumo radica en la zona metropolitana de Buenos Aires, Mendoza y Mar del Plata (COFECYT, 2008).

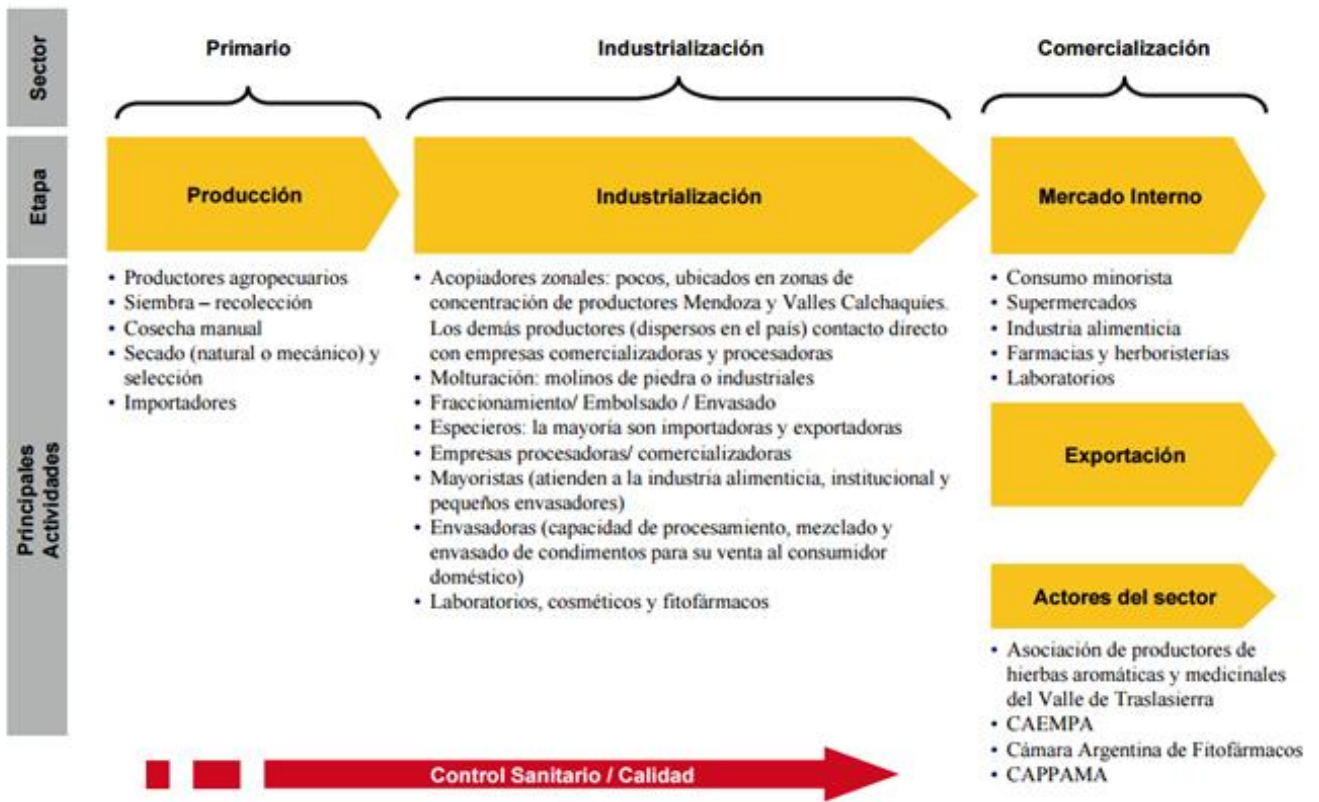


Figura 1 Proceso productivo de la elaboración de hierbas y especias, desde su producción hasta su comercialización a través de distintas canales (COFECYT, 2008).

CAPÍTULO 2: Radiación ultravioleta

Características

La emisión y propagación de energía en el espacio o a través de un medio material se llama ‘radiación’. Esta energía propagada se separa según espectros de longitudes de onda (Jay *et al.*, 2009). La luz ultravioleta es el espectro de luz que abarca los 400 nm y los 100 nm de longitud de onda (Comité Científico de la Unión Europea, s. f.), como muestra la Figura 2. En la Tabla III se describen los rangos en los que se separa y la clasificación que se le otorga.

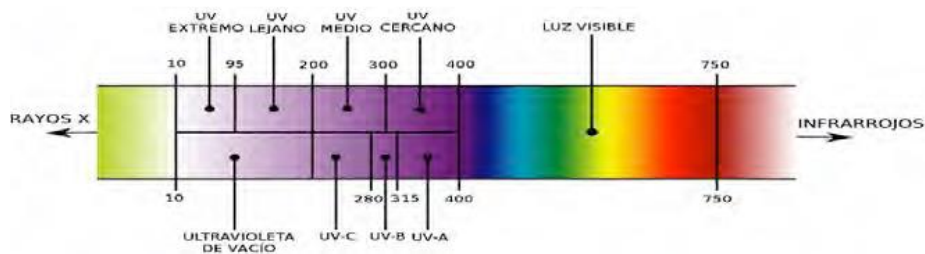


Figura 2 Región ultravioleta del espectro electromagnético, con un rango de longitud de onda entre 100 y 400 nm (Domínguez y Parzanese, 2011).

Tabla III. Clasificación de la radiación UV según los rangos en el espectro electromagnético.

Clasificación	Rango (nm)	Observación
UV-A	400-315	Genera bronceado en la piel
UV-B	315-280	Asociada a quemaduras y cáncer
UV-C	280-100	Mayormente absorbida en la estratósfera

Fuente: Yaun, 2002

La radiación UV-C es la que presenta características pertinentes para la disminución de carga microbiológica y es la llamada ‘de onda corta’ (ICNIRP, 2016).

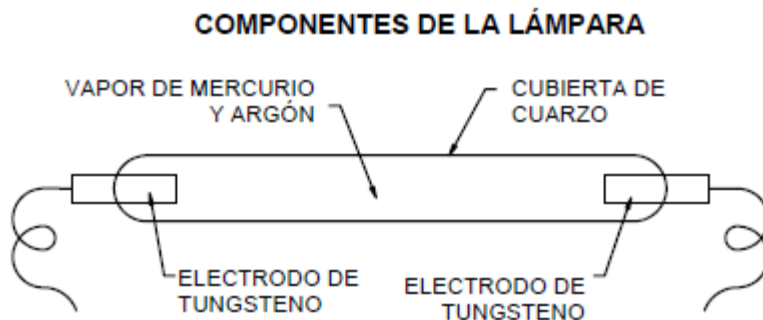
Fuentes de radiación

La luz UV puede generarse a partir de una lámpara monocromática de arco de mercurio de baja o media presión dentro de un tubo de cuarzo (Wright y Cairns, 1998), que se

llena con el gas inerte argón, que reduce las pérdidas térmicas y extiende la vida de los electrodos de tungsteno y metales alcalinotérreos localizados a cada orilla, los cuales facilitan la formación del arco. Cuando el vapor de mercurio es excitado por una descarga, vuelve a un nivel menor de energía, emitiendo radiación UV. Para mantener la estabilidad del funcionamiento, es necesario el uso de balastos que limiten el flujo de corriente y provean el voltaje apropiado (Antonio-Gutiérrez *et al.*, 2012).

Lámparas de mercurio de baja presión

Estas lámparas operan a presiones comprendidas entre 102 y 103 Pa, correspondiente al vapor de mercurio a 40 °C, generando un arco eléctrico de energía de entre 0,2 y 0,3 W/cm (Phillips, 1983). Alrededor del 85 % de la radiación corresponde a una longitud de onda de 254 nm, que es la más eficiente para la destrucción de microorganismos (ICNIRP, 2016). En la industria alimentaria, su uso está permitido por la FDA para el tratamiento de jugos, agua y otros productos alimentarios (FDA) y son de uso comercial. Sus componentes se ilustran en la Figura 3.



*Figura 3 Componentes de una lámpara de baja presión utilizada para generar radiación UV (Antonio-Gutiérrez *et al.*, 2012)*

Lámparas de mercurio de media presión

Funcionan a presiones comprendidas entre 104 y 106 Pa y alcanzan elevadas temperaturas (entre 600 y 800 °C), por lo que es necesario que los tubos de cuarzo estén ventilados y evitar el contacto directo de la superficie de la lámpara con el producto a tratar. El mercurio en estas lámparas se encuentra en varios estados de excitación y emite ondas con

longitudes de entre 250 y 600 nm, de manera que no son efectivas en tratamientos germicidas, si bien muestran una profunda penetración en el objetivo (Koutchma, 2009).

Lámparas de microondas

Estas lámparas cuentan con la ventaja de no necesitar electrodos, ya que utilizan energía generada a través de un magnetrón. Su vida útil suele ser tres veces mayor que las lámparas que utilizan electrodos. Aún falta investigación de su uso en alimentos, pero promete ser una alternativa comercial para alimentos sólidos (Antonio-Gutiérrez *et al.*, 2012).

Lámparas de pulsos UV

Generan una radiación electromagnética con longitudes de entre 100 y 1100 nm, almacenando energía eléctrica en un capacitor y luego liberándola en forma de pulsos de microsegundos de duración (Antonio-Gutiérrez *et al.*, 2012).

Se usa actualmente en la industria de los alimentos para la desinfección de agua, jugos y superficies que están en contacto con alimentos (Antonio-Gutiérrez *et al.*, 2012).

Efectos biológicos

El espectro de luz ultravioleta tiene efectos negativos en la piel y los ojos. Puede formar eritemas o las llamadas ‘quemaduras solares’, que se manifiestan con un enrojecimiento de la piel. Estas aparecen dentro de las 4 y 8 horas de exposición y se van extenuando hasta desaparecer al cabo de unos días. Los eritemas pueden llegar a provocar ampollas o desprendimiento de la piel, dependiendo de la dosis de exposición. La dosis eritémica mínima (DEM) se encuentra en el orden de 20 mJ/cm², pero varía dependiendo del tiempo de exposición al sol y a la fuente de luz. Se puede generar una fotosensibilización estando bajo tratamiento con ciertos medicamentos o con aplicación tópica de productos como cremas y perfumes. Esto puede generar reacciones alérgicas y fototoxicidad (irritación en la piel). Por último, la exposición crónica, en especial a la luz UV-B, acelera el envejecimiento de la piel y aumenta el riesgo de cáncer (Rodríguez *et al.*, 2011).

En los ojos, puede causar fotoqueratitis y fotoconjuntivitis, además de contribuir a la formación de cataratas. La córnea y la conjuntiva absorben UV-A y UV-B, lo que puede

generar queratoconjuntivitis, también conocida como ‘golpe de arco’ o ‘ceguera por la nieve’. Los efectos desaparecen en alrededor de 48 horas como máximo, pero pueden ir acompañados de una conjuntivitis con eritemas en los párpados (Rodríguez *et al.*, 2011).

Seguridad y protección

El límite de exposición a la luz UV es de 30 J/m² a 270 nm (ACGIH⁶, 1995; IRPA/INIRC⁷, 1988). El riesgo para el operador no depende del tiempo de exposición, por lo que es necesario estar protegido usando cascos, lentes para luz UV y ropa que cubra la mayor superficie de piel potencialmente expuesta (Rodríguez *et al.*, 2011).

Propiedades germicidas

Las propiedades germicidas de la radiación UV se deben a la absorción de la luz por parte del ADN, generando uniones cruzadas entre pirimidinas vecinas (timina y citosina), como se esquematiza en la Figura 4, y provocando dímeros de ciclobutilpirimidina. Estas uniones cruzadas son directamente proporcionales a la cantidad de exposición a la luz ultravioleta y evitan que se formen puentes de hidrógeno con las purinas, resultando en la falta de transcripción y replicación del ADN. Las células en su fase de crecimiento exponencial parecieran ser más sensibles al tratamiento que células en fase estacionaria, debido a la gran velocidad de crecimiento que ocurre en esa etapa (Yaun, 2002). Como se ve en la Figura 5, hay una correlación entre la absorción de la radiación de la cadena de ADN y la inactivación microbiológica. La absorción parece depender de la homogeneidad del flujo de luz, la transmisividad, la composición química, los sólidos presentes, las macromoléculas como almidón y el color, y no pareciera estar influenciada por el pH, la presión o la temperatura del medio (Worobo y Hartman, 2000).

⁶ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

⁷ International Radiation Protection Association/International Non-Ionizing Radiation Committee

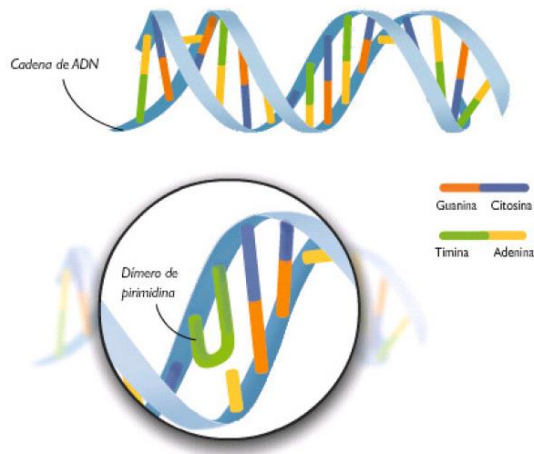


Figura 4 Formación del dímero de pirimidina en la cadena de ADN. Se observa cómo tiosinas vecinas forman ciclobutimino. Lo mismo sucede con citosinas vecinas (Domínguez y Parzanese, 2011)

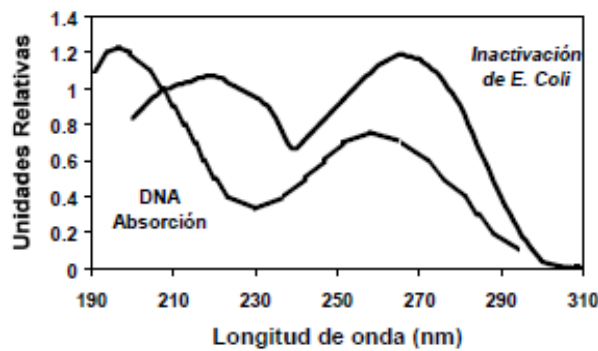


Figura 5 Comparación del espectro de acción de la inactivación de E. coli con el espectro de absorción de la cadena de ADN. Las unidades de absorción e índice de inactivación se normalizaron para poder establecer una comparación. (Wright y Cairns, 1998).

Las propiedades germicidas de la radiación UV-C alrededor de los 254 nm de longitud de onda pueden representarse gráficamente con una curva sigmoidea.

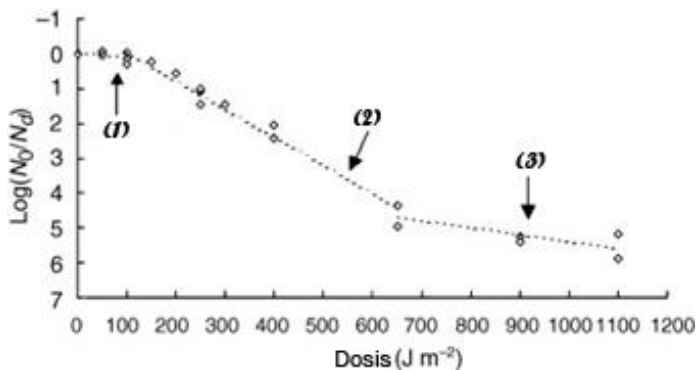


Figura 6 Curva de inactivación de esporas aisladas respecto de la dosis de luz UV-C administrada (Mamane-Gravetz y Linden, 2005).

En la Figura 6 se muestra una curva tipo, obtenida del tratamiento de esporas autóctonas del lago Michie (Carolina del Norte, Estados Unidos) (Mamane-Gravetz y Linden, 2005). Se distingue un ‘plateau’ inicial (1) donde no pareciera haber una reducción de las poblaciones de microorganismos. Este ‘plateau’ se debe a que el nivel de injuria inicial

causado por la exposición a UV-C no es suficiente para generar efecto en las poblaciones. Una vez alcanzado el umbral de uniones cruzadas formadas, la mínima exposición a la luz UV generará una fase de muerte celular rápida (2), hasta llegar a una concentración de carga microbiológica casi constante (3), en donde se encuentra el porcentaje resistente al tratamiento, ya sea propio del microorganismo o por la suspensión de sólidos o componentes experimentales (Worobo y Hartman, 2000).

Las longitudes de onda inferiores a 200 nm no son eficaces para la inactivación de microorganismos porque son absorbidas por el oxígeno atmosférico (Gil Hernández *et al.*, 2010), mientras que las longitudes mayores a 330 nm pueden generar la reparación de las células dañadas (Wright y Cairns, 1998).

Los factores críticos que afectan la efectividad del proceso son la transmisividad del medio (es decir, su capacidad de transmitir la luz), la configuración geométrica del reactor y su potencia (debe permitir la máxima exposición del producto), la longitud de onda, la disposición de la fuente de luz y el perfil del flujo producido (variabilidad del flujo lumínico). Como el efecto biocida del UV depende de la distancia de la fuente de luz, son factores importantes el tiempo de exposición, la dosis y el perfil de flujo. Además, su uso está limitado a aplicaciones superficiales, en donde pueden no estar exentos cambios oxidativos (Wright y Cairns, 1998). Puede generar catálisis en la superficie, es decir, cambios oxidativos que dan lugar a enranciamiento, modificaciones del color y otras reacciones (Geveke, 2008; Jay *et al.*, 2009), por lo que no se recomienda su aplicación en alimentos ricos en grasas insaturadas (Gil-Hernández *et al.*, 2010).

Efecto hormético

El tratamiento con luz ultravioleta a bajas dosis puede inducir un estrés que resulte en una respuesta benéfica por parte del mismo tejido vegetal expuesto a radiación UV, mejorando la resistencia al ataque de ciertos microorganismos. Anteriormente se planteó el uso de UV-C para una acción directa sobre el microorganismo. En el caso de su uso para la obtención de un efecto hormético, se trata de generar una respuesta en el tejido vegetal. La dosis efectiva varía, dependiendo del tipo de fruta o verdura, entre 10 y 900 mJ/cm² (Koutchma *et al.*, 2009). Este tipo de aplicación pareciera no solo generar cambios

superficiales, sino más bien en todo el tejido: se observaron efectos protectores en batatas inoculadas con *Fusarium solani* a 12 mm por debajo de la superficie (Stevens *et al.*, 1999). El efecto benéfico del uso en bajas dosis de UV-C podría deberse a la formación de fenilalanina amonio-liasa en la superficie de las frutas y verduras y, posteriormente, compuestos fenólicos tóxicos, como fitoalexinas (Domínguez y Parzanese, 2011). Es necesario tener sumo cuidado con el tratamiento, ya que se han registrado casos en donde la exposición a altas dosis generó daños en los tejidos de frutas (Ben-Yehoshua *et al.*, 1992), pimientos (Mercier *et al.*, 2001) y bananas (Terry y Joyce, 2004).

Andrade-Cuvi *et al.* (2013) estudiaron sobre el efecto hormético de la radiación UV-C en naranjilla (*Solanum quitoense*). Se trataron las muestras de naranjilla con una dosis de luz UV-C de 12,5 kJ/m² y luego se inocularon con *Rhizopus* y *Phytophthora*, teniendo también una muestra control (no irradiada y no inoculada) y otra inoculada no irradiada. Se observó que las muestras tratadas con luz UV-C a una dosis de 12,5 kJ/m² presentaron una mayor resistencia a los deterioros (medidos a través del porcentaje de pérdida de peso, reducción de diámetro, firmeza, color superficial y un índice de daño) ocasionados por *Rhizopus* (podredumbre blanda) y *Phytophthora* (tizón tardío), al cabo de 12 días de almacenamiento. A pesar de presentar mejores resultados que las muestras control y las sin tratar, no se encontraron diferencias significativas, haciendo falta más estudios sobre el efecto benéfico que generan los cambios a nivel submolecular para la resistencia del producto posterior a la cosecha.

Stevens *et al.* (2004) estudiaron sobre los efectos horméticos de la radiación UV-C en la actividad de la poligalacturonasa en tomates inoculados con *Rhizopus*. Los tomates fueron esterilizados con etanol al 95 % y luego inoculados a partir de una herida de un espesor de 3 mm. Las muestras se trataron con una dosis de 3,6 kJ/m² de UV-C por 5 minutos, y luego se almacenaron por 4 días en un ambiente oscuro junto con muestras control y muestras inoculadas sin tratamiento previo con UV-C. Se observó que los tomates tratados se mantuvieron significativamente firmes por más tiempo que las muestras control y las no tratadas pero inoculadas, y denotaron una disminución en la actividad de la poligalacturonasa (enzima hidrolasa del polímero de pectina) de hasta un 40 % en comparación con las demás muestras luego de 72 horas. El ablandamiento de los tomates está asociado a la actividad de

enzimas que atacan la pectina, por lo que era esperable que, tras reducir la actividad de la poligalacturonasa, el tomate se mantuviera firme más tiempo. La penetración de la infección fue de 13,4 mm (100 % infectada) en muestras inoculadas no tratadas y de 5,3 mm (47 % infectada) en muestras tratadas, lo que supone que los efectos horméticos del uso de UV-C en bajas dosis no son solo superficiales.

En conclusión, un tratamiento hormético parece presentar dos efectos en productos frescos: protección contra fitopatógenos y el retraso en el tiempo de podredumbre. Estos efectos podrían resultar beneficios colaterales para productos como especias y granos, donde no siempre todas las superficies reciben las mismas dosis bactericidas.

Fotorreactivación y mutaciones

Las bacterias sobrevivientes al tratamiento de radiación UV-C que posteriormente fueron expuestas a la luz mostraron signos de fotorreactivación y necesitaron una dosis por encima de los 400 J/m² para volver a inactivarse (Domínguez y Parzanese, 2011).

El ADN celular puede fotorreactivarse cuando las células dañadas se exponen a longitudes de onda superiores a 330 nm. La enzima fotoliasa monomeriza los dímeros formados de ciclometilpirimidina después de la radiación. Esto es simplemente controlado con un ambiente oscuro por un tiempo determinado postratamiento (Wright y Cairns, 1998).

El anterior no es el único mecanismo de reparación con el que cuentan los microorganismos. Estos pueden recuperarse ‘a oscuras’, en ausencia de luz visible, a través de tres métodos (Yaun, 2002):

- a. reparación por escisión de nucleótidos (NER, por sus siglas en inglés): sistema exclusivo para ADN dañado por UV. Se remueve el segmento dañado de una de las cadenas de ADN y las polimerasas usan la cadena sana para sintetizar el segmento complementario, que luego serán unificados por ligasas.
- b. reparación por respuesta SOS: el ciclo celular es detenido y se induce a la reparación y la mutagénesis del ADN, con la intervención de la proteína RecA en procariontes y Rad51 en eucariotes. En procariontes, estas proteínas degradan al represor genético de las polimerasas de bypass, LEXA. Las polimerasas de bypass rellenan los segmentos

huecos y se separan, dando lugar a que la ADN-Pol III continúe la síntesis. En eucariotas, las polimerasas de bypass son habituales en el citoplasma, haya daño o no, actuando solo cuando se produce la señal. La abrazadera de ADN (antígeno nuclear de células en proliferación o PCNA, en inglés) aumenta la cantidad de ubiquitinas, las cuales permiten la unión con las polimerasas bypass, pero, a diferencia de la ubiquitinación normal, no provoca la degradación por parte de los proteosomas.

- c. reparación posreplicación: incluye distintos tipos de reparaciones todavía en estudio. Las polimerasas que intervienen pueden ser activadas por presencia o ausencia de errores y la replicación del ADN dañado es quizás facilitada por proteínas de recombinación que confieran resistencia a la radiación ionizante. En bacterias, esta actividad está regulada por la respuesta SOS.

Modelo cinético

La bibliografía existente permite establecer un modelo cinético para alcanzar una reducción de 4 log (99,99 %) (presentando casi una curva lineal), el cual depende del microorganismo y la matriz donde se encuentre, según la ecuación (1). La radiación UV emitida se mide en watts (W) y la intensidad en W/m^2 . La dosis ($D= J/m^2$) necesaria de cada microorganismo para reducir la carga es el producto de la intensidad de la radiación ($I= W/m^2$) y el tiempo de exposición ($t=s$). Puede expresarse en $mJ/cm^2= \mu W s/cm^2$.

$$D (J/m^2) = I (W/m^2) \times t (s) \quad (1)$$

La resistencia de cada organismo es variada: influye la matriz en la que se encuentren y la especie.

En general, las bacterias presentan la menor resistencia, seguido de los virus y, por último, las esporas bacterianas (Wright y Cairns, 1998). En la Tabla IV se detallan algunos ejemplos.

Tabla IV. (J/m^2) Dosis necesaria para una reducción 4 log de diversos microorganismos, a una longitud de onda de 254 de UV.

Microorganismo	Exposición requerida sin fotorreactivación (J/m^2)	Exposición requerida con fotorreactivación (J/m^2)
<i>Escherichia coli</i> ATCC 11229	100	280
<i>E. coli</i> ATCC 23958	50	200
<i>E. coli</i> NCTC 5934	90	215
<i>E. coli</i> NCIB 9481	100	180
<i>E. coli</i> salvaje	110	270
<i>Enterobacter cloacae</i>	100	330
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	110	310
<i>Citrobacter freundii</i>	80	250
<i>Yersinia enterocolitica</i>	100	320
<i>Salmonella</i> Typhi	140	190
<i>Salmonella</i> Typhimurium	130	250
<i>Serratia marcescens</i>	130	300
<i>Enterocolitica faecium</i>	170	200
<i>Vibrio cholerae</i> salvaje	50	210
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	110	190
<i>Mycobacterium smegmatis</i>	200	270
Polio virus (Mahoney)	290	-
Rotavirus SA 11	350	-
<i>Staphylococcus aureus</i> fago A994	380	-

Fuente: Worobo y Hartman, 2000.

La relación entre la dosis necesaria y la resistencia inherente de un microorganismo puede representarse como la ecuación (2):

$$N = N_0 e^{-kt} \quad (2)$$

Donde:

N_0 = número inicial de microorganismos

N = número de microorganismos después del tratamiento

k = constante de velocidad de inactivación

I = intensidad a 254 nm

t = tiempo de exposición (s) (Wright y Cairns, 1998).

Con estas fórmulas es posible modelar y estimar tanto la dosis como la supervivencia de cualquier microorganismo frente a un estímulo de luz UV-C y serán utilizadas en el estudio de caso que se desarrollará en el capítulo 6 para determinar los tiempos de exposición necesarios.

En la Figura 7 se muestra un ejemplo con dos curvas de supervivencia, obtenidas a partir del tratamiento de granos con radiación UV-C en su superficie. Para ambas curvas se utilizaron microorganismos encontrados en la superficie misma del grano. Para la curva correspondiente a bacterias se registró la presencia de *Bacillus* y *Pseudomonas* (Hidaka y Kubota, 2006). Se observa la relación inversa entre el índice de supervivencia y el tiempo de procesado.

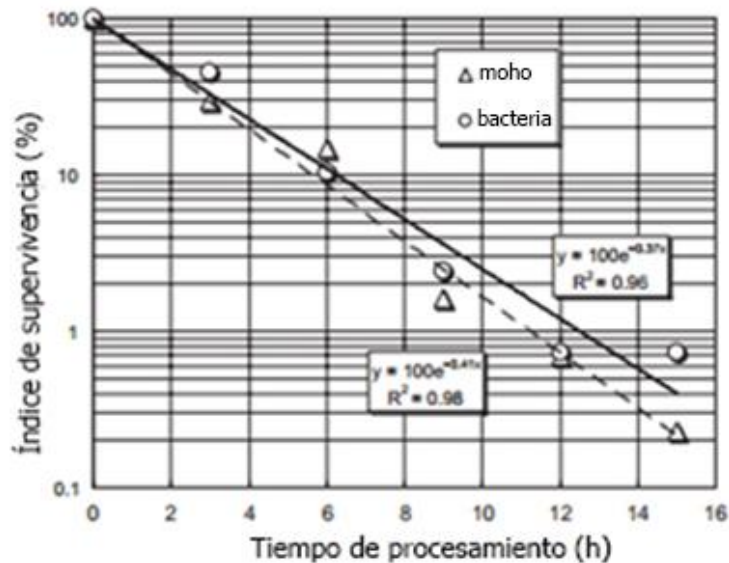


Figura 7 Curva de supervivencia de microorganismos (*Bacillus* y *Pseudomonas* para la curva de bacterias, y moho) en granos. (Hidaka y Kubota, 2006).

Otra aplicación de la radiación UV: luz UV pulsada

La luz UV pulsada, también conocida como luz pulsada, luz blanca de amplio espectro, luz de alta intensidad, o luz blanca pulsada abarca un rango de longitudes de onda entre 100 y 1100 nm. La energía se almacena en un capacitor y se libera en una explosión o estallido pequeño, lo que magnifica la potencia (Bialka y Demirci, 2007; Bialka y Demirci, 2008). Al tener un espectro de radiación más amplio que la UV, no será objeto del presente estudio.

Ventajas y desventajas de la radiación UV y su uso

Ventajas

- No produce alteraciones organolépticas significativas en la mayor parte de los alimentos, esto se debe mayormente por tratarse de un método no térmico.
- No genera productos secundarios indeseables en el producto donde se aplique.
- Al ser una tecnología no ionizante, no produce residuos químicos ni radiación con el uso, generando escaso impacto ambiental.

- Su uso es efectivo para la desinfección de diversas superficies, siempre y cuando haya una total exposición a la fuente de luz.
- Su uso es eficaz para la inactivación de microorganismos, debido a la formación de dímeros de pirimidina.
- Un equipo con lámparas UV-C es de fácil instalación, aplicación y control, como se desarrollará en el Capítulo 6.
- La instalación de un equipo de lámparas UV-C es de bajo costo de operación y mantenimiento.
- El uso de radiación UV-C para inactivación de microorganismos es efectiva en aire, líquidos y sólidos (Yaun, 2002).
- Al no ser ionizante, no se corre el riesgo de sobredosis.
- El uso de radiación UV-C no genera olores en el ambiente o en el producto.
- Requiere relativamente poco tiempo de contacto.

Desventajas

- Los organismos protegidos por la matriz del alimento o por sólidos como polvo no son afectados, debido a que es necesaria la exposición directa del microorganismo a la radiación UV-C.
- La radiación UV-C tiene poca penetración, permite solo un uso superficial.
- Una exposición directa o prolongada a la radiación UV-C, sin la protección adecuada, puede dañar la vista y causar quemaduras en operadores o usuarios.
- La efectividad de la inactivación microbiológica depende de la distancia de la fuente de luz al producto a tratar.
- Sin un postratamiento adecuado del producto, puede producirse una fotorreactivación de microorganismos (Domínguez y Parzanese, 2011).

- La radiación UV-C no tiene efecto residual sobre el producto, es decir que es posible la recontaminación del producto tratado.
- Un equipo de UV-C requiere instalación eléctrica para su uso.

CAPÍTULO 3: Legislación del uso de radiación UV

Legislación local

Código Alimentario Argentino y Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo

En Argentina, las disposiciones higiénico-sanitarias y bromatológicas y la identificación comercial del Reglamento Alimentario quedan legisladas a partir de la Ley n.º 18.284, con la denominación de Código Alimentario Argentino (CAA) (Ley 18.284, Art. 1). Esta ley tiene jurisdicción en todo el país (Ley 18.284, Art. 2), y los entes nacionales encargados de su cumplimiento son la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT), organismo descentralizado de la Administración Pública Nacional, y el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), organismo descentralizado, autárquico y dotado de personería jurídica, dependiente del Ministerio de Agroindustria de la Nación. En el CAA solo se contempla brevemente el uso de UV en aguas (CAA b), donde se menciona que puede utilizarse como tratamiento para conservar o mejorar sus características físicas, químicas, microbiológicas o sensoriales, sin especificar límites de tratamiento o regulación alguna. Sobre radiaciones ionizantes, sin embargo, se detallan sus usos y condiciones en el Capítulo III, Art. 174. En el mismo se define ‘conservación por radiación o energía ionizante’ como el sometimiento de los alimentos a la acción de rayos gamma de radionucleidos de Co^{60} o Cs^{137} , rayos X o electrones generados por máquinas que trabajen a energías de 10 MeV o inferiores (CAA a).

En la ley 19.857 de higiene y seguridad en el trabajo, Decreto 351/1979, Artículo 63, se trata la exposición a radiaciones no ionizantes, aunque esta se refiere a exposiciones a radiaciones ultravioletas nocivas provocadas por trabajos de soldadura o afines. Sin embargo, explicita que el operario sea instruido de forma repetida, verbal y escrita sobre el riesgo al que está expuesto, y se le proporcione material adecuado de protección, como anteojos o máscaras protectoras que absorban radiaciones, guantes y cremas para las partes del cuerpo que queden al descubierto.

Legislación internacional

Estados Unidos

En EE. UU. el organismo encargado de la regulación de alimentos es la Food and Drug Administration (FDA). En la parte 179 del subcapítulo B, capítulo 1 del título 21 del Code of Federal Regulations (CFR), ‘Food for human consumption (Alimentos para consumo humano)’, perteneciente al Food and Drugs Act de 1906, se permite el uso de radiación ultravioleta para el proceso y tratamiento de alimentos, siempre que se utilicen, como fuente de radiación, lámparas de mercurio de baja presión que emitan una longitud de onda de 253,7 nm (2.537 Å). Además, de tratar alimentos y productos alimentarios o agua potable, deberán atenerse a las siguientes limitaciones:

- Alimentos y productos alimentarios: no debe producirse ozono: alimentos con alto contenido graso serán irradiados al vacío o en una atmosfera inerte; la intensidad máxima de radiación será de 1 W en volúmenes de entre 5 y 10 ft.² (entre 0,46 y 0,93 m²),
- Agua potable en producción de alimentos: no debe producirse ozono; coeficiente de absorción mínimo de 0,19 cm⁻¹; caudal máximo de 100 galones/hora por watt a 2537 Å; profundidad del agua de 1 cm o menos; temperatura de las lámparas entre 36 °C y 46 °C; y
- Jugos, el producto pasará a través de conductos con un número de Reynolds mínimo de 2200 (flujo turbulento), para la reducción de patógenos y otros microorganismos (FDA)

Unión Europea y Codex Alimentarius

En la Norma General del Codex para los Alimentos Irradiados, Codex STAN 106-1983, rev. 1-2003 (CAC, 2003), al igual que en el Código Alimentario Argentino, no se considera a la radiación UV-C. Sólo se establecen los límites y parámetros para la irradiación ionizante (generada por rayos gamma, X o electrones que funcionen a una energía igual o inferior a 10 MeV); aunque se están realizando investigaciones a cargo de la EFSA (del inglés ‘European Food Safety Authority) sobre la seguridad del uso de UV-C en alimentos.

En síntesis – Mejoras y propuestas

En las legislaciones actuales se considera el uso de UV-C mayormente en aguas y superficies, sin especificar características técnicas. EE. UU. es el único país que especifica y detalla sobre su uso en alimentos además de agua. Para especias, en el Código Alimentario Argentino solo se encuentra regulada la irradiación ionizante (Capítulo XVI, Art. 1201bis). En un panorama mundial, actualmente ningún país cuenta con una regulación definida del uso de esta tecnología. No se han encontrado antecedentes de investigaciones de su uso en especias en el organismo competente de la Unión Europea (EFSDA), Codex Alimentarius, ni americanos, como la FDA o el USDA.

Se presenta así una oportunidad para ser pioneros en el campo legislativo de una nueva tecnología. La información podría ser suficiente para respaldar un cambio normativo, por el cual se incluyan las formas no ionizantes de radiación como método alternativo de reducción microbiológica, y así permitir el desarrollo del uso de UV-C y de la luz pulsada. Se deberá llegar a un acuerdo también si son necesarias las regulaciones de rotulación que requieren otros métodos (como, por ejemplo, la radiación gamma).

CAPÍTULO 4: Estado del arte - Revisión de literatura

Uso actual

Actualmente, la radiación UV-C se usa en la industria de alimentos para la desinfección de empaques, superficies de trabajo, agua y aire (Antonio-Gutiérrez *et al.*, 2012), pero se han llevado a cabo estudios sobre su uso aplicado directamente a alimentos desde la década del noventa.

Investigaciones

Worobo y Hartman (2000) mencionan que el uso de UV-C estaba siendo estudiado sobre patógenos de riesgo como *E. coli* O157:H7 y *Cryptosporidium parvum* en jugos, como una alternativa a los tratamientos térmicos convencionales.

Yaun (2002) estudió el efecto de la aplicación de UV-C sobre *Salmonella* spp y *Escherichia coli* O157:H7 inoculadas en la superficie de manzanas deliciosas, hojas de lechuga y tomates. Las muestras fueron tratadas con dosis entre 1,5 – 24 mW/cm² y los recuentos posteriores se realizaron en TSA (Agar Soja Tripteína) con 50 ppm de ácido nalidíxico. La mayor reducción de la población microbiológica se presentó en la superficie de manzanas inoculadas con *E. coli* O157:H7 (alrededor de 3,3 log a 24 mW/cm²). Si bien los tomates y hojas de lechuga presentaron reducciones menores en su superficie (2,19 para *Salmonella* en tomates y 2,65 y 2,79 en *Salmonella* y *E. coli* respectivamente en lechuga), no se encontraron diferencias significativas en el uso de diferentes dosis para el tratamiento. Una posible razón por la menor descontaminación del tomate puede ser por la cubierta con cera de grado alimentario que lo cubría o la competencia de la microbiota residente.

Hidaka y Kubota (2006) realizaron un estudio sobre la esterilización de trigo, utilizando un equipo experimental de UV-C de batch discontinuo. Se concluyó, según los parámetros diseñados, que para obtener una reducción del 90 % de la carga microbiológica se necesitaban 6,3 horas para bacterias y 5,6 para mohos, usando una longitud de onda de 254 nm y una irradiancia de 97 W/m². La cantidad de energía necesaria para esta reducción se estimó de 3,6 MJ/t. Se realizaron estudios de la calidad del producto final, midiendo la

germinación y viscosidad, y se concluyó que el tratamiento no afectaba al producto de manera significativa.

Geveke (2008) estudió la inactivación de *E. coli* en clara de huevo líquida, en pos de esterilizar con un tratamiento no térmico y evitar el daño de las características funcionales de la clara de huevo. El sistema diseñado consistía en lámparas de mercurio de baja presión con tuberías para UV, a través de las cuales se bombeaba clara de huevo inoculada con *Escherichia coli* K12. El caudal empleado fue de 330 ml/min y se trataron a distintos tiempos (entre 0 y 160 s), temperaturas (30 a 50 °C) y pH (7 a 9). Se obtuvo el mejor resultado al mayor tiempo de exposición (Figura 8) y temperatura (Figura 9) y se observó una relación lineal de la inactivación. Otro aspecto interesante fue la dependencia de orden inverso con el pH (Figura 10). Se concluyó que el método presentaba potencial para un futuro uso en claras de huevo.

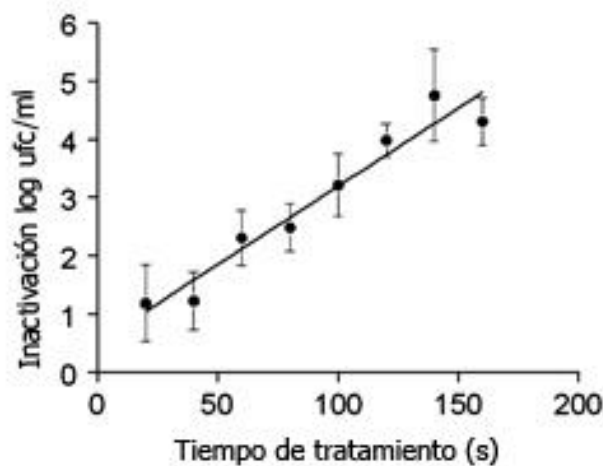


Figura 8 Efectos del tiempo en la inactivación de *E. coli* a 50 °C y un pH de 8,8 (Geveke, 2008).

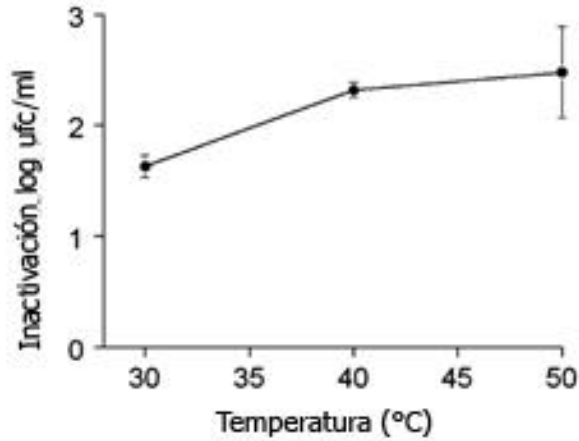


Figura 9. Efectos de la temperatura en la inactivación de *E. coli*, con 80 s de exposición y un pH de 8,8. (Geveke, 2008).

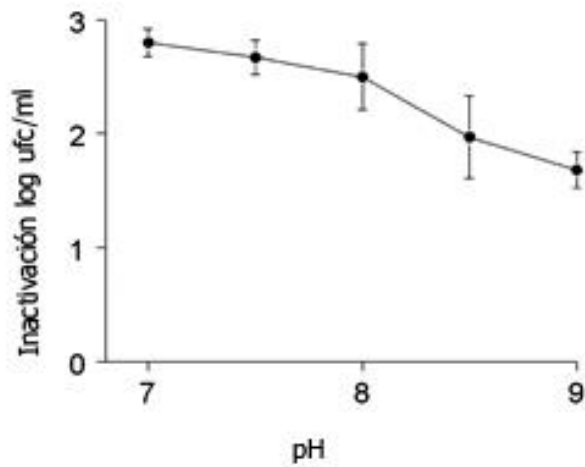


Figura 10 Efecto del pH en la inactivación de *E. coli*, a 50 °C y un tratamiento de 80 s (Geveke, 2008)

Schenk *et al.* (2008) investigaron sobre la respuesta de algunos microorganismos al tratamiento con UV en peras recién cortadas. Se trataron cepas de *Listeria innocua* ATCC 33090, *Listeria monocytogenes* ATCC 19114, *Escherichia coli* ATCC 11229 y *Zygosaccharomyces bailii* NRRL 7256 en dosis entre 0 y 87 kJ/m². Se obtuvieron los resultados esperados (Figura 11): a mayor dosis, mayor inactivación. En las muestras de peras sin piel se notaron mejores resultados del tratamiento que en las que conservaron la piel.

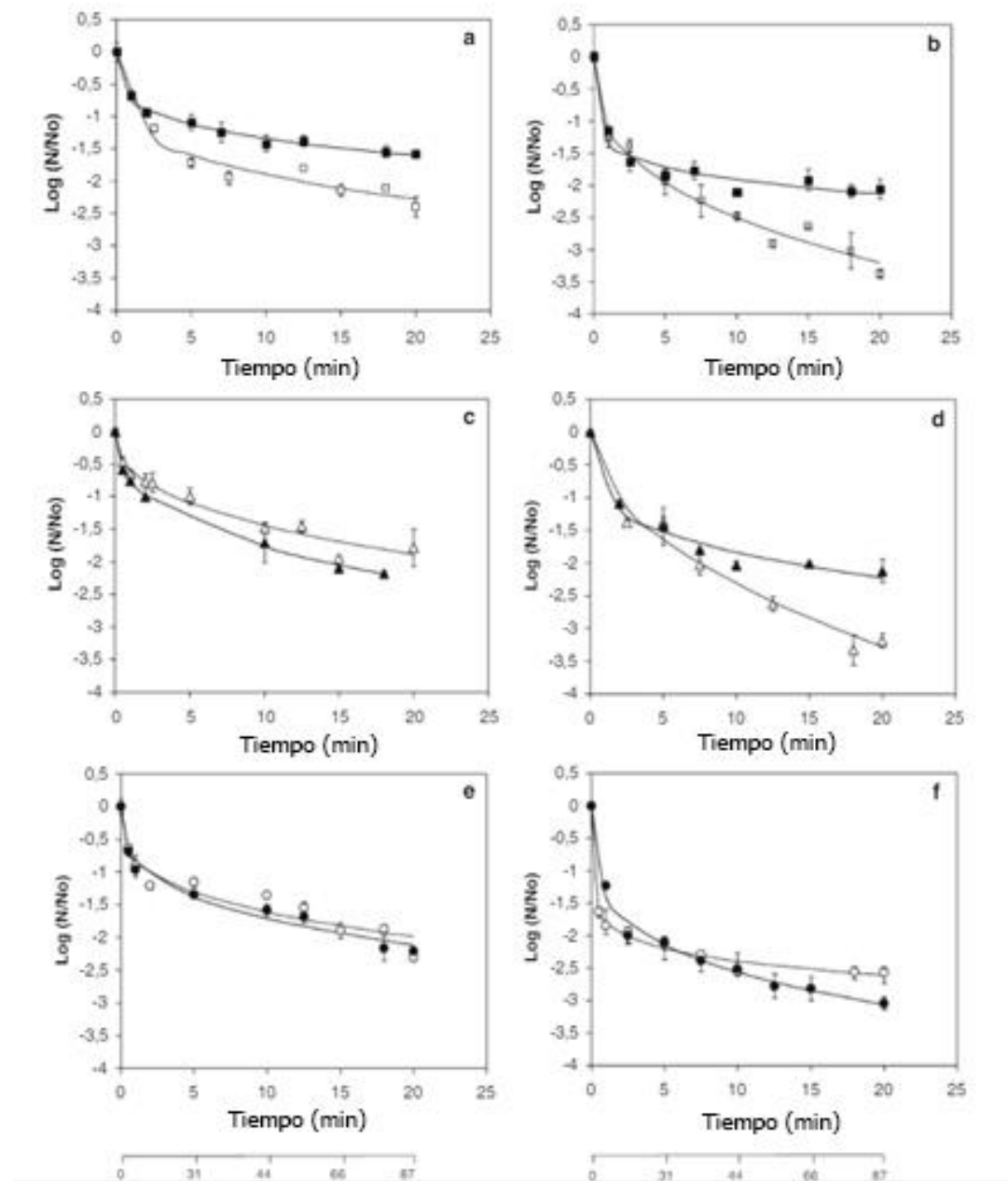


Figura 11 Efectos de UV-C en curvas semilogarítmicas de monocultivos (símbolo vacío) o mezclas (símbolo negro). a, c y e son las muestras de peras con piel, mientras que b, d y f son las muestras sin piel. a y b: *L. innocua* (vacío) y cóctel (negro); c y d: *L. monocytogenes* (vacío) y cóctel 1 (negro); e y f: *Z. bailii* (vacío) y cóctel 3 (negro) (Schenk et al, 2008)

Azhuvalappil *et al.* (2010) compararon tres métodos de procesamiento de jugo de manzana (calor, campo eléctrico pulsado y luz UV), para determinar sus equivalencias en el mantenimiento de la calidad en el almacenamiento. Para estandarizar la comparación de los métodos, se trataron las muestras de jugo inoculadas con *Escherichia coli* K12 hasta llegar a

una reducción de 6 log. Luego del tratamiento se controlaron las muestras por 4 semanas y se midieron las características sensoriales, la población microbiológica (aerobios totales y hongos y levaduras), el color y las propiedades físicas (pH y °Brix). El uso de campo eléctrico pulsado obtuvo los mejores resultados: mantuvo la calidad microbiológica por las cuatro semanas, no se vieron afectadas las características físicas (o el color) del producto y las pruebas triangulares indicaron diferencias significativas a su favor en la intensidad del olor. La muestra de jugo tratada con UV presentó diferencias significativas respecto de la muestra tratada con campo eléctrico pulsado con un recuento de hongos y levaduras mayor al cabo de dos semanas de almacenamiento y su color se aclaró durante el período completo de almacenamiento, al igual que la muestra tratada con calor.

Char *et al.* (2010) estudiaron el efecto del ultrasonido (20 kHz, 95 μ m de amplitud de onda) y la radiación UV-C sobre la supervivencia de *Escherichia coli*, *Saccharomyces cerevisiae* y un cóctel de levaduras en jugos de naranja (pH 3,5; 9 °Brix), manzana (pH 3,1; 12 °Brix) y agua de peptona (0,1 % p/p). Para el tratamiento con ultrasonido se usó una celda de flujo continuo de acero inoxidable, con una sonda de 13 mm, permitiendo un caudal de 0,2 l/min; 40 °C. Para el tratamiento con UV-C, se utilizó una lámpara de 100 W de 90 cm de longitud dentro de una cámara cilíndrica que permitía un caudal de 0,2 l/min, a 40 °C. Las pruebas se realizaron en simultáneo y en continuo, recirculando las muestras inoculadas. Se tomaron muestras cada tiempo estipulado y se midieron los resultados con recuentos en placa. Tanto en jugo de manzana como en el agua de peptona, UV-C causó una mayor inactivación de *E. coli* ATCC 35218 (alrededor de 4,5 log) que el ultrasonido (hasta 2,2 log), aunque tuvo una mayor dependencia al medio. Para el jugo de naranja, se compensó el bajo rendimiento del UV-C con el ultrasonido. La letalidad del ultrasonido en microorganismos se debe al fenómeno de cavitación (Rhaman, 1999), liberando grandes cantidades de energía en forma de calor y ondas de alta presión. La combinación de UV-C con otros métodos que por sí solos no son muy efectivos para la inactivación de microorganismos (el ultrasonido requiere tratamientos de tiempo prolongado) mostró resultados prometedores para superar la limitación de medios con partículas en suspensión.

Li *et al.* (2011) estudiaron la inactivación del **Norovirus Murino 1**, Colifago ϕ X174 y el fago B40-8 de *Bacillus fragilis* en superficies de discos de acero inoxidable y lechuga

repollada cortada, usando una combinación de peróxido de hidrógeno (líquido y gaseoso) y luz UV. Para la lechuga, se hizo una mezcla con los virus y se los dejó incubando hasta el día siguiente a 2 °C. Los resultados mostraron una reducción de 4 log de MNV-1 y φX174 en los discos de acero inoxidable tras 10 minutos de exposición a peróxido líquido. Se necesitó mayor proporción de peróxido líquido para obtener el mismo resultado con el fago B40-8. El peróxido gaseoso solo generó una reducción marginal al cabo de 5 minutos de exposición (≤ 1 log), pero en combinación con luz UV logró una reducción de 4 log en el mismo tiempo. Resultados análogos se obtuvieron en las hojas de lechuga repollada, pero con reducciones menores, estableciendo el carácter prometedor de la combinación de estas tecnologías para un menor uso de agua y desinfectantes.

Rodríguez *et al.* (2011) presentaron el caso del paraje El Pesado, en Misiones, en donde se construyó un desinfectador UV-C de agua como respuesta tecnológica al incremento de casos de afecciones gastrointestinales en niños en comunidades rurales aisladas. El trabajo formó parte de los programas de Extensión Social, dentro de las Unidades Productivas Tipo, Unidad de Extensión Puerto Iguazú y Coordinación de Transferencia de Conocimientos de Apropiación Colectiva. El prototipo del desinfectador UV-C tiene una capacidad de caudal máxima de 3600 litros/hora de agua. Se trata de un equipo robusto, escalable, económico y posible de fabricar con mano de obra local, para que pueda ser instalado en comunidades pequeñas con problemas sanitarios en la calidad de agua. Este equipo no potabiliza el agua, si no que forma parte de un sistema mayor de potabilización.

Hamanaka *et al.* (2011) investigaron la descontaminación de la superficie de higos, uno de los productos alimenticios de más corta vida útil, utilizando radiación infrarroja y ultravioleta. Los mejores resultados tanto en hongos como en levaduras se obtuvieron mediante la combinación de ambas tecnologías, sin importar el orden de aplicación. Las muestras se inocularon con cepas autóctonas del higo. Se observaron pocos cambios desfavorables en el color, la dureza y la respiración del producto. En las muestras control, antes del almacenamiento, el recuento de hongos era de aproximadamente 3,2 log y luego de 2 días almacenado a 15 °C había aumentado en 0,4 log. Las muestras tratadas con solo UV o infrarrojo presentaron un incremento de 0,5 log al cabo de dos días, pero en el recuento final presentaron entre 1 y 2,5 log menos que las muestras control. En el tratamiento secuencial con

ambas tecnologías, en cambio, se percibió una disminución posterior al tratamiento de 3 log (al tratarse 30 minutos con IR y 30 minutos con UV-C) y luego de 2 días se observó una reducción 3,2 log mayor que la muestra control. Para IR15-UV15 también disminuyó el recuento de hongos y levaduras en comparación con la muestra control, pero la diferencia no se mantuvo luego de 2 días de almacenamiento. Las muestras control, IR 30 y IR15-UV15 presentaron pudriciones características de levaduras, mientras que en las muestras IR30-UV30 hubo una inhibición de las mismas, pudiéndose concluir que, en general, el uso de infrarrojo inhibió principalmente a la población de moho y la radiación UV, a las levaduras. Las muestras dañadas presentaron crecimiento de hongos y levaduras al cabo de los 2 o 3 días de almacenamiento. Se concluyó también en este estudio que el uso de ambas tecnologías en secuencia tiene ventajas para la prevención de contaminación cruzada y el manejo posterior a la cosecha –ya que el tratamiento se aplicaría luego de la recolección y además de un efecto positivo en la preservación del ambiente, por la baja energía necesaria, entre otras.

Erdogdu y Ekiz (2011) estudiaron el efecto de la luz ultravioleta y el infrarrojo lejano en semillas de comino. Se trataron muestras de comino con IR lejano a distintos tiempos y temperaturas, seguido de un tratamiento continuo de dos horas de UV-C a una intensidad de 10,5 mW/cm². El equipo de infrarrojo consistía en 48 emisores de cerámica que alcanzaban una temperatura máxima superficial de 553 °C y contaba con reflectores de aluminio para homogeneizar la radiación. Para el tratamiento de UV se usó un gabinete a escala de laboratorio, con 4 lámparas de baja presión germicidas de una longitud de onda de 253,7 nm y una potencia individual de 25 W; el interior estaba recubierto de aluminio para evitar sombras y redireccionar adecuadamente el haz de luz. Luego del tratamiento se evaluaron distintos parámetros de calidad del producto, además del análisis microbiológico. Se cuantificó la humedad y el contenido de aceites volátiles, cambios en el color y pérdidas de peso. El tratamiento de las muestras se realizó en tres etapas: primero se expusieron muestras de comino a Infrarrojo lejano a distintos tiempos y temperaturas; luego se expusieron muestras a una intensidad constante de 10,5 mW/cm² de radiación UV-C y distintos tiempos de tratamiento; y por último se expusieron muestras a ambos tratamientos, variando la temperatura y tiempos de exposición de Infrarrojo, pero manteniendo un tiempo de 2 horas de exposición a la radiación UV-C. Para alcanzar el recuento total de aerobias mesófilas y levaduras requerido por la legislación de Turquía (10⁴ UFC/g para aerobias mesófilas y 10²

UFC/g para mohos y levaduras), partiendo de una concentración inicial de entre 5×10^4 y 4×10^5 UFC/g para bacterias aerobias mesófilas y $1 \times 10^3 \pm 5 \times 10^2$ UFC/g para mohos y levaduras, se necesitaron tiempos de entre 5 y 2 minutos de tratamiento de IR, demostrando así ser efectiva para la reducción de microorganismos en cortos períodos de tiempo. Esto se debe a la rápida transferencia de calor por radiación. El tratamiento con únicamente UV fue menos efectivo: la carga microbiológica se redujo 0,6 log en 60 minutos. Sin embargo, al combinar una exposición de 2 horas de UV con los distintos tratamientos de infrarrojo (200 °C, 250 °C y 300 °C) se obtuvieron reducciones mayores, con incrementos de entre 0,54 y 1,65 log. Cabe destacar que con el tratamiento combinado también se eliminaron completamente bacterias coliformes y coliformes fecales de las muestras. Esta sinergia se le atribuye a que el UV haya sido más efectivo sobre las células ya dañadas por infrarrojo. El infrarrojo también tuvo un gran efecto en el recuento de mohos y levaduras, a diferencia del UV, que no mostró cambios en el contenido promedio de las muestras de comino de $1 \times 10^3 \pm 5 \times 10^2$ en tiempos de 45 y 60 minutos. En tiempos de 1,57, 1,9 y 2,8 minutos a 300, 250 y 200 °C, respectivamente, se obtuvo la reducción total de los mohos y levaduras de las muestras tratadas con IR. En cuanto a cambios en los parámetros de calidad, se midieron los efectos en humedad, aceites volátiles y cambios de color y peso. No se consideró que haya habido cambios significativos en su calidad sensorial (cambios de color o de contenido de aceites esenciales), pero hubo pérdida de agua y peso a mayores tiempos de exposición y altas temperaturas, lo cual tiene consideraciones económicas.

Equipos UV-C actuales

Existe gran variedad de equipos para usos sanitarios, de distintas formas y tamaños, dependiendo del uso planificado. En esta sección se describirán brevemente los equipos actualmente en uso para aplicación de luz UV-C directamente sobre alimentos, ya sean líquidos o sólidos.

Alimentos sólidos

Reyco Systems Inc. (Meridian, Idaho) propone un equipo que permite procesar más de 6 toneladas de producto por hora, en forma de tambor rotatorio con 32 lámparas UV-C de mercurio de baja presión (60 a 70 W) (Figura 12). Estos tambores logran una reducción de

3 log (99,9 %) de la contaminación microbiológica inicial. El equipo con estas especificaciones es actualmente utilizado por Washington Potato Co, que la utiliza para papas que luego son reprocesadas (Antonio-Gutiérrez *et al.*, 2012; Scheir, 2009).



 UVC DECONTAMINATION

UV Drum
 UVC light applied within the Tumbling Drum will effectively destroy Coliform, Salmonella, E.coli, Staphylococcus, Listeria, and Anthrax on your products prior to packaging. REYCO can design and build a custom-engineered drum to fit your needs.

Figura 12 Tambor rotatorio (Reyco Systems 2016)

C&S Equipment Co. propone otro tambor rotatorio (Figura 13), además de una banda transportadora, para permitir el movimiento del alimento (frutas, carnes y hasta productos congelados) y su correcta exposición a la radiación. Utiliza lámparas UV-C de Steril Aire Inc (Burbank, California), que operan a entre 70 y 85 W (Antonio-Gutiérrez *et al.*, 2012).



Figura 13 Tambor rotatorio de C&S Equipment Co. (Thomas Publishing Company, 2003)

También se utilizan en la industria túneles de descontaminación para carnes y pan. La empresa DARO UV SYSTEMS LTD (UK) fabrica estos túneles a la medida del productor (Figura 14).



Figura 14 Túnel de descontaminación de Daro UV Systems LTD (Daro UV Systems LTD, 2010)

Otra empresa que fabrica estos túneles a medida es la estadounidense DDK Scientific Corporation, cuyos principales clientes son compañías panificadoras y frutícolas.

Alimentos líquidos

Para el tratamiento de alimentos líquidos suelen usarse equipos de UV de sistema cerrado. Estos equipos están formados por dos partes coaxiales que delimitan la zona por donde circula el alimento a tratar. En la Figura 15 se diagraman ejemplos de un equipo UV-C. En el esquema A la lámpara se encuentra en el centro y el líquido circulando por la parte anular, en un proceso similar a un intercambiador de calor de doble tubo; mientras que en el esquema B, las lámparas están ubicadas en el exterior. Dependiendo de la temperatura del alimento a tratar, es la necesidad de colocar un sistema de refrigeración, ya que puede tener un impacto sobre la energía de salida.

El flujo turbulento dentro de los tubos debe tener un valor mínimo de Reynolds de 2200 (FDA) para que el producto reciba la misma dosis uniformemente.

Sin embargo, el uso de un flujo laminar puede justificarse en alimentos como leche por sus sólidos en suspensión y grasa. En ese caso se utilizan películas muy delgadas o capilares (Antonio-Gutiérrez *et al.*, 2012). En la Figura 16 se muestra un equipo de flujo laminar utilizado para alimentos con sólidos y grasas en suspensión, como, por ejemplo, leche.

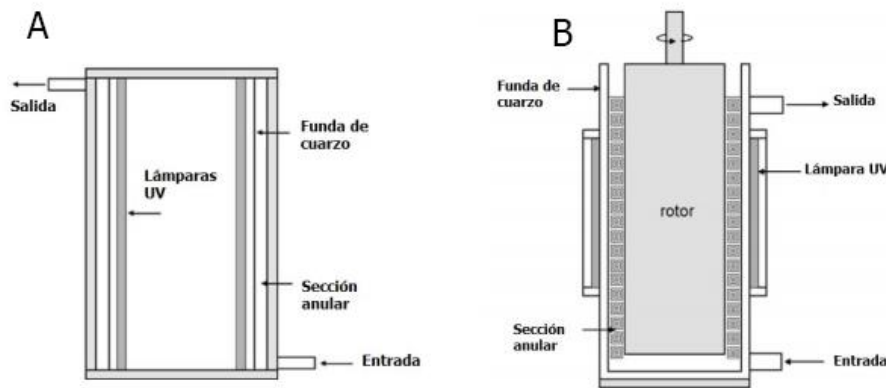


Figura 15 Ejemplos de equipos de UV-C de flujo turbulento. Se observan partes coaxiales que delimitan la zona por donde circula el alimento a tratar. En el esquema A la lámpara se encuentra en el centro y el líquido circulando por la parte anular, mientras que en el B, las lámparas están ubicadas en el exterior (Antonio-Gutiérrez *et al.*, 2012).

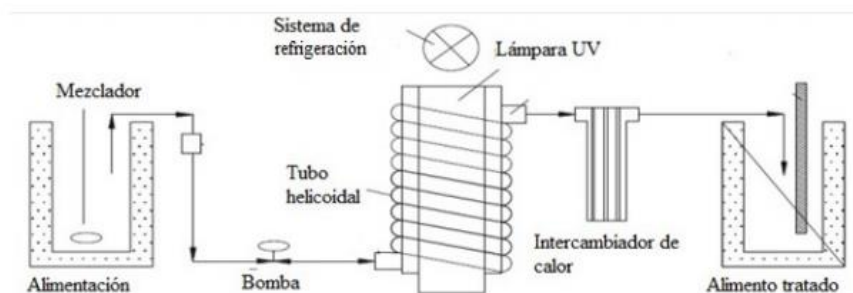


Figura 16 Ejemplos de equipos de UV-C de flujo laminar. El flujo laminar es justificable en alimentos con sólidos y grasas en suspensión, como la leche. En este ejemplo se previó la necesidad de colocar un sistema de refrigeración, ya que puede tener un impacto sobre la energía de salida (Antonio-Gutiérrez *et al.*, 2012).

CAPÍTULO 5: Estudio de la percepción del consumidor

Justificación

El estudio de la percepción del consumidor se realizó con el fin de esclarecer la relación de la radiación UV con tecnologías más tradicionales y emergentes (tratando de dilucidar si el consumidor hace una diferenciación entre las distintas tecnologías o no existe una discrepancia significativa), y los términos principales con los que se relaciona comúnmente. También se inquirió acerca de su posición respecto del rótulo y su inclusión en este en caso de que el alimento fuese tratado en algún punto de su cadena de producción.

Métodos empleados

El estudio constó tanto de un análisis descriptivo de la idea del consumidor acerca de la radiación UV, como de análisis multivariantes de las asociaciones de distintos términos en contraste a diferentes tecnologías y a la confianza que mostraron frente a cada una de las variables. Los datos se recolectaron a través de una encuesta (Anexo A) que constó de preguntas abiertas referentes al conocimiento del consumidor sobre la radiación o luz ultravioleta (se le pidió que, de conocer el término, intente definirlo y, de conocer si se usa en alimentos, ejemplifique), preguntas de opción múltiple y preguntas del tipo ‘marque todo lo que corresponda’ que abarcan principalmente la radiación ultravioleta y la percepción y conocimiento previo del consumidor. Para armar las preguntas del tipo ‘marque todo lo que corresponda’ se preguntó a personas, previo al diseño de la encuesta, términos con los que asocian ‘radiación UV’, ‘radiación gamma’, ‘rayos X’, ‘altas presiones’, ‘infrarrojo’, ‘tratamientos químicos’, ‘tratamientos físicos’ y ‘tratamientos térmicos’. En la última sección de la encuesta, para no influenciar al encuestado, se presentó el siguiente texto: ‘La luz UV, a diferencia de los rayos gamma o X, es una forma de radiación NO ionizante (es decir, no deja residuos que podrían resultar perjudiciales si no son correctamente controlados), proponiendo un método más fácil y seguro de usar para la desinfección de superficies. Además, al tratarse de una tecnología no térmica (es decir, no usa calor), no genera cambios notables en las características sensoriales de alimentos. Al saber ahora esto, ¿ha cambiado su percepción, de haber sido negativa, sobre la luz ultravioleta?’ La encuesta se realizó entre los meses de abril y septiembre de 2015 y se difundió en formato electrónico, en formato físico sin intervenir

con el encuestado y en forma personal en los casos donde el encuestado contaba con discapacidades visuales. Con la información obtenida de las preguntas abiertas sobre cómo define el consumidor la radiación UV y cuáles son los usos que conoce, se realizó una nube de palabras, representando de manera gráfica la frecuencia de mención de las palabras clave utilizadas por el encuestado. Se buscó cuantificar la confianza que presenta el público a las distintas tecnologías con respecto a la radiación UV y en comparación con las antes mencionadas, realizar un análisis de componentes principales para determinar los atributos con los que más se la relaciona y si se la distingue de las otras radiaciones, buscando correlaciones entre acepciones. Se realizó un análisis de clúster para advertir si existen tendencias entre ciertos tipos de consumidores y que porcentaje abarcan.

Nube de palabras

La nube de palabras es un sistema basado en la categorización e indexación que permite una rápida relocalización de la información y es utilizado principalmente en páginas web. La ponderación de las palabras está sujeta a la frecuencia de mención y se representa gráficamente a través del tamaño de fuente (Hassan-Montero y Herrero-Solana, 2006).

Desarrollo

Los datos de la encuesta que se tuvieron en cuenta fueron los obtenidos a partir de las preguntas abiertas contestadas por los encuestados: ‘*Si la respuesta anterior es sí (la pregunta que se referencia es ‘¿Oyó hablar de la radiación ultravioleta?’), ¿cómo definiría la radiación UV con sus propias palabras? (no más de 50 palabras)*’, y ‘*Si la respuesta anterior es sí (la pregunta que se referencia en este caso es ‘¿Sabe si se usa en la industria de alimentos?’), dé un ejemplo de su uso en la industria alimentaria que conozca (opcional)*’. A continuación se filtraron y eliminaron artículos y pronombres, así como palabras que no fueran sustantivos o adjetivos.

Para crear la nube de palabras, se utilizó la aplicación disponible en línea WordClouds de ABCya, en la cual se copiaron los términos a evaluar. La aplicación determinó de manera aleatoria la disposición y gama de colores de las 100 palabras más utilizadas en el conjunto de palabras final.

Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales es una herramienta de utilidad para analizar datos numéricos en la forma de n observaciones y p variables, permitiendo visualizar y analizar rápidamente las correlaciones entre las p variables a través de combinaciones lineales y la reducción de la dimensionalidad r (a través de un subconjunto $r < p$) creada por las combinaciones lineales, en detrimento de una pequeña parte de información (Peña, 2002).

El método se basa en ajustes ortogonales por mínimos cuadrados y fue desarrollado por K. Pearson en el año 1901 y continuado por Hotelling décadas después. La cantidad de variables que representan la mayor cantidad de información está estrechamente relacionada con la dependencia de las mismas entre ellas. A una alta dependencia habrá una menor cantidad de variables representativas (Peña, 2002).

El primer componente principal (F1) es *la combinación lineal de las variables originales que tiene varianza máxima* (Peña, 2002). Una manera simplificada de ejemplificarlo es suponer una matriz X de dimensión $n \times p$. Los valores resultantes para el primer componente se representan en un vector z_1 , definido como

$$z_1 = Xa_1 \quad (3)$$

Donde a_1 es el vector de norma unidad. Para obtener un plano de proyección de X se necesita un segundo componente (F_2), donde la suma de las varianzas de $z_1 = Xa_1$ y $z_2 = Xa_2$ sea máxima, con a_1 y a_2 como los vectores que definen el plano (Peña, 2002).

Generalizando, siendo S la matriz de varianzas y covarianzas de cada componente, la mejor representación de los puntos en el espacio de dimensión r (con $r < p$) se define por los vectores propios asociados a los r mayores valores propios de S . Estos valores se conocen como las *direcciones principales* de los datos, y definen las nuevas variables, llamadas *componentes principales* (Peña, 2002).

La utilidad del análisis de componentes principales radica en mejorar la representación de la información en menos dimensiones de las iniciales y en incorrelacionar variables originalmente correlacionadas.

Desarrollo

La encuesta incluía 8 tecnologías que constituían las variables de estudio (UV, Infrarrojo, Rayos X, Rayos Gamma, Altas Presiones, Tratamientos Térmicos, Tratamientos químicos y Tratamientos físicos), a los cuales el consumidor podía asociar con 68 términos (las observaciones o elementos), que se reseñan en el Anexo B. Se permitía relacionar más de una variable con un mismo término. Una vez pasados los datos obtenidos a un formato electrónico, se procedió al análisis de componentes principales.

Para el análisis se utilizó la herramienta para Office *xlstat*. En la sección de Análisis de datos de la barra de herramientas superior del programa (Figura 17), se seleccionó ‘Análisis de componentes principales (ACP):



Figura 17. xlstat para ACP: cómo empezar un análisis de componentes principales con el complemento de Excel.

Al abrirse la ventana de parámetros (Figura 18), se seleccionaron los rangos para la tabla de observaciones/variables y las etiquetas de las observaciones. La matriz de

variables/observaciones consistió en la frecuencia de mención de los términos en relación con las tecnologías y las etiquetas, en los rótulos de las tecnologías a evaluar.

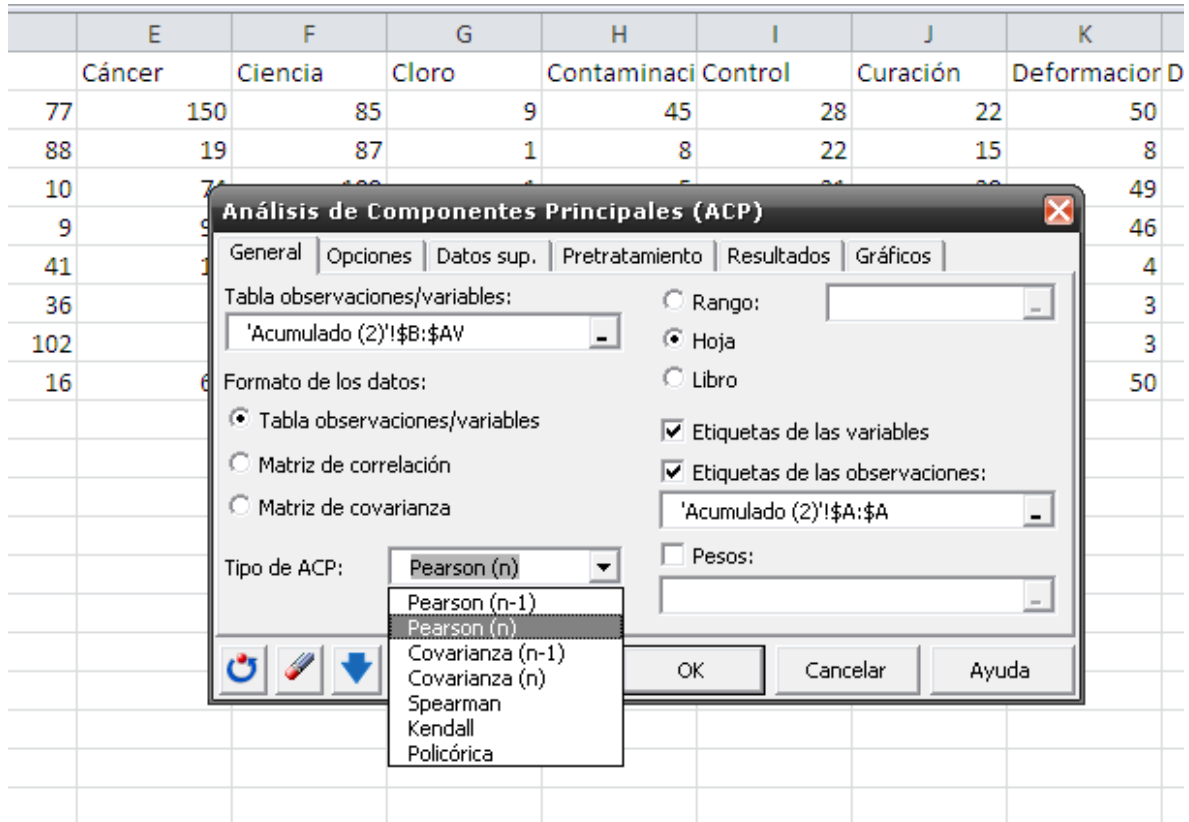


Figura 18. xlstat para ACP: elección del tipo de análisis de componentes principales.

Se eligió el ACP según Pearson, ya que permite medir el grado de correlación entre dos variables cuantitativas independientemente de la escala. Por último, se configuró un gráfico Biplot de distancia euclideana, es decir, de distancia ordinaria entre dos puntos. Un gráfico Biplot sirve para notar qué posición ocupan las variables/tecnologías respecto de estos términos/observaciones. Para saber cómo leer esta información, se tiene en cuenta el cuadro de las contribuciones de las variables para cada eje y a partir de la información se decide qué ejes se toman en cuenta para definir cuál variable en un biplot.

Análisis de clúster o Clasificación Ascendente Jerárquica

El análisis de clúster clasifica un conjunto de datos en distintos grupos, de manera que se maximicen las similitudes o se minimicen las distancias o diferencias entre componentes de

cada grupo. El conglomerado de datos inicial puede desglosarse de manera ascendente (clústeres aglomerativos, donde el número de grupos iniciales es igual al número de individuos) o descendente (clústeres disociativos, donde el número final de grupos es igual al número de individuos). Este análisis sirve para agrupar los comportamientos de los consumidores en clases fácilmente identificables. La cantidad de clases con las que se trabaja depende de distintos factores, como por ejemplo cuán homogéneas son las agrupaciones entre ellas o si en su diferencia proporciona información pertinente. En este caso se utilizó como base de datos una matriz con la confianza cuantificada (en una escala del 1 al 10, como se muestra en el Anexo A) que le generan al consumidor las variables en estudio.

Para justificar el método de clasificación por jerarquía se calculó la varianza total de la base de datos según la matriz en el Anexo C. Como se observa, la varianza total de la muestra es 46,99, la cual disminuye considerablemente si se separa la información, como se advierte en el cuadro de resultados una vez realizada la jerarquización.

Se utilizó el método aglomerativo de Ward, el cual tiene por objetivo proporcionar el menor incremento a la suma total de errores al unir dos grupos. Se calculan los centroides (donde las variables toman un valor medio, y la distancia entre los datos agrupados es mínima) de las posibles aglomeraciones y luego, en cada etapa subsiguiente se une un clúster cuyo incremento del valor total de la suma de los cuadrados de las diferencias de cada individuo al centroide sea mínimo.

El procedimiento de agrupación se representa en un árbol de clasificación, o ‘dendrograma.’ Un dendrograma muestra qué grupos se van uniendo, el nivel en que lo hacen y el valor de la medida de asociación entre los grupos (llamado ‘nivel de fusión’).

Desarrollo

En *xlstat* se siguieron los siguientes parámetros y rangos (Figura 19):

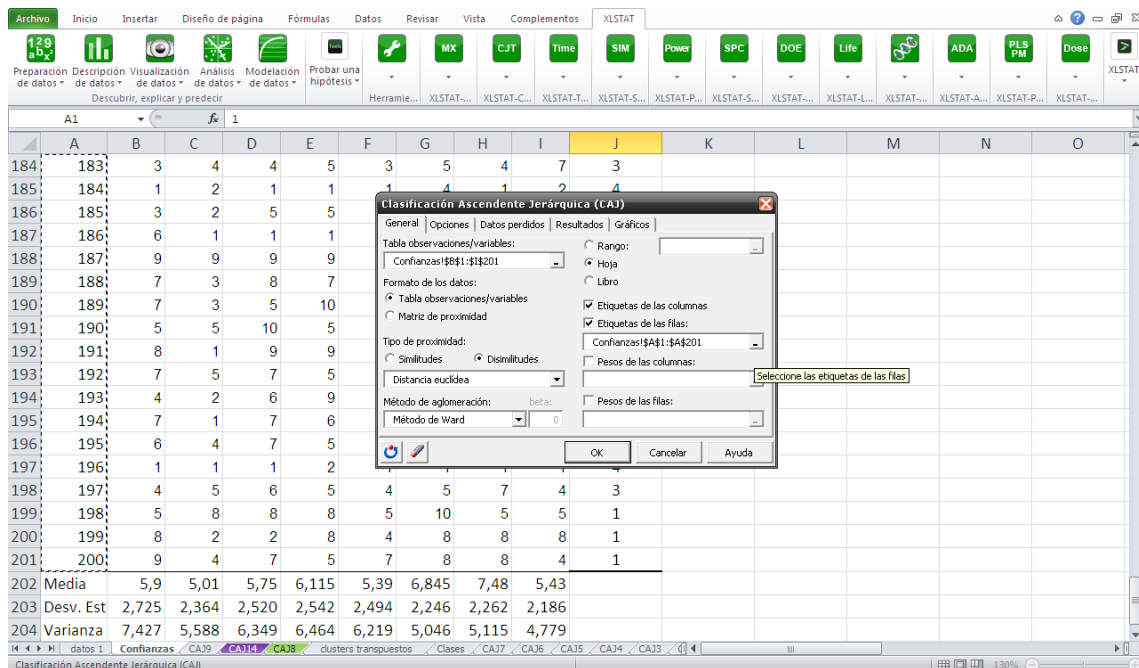


Figura 19 xlstat para clasificación jerárquica en función de una matriz conformada por las respuestas individuales de los encuestados sobre el grado de confianza generado por la mención de distintas tecnologías.

La tabla de observaciones/variables corresponde a la matriz conformada por las respuestas individuales de cada uno de los 200 encuestados sobre el grado de confianza que le generaban las distintas tecnologías. Como se explicó anteriormente, se trata de una escala de 1 al 10, siendo 10 la mayor puntuación y 5 la respuesta neutra. Las etiquetas de las observaciones corresponden al número asignado a cada encuestado.

En cuanto a las opciones de agrupamiento, los datos no se centraron ni se redujeron, debido a que la escala era la misma para cada observación (en el Anexo D se justifica además que la variabilidad es menor no centrando o reduciendo). Luego de correr el análisis una primera vez con un truncamiento automático, se determinó manualmente el número de clases a partir de la información obtenida en el dendrograma y la conformación de los conglomerados.

Resultados y discusión

Se encuestaron 200 personas de distintas partes de Argentina, en su mayoría de Capital Federal y la provincia de Buenos Aires. Las características principales de los encuestados se resumen en las Tablas V, VI, VII y VIII.

Tabla V. Distribución del sexo de los encuestados

Sexo	
Mujer	106
Hombre	94

Tabla VI. Distribución de edades de los encuestados

Edad	
Menor de 15 años	1
Entre 15 y 20 años	12
Entre 21 y 30 años	74
Entre 31 y 40 años	50
Mayor de 41 años	63

Tabla VII. Distribución de las ocupaciones de los encuestados

Ocupación	
Actualmente no empleado	7
Administración	9
Ama de casa	9
Ámbito jurídico	10
Arte y diseño	6
Contador público	5
Cuidado personal	2
Educación e idiomas	5
Empleados	31
Estudiantes	39
Ingeniería y tecnicatura	41
Investigación	13
Otros	14
Salud	9

Tabla VIII. Distribución de las provincias de origen de los encuestados

Provincias	
Buenos Aires	90
Capital Federal	80
Santa Fe	14
Chaco	10
Corrientes	2
Entre Ríos	2
Chubut	1
La Pampa	1

La primera agrupación pertinente para el análisis de la población puede hacerse separando a aquellos individuos que marcaron afirmativamente la pregunta ‘¿Oyó hablar de la radiación ultravioleta (UV) o luz ultravioleta?’. Así se obtuvieron 185 respuestas afirmativas (92 %) y solo 15 (8 %) negativas.

De este 92 %, solo el 41 % (76 encuestados) respondió afirmativamente a la pregunta ‘¿Sabe si se usa en la industria de alimentos?’. En la Figura 20 se representa el porcentaje de respuestas afirmativas y negativas correspondientes a la primera pregunta en el anillo externo. El anillo interno simboliza las respuestas afirmativas y negativas a la segunda pregunta de aquellos que respondieron afirmativamente a la primera (185 encuestados).

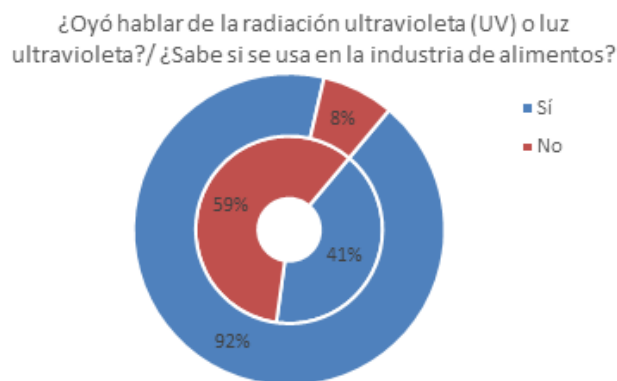


Figura 20. Representación de las respuestas obtenidas sobre conocimiento del concepto de UV. El porcentaje de respuestas afirmativas y negativas correspondientes a la primera pregunta se grafican en el anillo externo. El anillo interno simboliza las respuestas afirmativas y negativas a la segunda pregunta para aquellos que respondieron afirmativamente a la primera (185 encuestados)

La consigna siguiente pedía definir con las propias palabras la radiación UV para determinar a priori con qué la asociaban los consumidores. Los resultados obtenidos se muestran en la nube de palabras representada en la Figura 21.



Figura 21 Nube de palabras con las 100 palabras más mencionadas en las definiciones.

En la Figura 21 se presentan las 100 palabras más mencionadas en las definiciones y su tamaño es directamente proporcional a su frecuencia. Las 10 palabras más nombradas se listan en la Tabla IX.

Tabla IX. Frecuencia de las 10 palabras más mencionadas por los encuestados para definir UV.

Término	Frecuencia de mención
Radiación	93
Sol	56
Rayos	42
Onda	38
Luz	36
Piel	34
Longitud	32
Solar	26
Espectro	21
Invisible	18

Con este método puede apreciarse que la radiación UV está principalmente asociada a la luz solar y términos técnicos relacionados; a la piel y los efectos de la exposición a la luz UV en ella; y a otras enfermedades. Si bien esto no constituye un panorama sumamente positivo para el estudio, es prometedor ver cierto conocimiento al respecto y la ausencia de términos que relacionen la radiación UV con radiaciones ionizantes.

La siguiente consigna, de manera similar a la anterior, pedía al encuestado dar algún ejemplo que conozca sobre el uso de UV en la industria de alimentos. Para una lectura rápida de los resultados, se utilizó el mismo sistema de la consigna anterior, representado en la Figura 22. Se estableció una asociación a esterilización y palabras cercanas como desinfección, descontaminación, esterilidad, reducción y conservación, tanto superficies como en alimentos de distintos tipos.



Figura 22 Nube de palabras que relaciona proporcionalmente tamaño de fuente con frecuencia de mención. En el gráfico se presentan las 100 palabras más mencionadas en los usos conocidos de UV.

La cantidad de personas que respondió a esta consigna es considerablemente menor a la que dio su definición de luz UV (solo 76 consumidores respondieron afirmativamente). En este caso, las 10 palabras más nombradas fueron las listadas en la Tabla X.

Tabla X. Frecuencia de las 10 palabras más mencionadas por los encuestados sobre el uso de UV.

Término	Frecuencia de mención
Esterilización	19
Alimentos	9
Superficies	7
Conservación	6
Frutas	4
Envases	3
Desinfección	3
Tratamiento	2
Reducción	2
Carga	2

Análisis de Componentes Principales

Se obtuvieron los siguientes valores propios para los componentes principales (F_r) con la información completa (Tabla XI):

Tabla XI. Valores propios de los componentes principales de los datos sin filtrar

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Valor propio	22,381	15,513	13,663	6,287	4,754	2,406	1,996
Variabilidad (%)	33,405	23,154	20,392	9,384	7,096	3,591	2,979
% acumulado	33,405	56,559	76,951	86,334	93,430	97,021	100,000

Esta información se explica visualmente según la Figura 23. La variabilidad acumulada crece con una pendiente pronunciada en los primeros componentes para luego disminuir a partir de F4. Se observa una proporcionalidad entre el valor propio de cada componente y su contribución a la variabilidad acumulada.

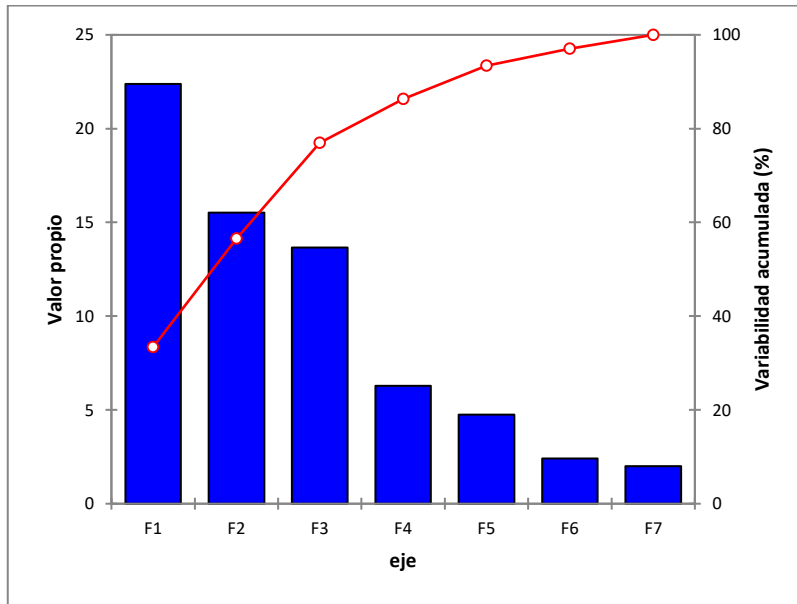


Figura 23 Valor propio de los componentes F_r (barras azules) vs Variabilidad acumulada porcentual (curva roja).

Los ejes o componentes con mayor peso son F1, F2 y F3. Entre ellos acumulan el 76,95 % de la información, por lo que se utilizaron para el análisis. Una de las ventajas del método es que permite sacar tanto observaciones como variables, mientras esto tenga una justificación para el análisis. De esta manera se trabajó con 47 términos (Tabla XII).

Tabla XII. Términos utilizados para el análisis de componentes principales.

Acné	Lentes
Bronceado	Limpieza
Calor	Limpio
Cáncer	Luz negra
Ciencia	Luz solar
Cloro	Manchas en la piel
Contaminación	Medicina
Control	Onda
Curación	Peligroso
Deformaciones mutagénicas	Problemas de salud por exposición

	al sol
Desinfectantes	Problemas en la vista
Diagnóstico	Protección
Ecológico	Protector solar
Efecto invernadero	Quemaduras
Energía	Químicos
Enfermedades de piel	Radiactivo/radiación
Esterilización o desinfección de envases y superficies	Radiografías
Fuego	Rayos solares o radiación solar
Herramienta	Sanidad
Higiene	Tecnología
Industria de los alimentos	Teratogenia
Innovación	Tubo fluorescente
Inocuo o no peligroso	Útil
Ionizante	

En este caso, se eliminaron observaciones con poca relevancia o peso para los primeros tres componentes (los que más explican las variables) o aquellos términos de baja variabilidad entre las variables, es decir, no se trata de un descriptor principal. No se tuvieron presentes 21 términos, como se observa comparando la Tabla con el Anexo B. Los criterios de eliminación se basaron en el peso del vector propio (aquellas observaciones cuyos vectores propios fueran $\leq |0,15|$) y por, a pesar de tener peso, estar muy relacionadas con términos similares que las explicaban mejor (Anexo E), lo que resultó en una preferible explicación de los componentes F1, F2 y F3 (Tabla XIII). Se puede consultar la tabla completa y el gráfico de Valor Propio vs. Variabilidad Acumulada en el Anexo F.

Tabla XIII. Variabilidad acumulada final. El porcentaje de representatividad de la información aumentó respecto de los valores originales.

	F1	F2	F3
Valor propio	17,352	13,231	10,670
Variabilidad (%)	36,150	27,564	22,229
% acumulado	36,150	63,715	85,943

Como se mencionó antes, las distribuciones de las componentes principales de las variables son representadas en gráficos de dos dimensiones a partir de los vectores propios (se pueden consultar en el Anexo G). Para este estudio se tomaron los tres primeros componentes, que representarán la variabilidad de la información en tres ejes distintos (F1, F2 y F3). Cada eje suele mostrar una tendencia en cuanto al posicionamiento de los términos y este caso no es la excepción. Se observa en la Figura 24 que el eje F1 se caracteriza por tener términos (marcados en azul oscuro) relacionados con las consecuencias del uso de las variables, con la excepción de ‘*Protección*’ y ‘*Lentes*’. También en este eje se encuentran los términos asociados a luz (*Luz negra, Luz solar, Onda, Rayos solares*). En el eje F2 se agrupan términos asociados a características inherentes a las tecnologías y su utilidad o aplicaciones sanitarias (en rojo oscuro). Los términos mayormente representados en el eje F3 (en naranja) muestran una marcada tendencia hacia efectos o características de radiaciones ionizantes y el grado de peligro con el que se asocian. El eje F3 no se encuentra representado en la Figura 24, pero los términos asociados al mismo fueron coloreados para una mejor apreciación. En los Anexos H e I se pueden consultar las representaciones de los ejes faltantes sin procesar.

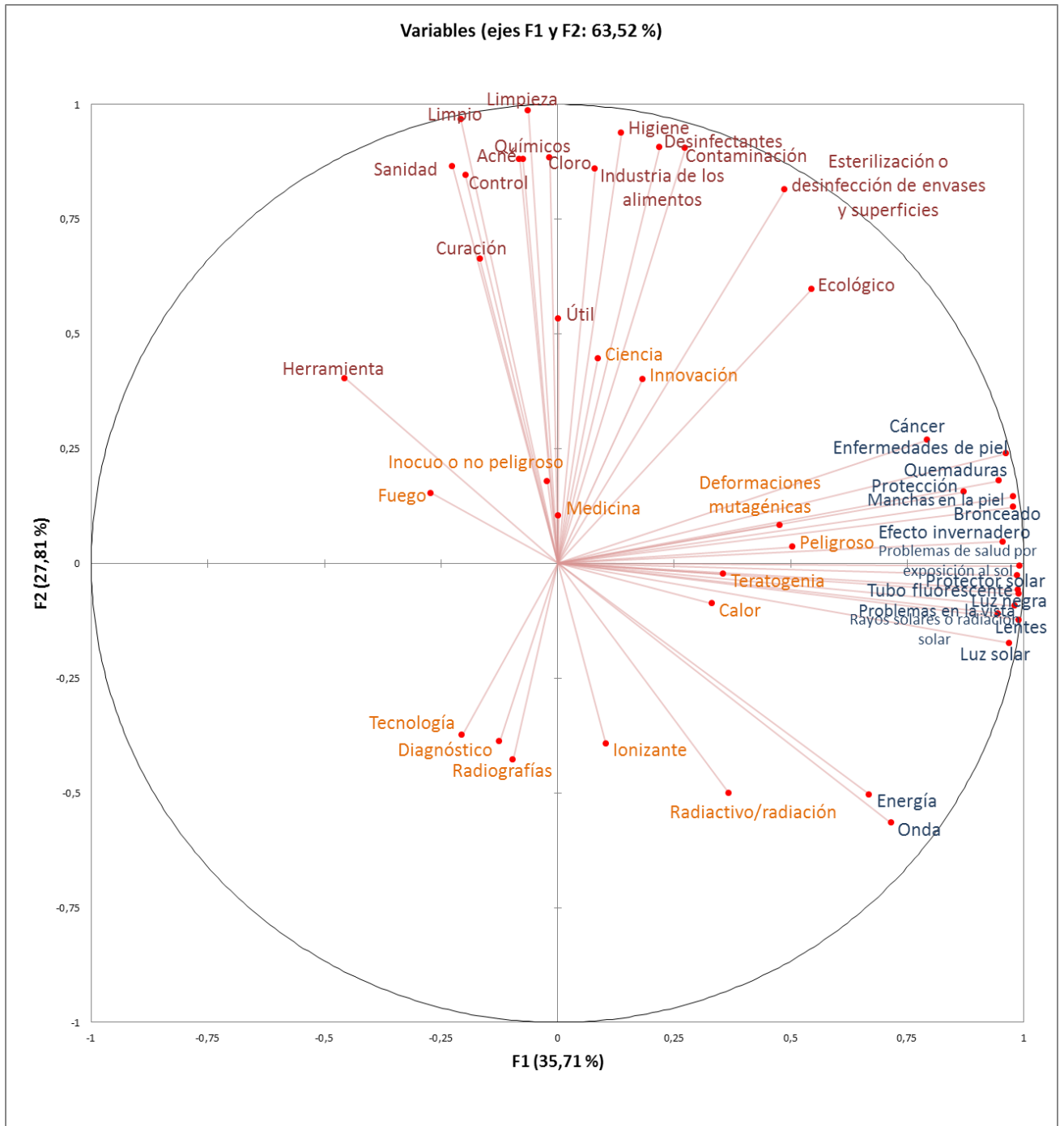


Figura 24 Distribución de componentes en ejes F1/F2.

Con la información de las contribuciones de las variables para cada eje/componente (Tabla XIV), se decidió qué ejes se tomaron en cuenta para definir cuál variable en un biplot. Se apreció que ‘UV’ (se usó como referencia de Ultravioleta), ‘Trat. Fcos’ (se usó como referencia de Tratamientos Físicos) y ‘Altas P.’ (referencia de Altas Presiones) se traten por

separado (graficados en ejes F1/F3) a 'IR' (referencia de Infrarrojo), 'RX' (referencia de Rayos X), 'Trat. Qcos' (referencia de Tratamientos Químicos), 'Trat. Term' (referencia de Tratamientos Térmicos) y 'R. Gamma,' (referencia de Radiación Gamma) (graficados en eje F2/F3) ya que en esos ejes mostraron mayor contribución (para ver la representación del F1/F2, ir a Anexo J, el cuadro completo incluyendo los demás componentes se encuentra en el Anexo K).

Tabla XIV. Contribuciones de las variables para cada eje/componente. Se consideran los dos ejes con mayor contribución para la representación de las variables.

	F1	F2	F3
UV	83,768	0,013	0,384
IR	0,010	9,381	5,210
RX	1,897	8,297	38,974
Trat. Qcos.	0,657	63,921	12,021
Trat. Fcos.	5,559	0,374	4,738
Altas P.	5,159	3,173	6,157
Trat. Term.	2,536	4,758	24,610
R. Gamma	0,415	10,083	7,905

Se observa de manera preliminar que las variables se separan en dos grupos: las representadas por los componentes F1/F3 y las representadas por F2/F3. Más allá de la posición que ocupen en los ejes, estos términos están relacionados entre ellos como dos grupos particulares, separados de las demás variables, y viceversa.

Interiorizando más en el análisis, en los ejes F1/F3 (Figura 25 -no se visualiza las posiciones de las demás variables, ya que no son representativas) se contempla que UV está asociado principalmente a efectos negativos como *efecto invernadero, quemaduras, o enfermedades en la vista y de piel*, pero no tanto a *cáncer*. También está asociado a términos lumínicos, como *rayos solares, luz solar, lentes, luz negra*. Teniendo en cuenta estos dos tipos de términos, tiene sentido que esté asociado a *lentes, protector solar, bronceado y tubos*

fluorescentes, lo que denota un conocimiento general relativo al cuidado de la piel y no tanto como una herramienta tecnológica más allá de camas solares.

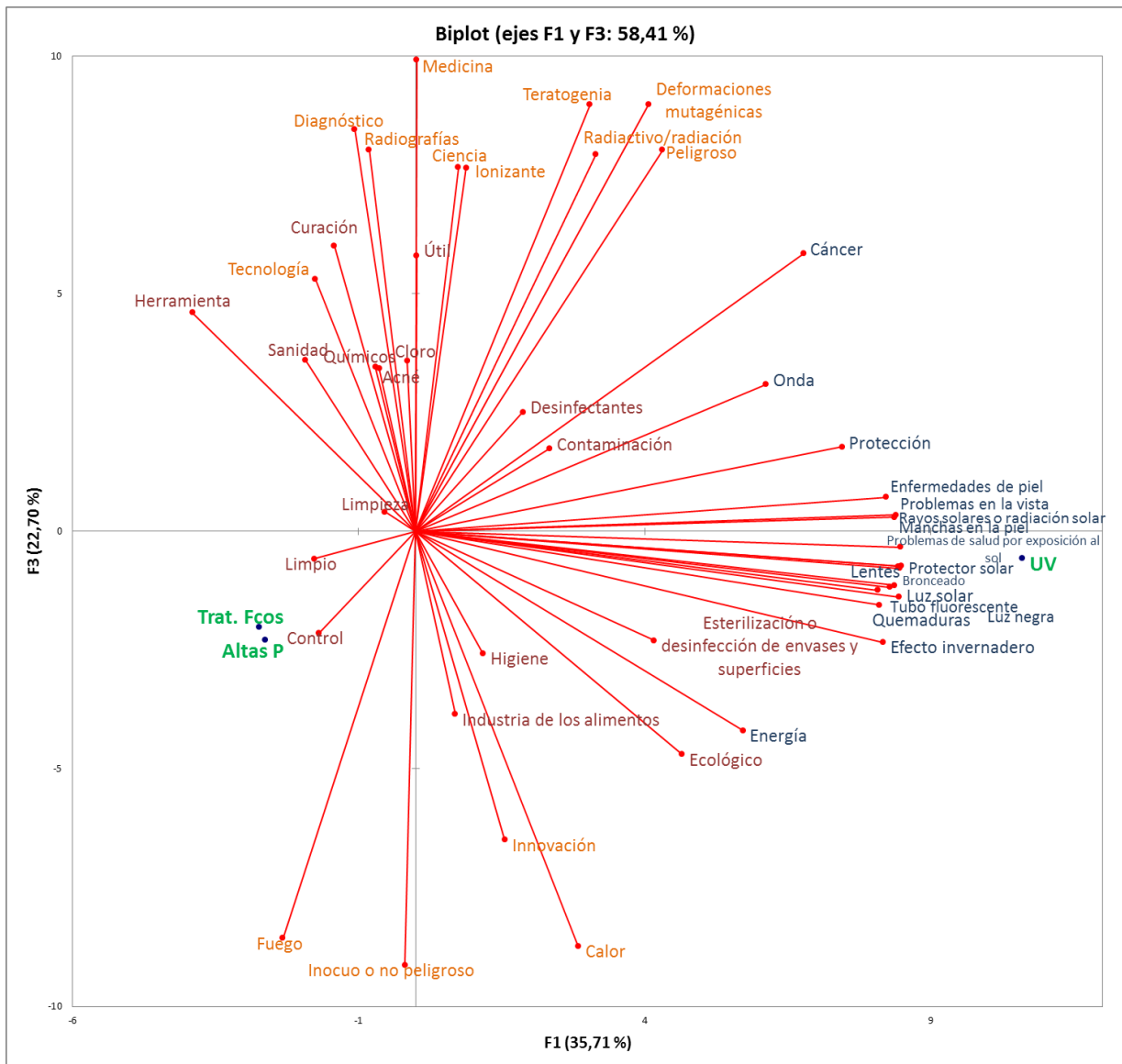


Figura 25 Biplot F1/F3 de componentes y variables.

Siguiendo con **Tratamientos Físicos** y **Altas Presiones**, se aprecia que este grupo de variables se afecta de manera opuesta en lo que respecta al eje F1 con UV, pero se mantienen del mismo lado del eje F3. Al estar del lado negativo del eje F1, se puede concluir que no se asocia a ninguna característica negativa. Se mencionó antes que el eje F3 representa el grado de peligro con los que son percibidos, siendo considerados más peligrosos cuanto más por

encima del eje se encuentre la variable, por lo que al encontrarse en la parte negativa del eje, se perciben como no tan nocivos, pero no del todo inocuos o no peligrosos.

Un aspecto interesante sobre el eje F3 es que contiene a ciencia y medicina junto a mutación, teratogenia y muerte, en lo más alto del espectro de peligrosidad.

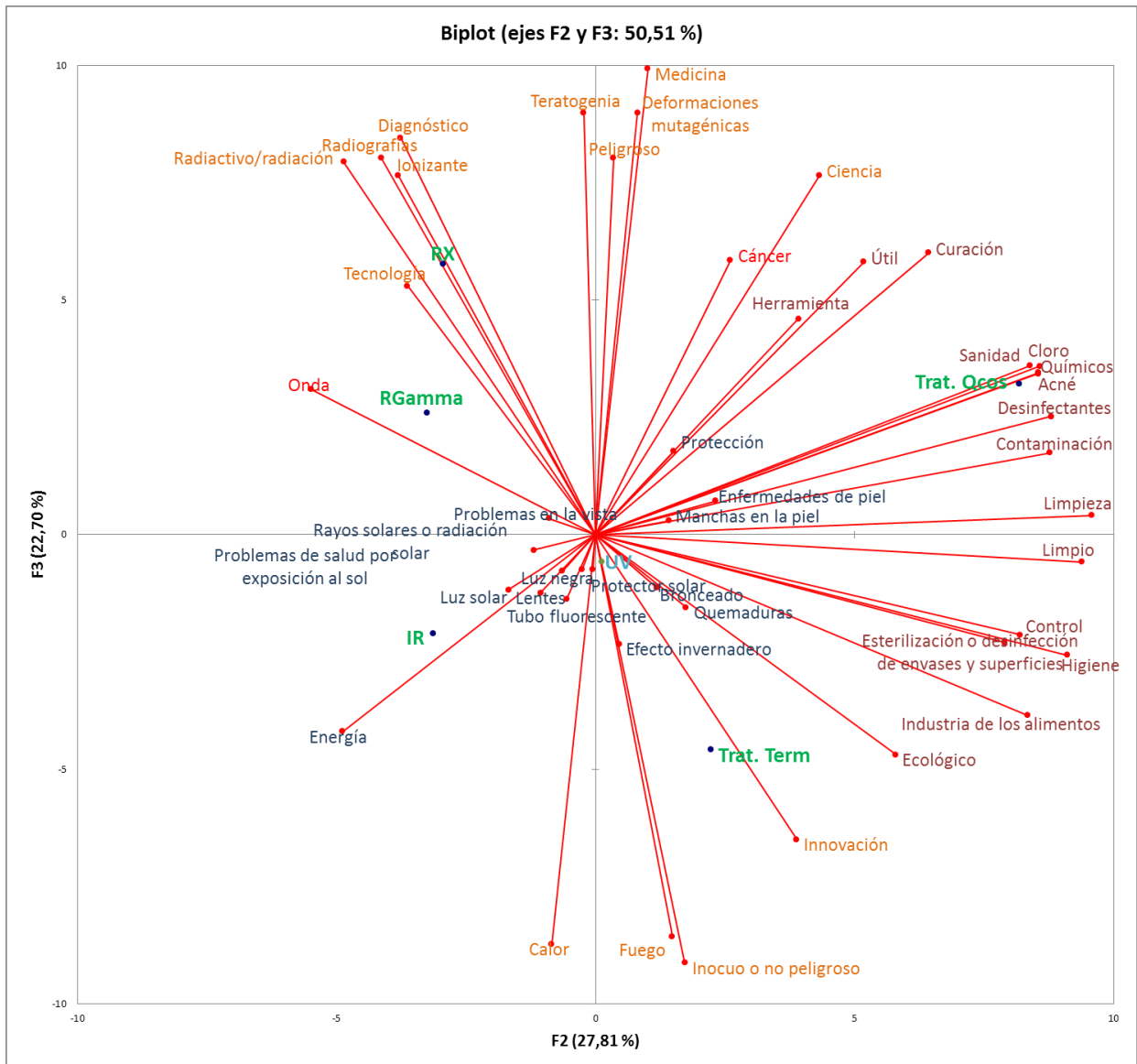


Figura 26 Biplot F2/F3 de componentes y variables.

En la Figura 26, **Tratamientos Químicos** está definida por *Acné, Químicos, Sanidad, Contaminación* y *Desinfección*, y genera relativamente poca confianza y seguridad en los consumidores. **Rayos X** es la que más arriba se encuentra en el eje F3, siendo considerada la

más peligrosa de todas las variables. Se asocia casi totalmente a *Tecnología, Ionizante, Radiactivo, Radiografías y Diagnóstico*. Las **Tecnologías Térmicas** son las más relacionadas con *Inocuo o No peligroso e Innovación*. De **IR** se infiere que es una de las más confiables, con la menor aplicación sanitaria del grupo de variables, asociada a *Energía y Ondas*.

Radiación Gamma es el que menor información pareciera dar, pero se observa que está en el mismo cuadrante que **Rayos X**, ambas tecnologías ionizantes, consideradas peligrosas. También es pertinente para el estudio que se encuentre en el cuadrante diametralmente opuesto a **UV**. Como se mencionó antes, en estos ejes no es posible ver una comparación realmente fidedigna (solo fue agregado en el gráfico por cuestiones visuales), pero a grandes rasgos se denota que es una tecnología que, de aplicarse a las especias (el objetivo final de este trabajo), no tendría la misma recepción y percepción que el método actual más usado: la irradiación gamma. Esta conjetura puede sostenerse también considerando justamente que no son comparables. Es interesante remarcar que la **radiación gamma** no es considerada *ecológica o limpia*.

En esta primera instancia se concluye que los consumidores en general consideran al UV como una tecnología relativamente no peligrosa y desligada de la industria de alimentos en general. También se percibe diferente de la Radiación Gamma, lo que podría llevar a una mayor aceptación de su uso en especias (o en otras industrias en general).

Análisis de Clúster

El dendrograma o representación gráfica de la clasificación jerárquica obtenido fue el siguiente (Figura 27):

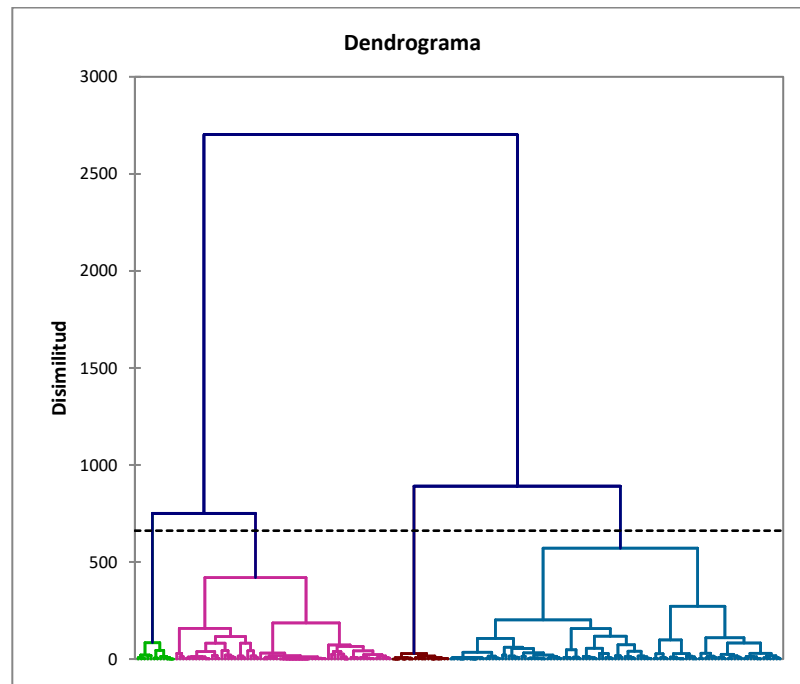


Figura 27 Dendrograma de clasificación jerárquica ascendente basado en las respuestas de los encuestados. El truncamiento de clases está delimitado a 4 clústers.

De acuerdo a los resultados obtenidos, las alternativas para los truncamientos se pueden dar entre 4 y 5 clases. Comparando los perfiles de clases con 4 truncamientos (Figura 28) y 5 truncamientos (Figura 29), se observó que las clases 2, 3 y 4 se mantienen tanto en cantidad como en los individuos que la conforman (aunque la clase 4 de la Figura 28 corresponde a la clase 5 en la Figura 29). La clase 1 se divide en dos grupos; consultando la Tabla de centroides (Anexo L) se percibe que la diferencia del promedio de UV es menor a la unidad (clase 1: 7,238; clase 4: 6,500), manteniéndose dentro del rango positivo de confianza. **Altas Presiones** y **Tratamientos Químicos** se mantienen casi iguales. **Tratamientos Físicos** y **Térmicos**, si bien son diferentes, presentan una confianza positiva. La diferencia entonces radica en las variables que nos quedan: **Rayos X** e **Infrarrojo** son los que más variación presentan, y se encuentran en lados opuestos (la clase 4 presenta una desconfianza generalizada a lo que no sean tratamientos térmicos). **Rayos Gamma** también presenta una disparidad entre clase 1 y 4, pero en el caso de ambas, están por debajo de UV, lo que es pertinente al estudio. Teniendo en cuenta esto y siendo el objetivo de un análisis de clúster la simplificación del estudio mediante la creación de grupos de cierta homogeneidad, se eligió trabajar con 4 clases.

Analizando individualmente la Figura 28, se observa en todos los grupos una marcada predisposición a preferir las tecnologías térmicas por sobre las demás. UV-C no presenta una tendencia marcada en ninguno de los perfiles.

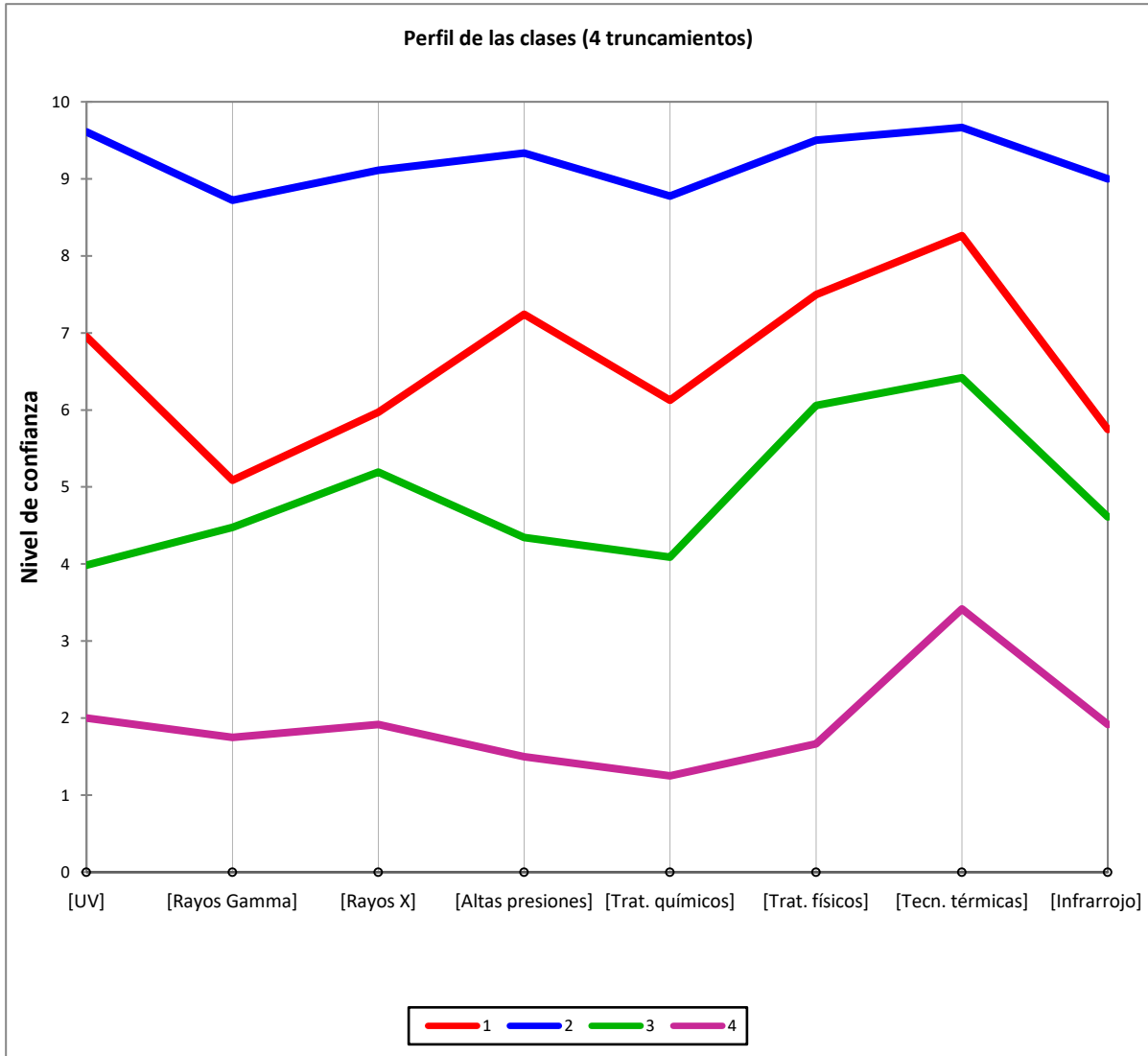


Figura 28 Perfil de las clases con 4 truncamientos.

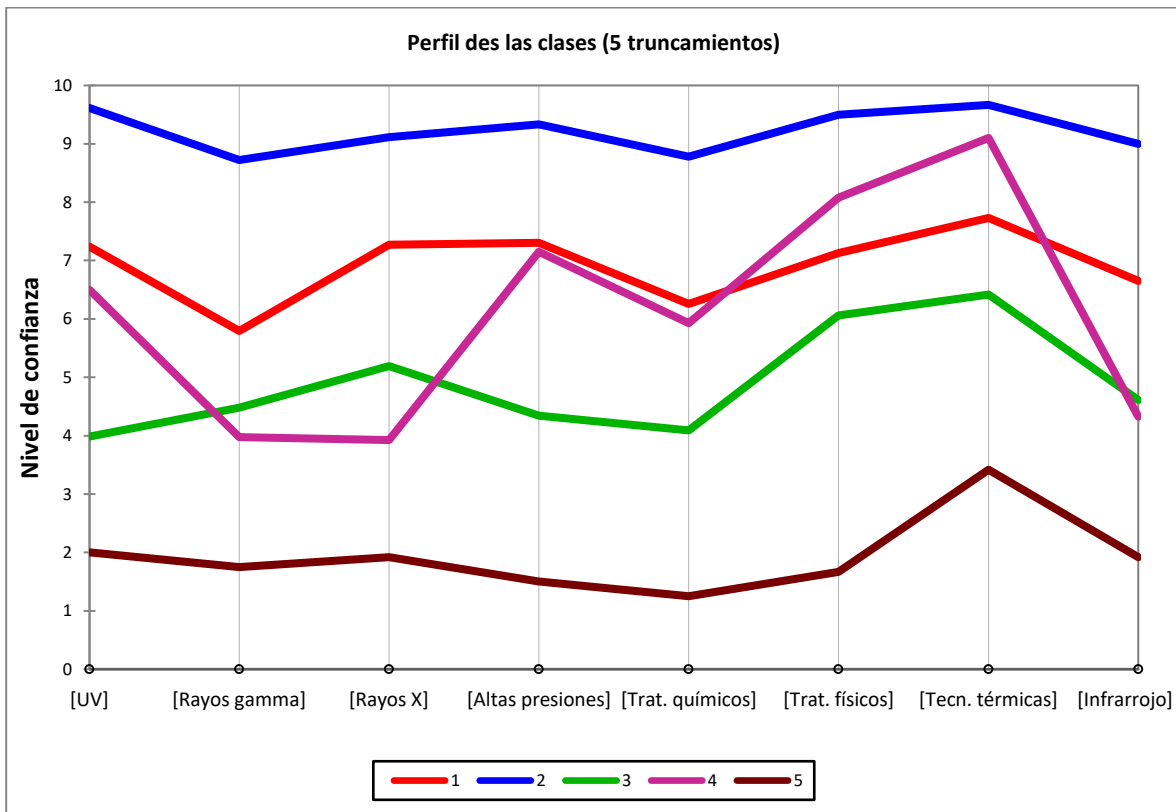


Figura 29 Perfil de las clases con 5 truncamientos. Se observa que las clases 2, 3 y 4 se mantienen (aunque la Clase 4 es la 5 en este gráfico) entre los escenarios con 4 y 5 truncamientos.

El dendrograma final entonces queda trunco según la Figura 30:

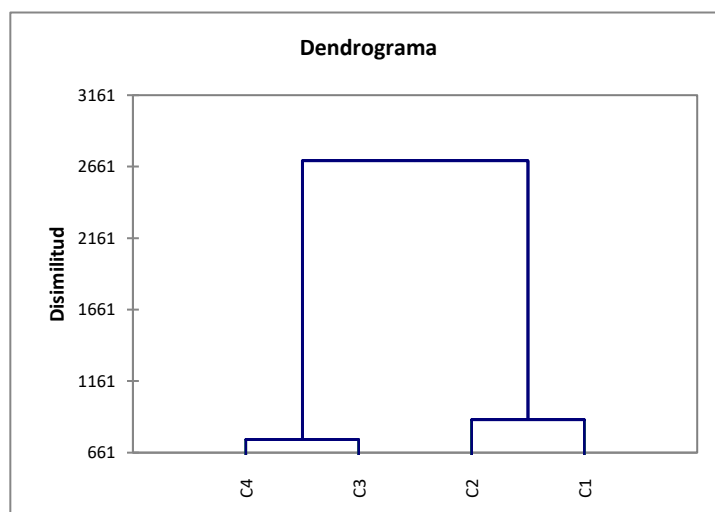


Figura 30 Dendrograma final. Se observan los cuatro truncamientos que serán descritos como Clase 1, Clase 2, Clase 3 y Clase 4.

Los resultados por clase se presentan en la Tabla XV. El número de objetos o individuos que agrupa cada clase concuerda con el peso de cada clase, ya que cada individuo tiene asignada la unidad de peso.

Tabla XV. Descripción de los resultados de cada clase.

Clase	1	2	3	4
Objetos	103	18	67	12
Suma de los pesos	103	18	67	12
Varianza intraclase	28,228	5,016	27,799	18,811
Distancia mínima al centroide	1,677	1,148	1,522	2,043
Distancia media al centroide	5,093	2,069	4,663	3,929
Distancia máxima al centroide	8,251	3,364	10,364	6,832

En el Anexo M se puede consultar la lista de cada elemento de cada clase y en el Anexo N se puede ampliar la información descriptiva de las clases.

La jerarquización permite analizar la base de datos inicial de manera diferente. Volviendo al perfil de clases (Figura 28), se diferencian dos clases en los extremos. La clase 2 tiene una confianza alta en todas las variables, a diferencia de la clase 4, que presenta una desconfianza generalizada. En un punto intermedio se posiciona la clase 1 y 3. La clase 3 presenta desconfianza para UV, Altas Presiones, Tratamientos Químicos e Infrarrojo, y la clase 1, conformada por la mayor cantidad de encuestados, presenta una confianza moderada (o es indiferente) para Rayos Gamma, Rayos X, Tratamientos Químicos e Infrarrojo y una confianza más considerable para UV, Altas Presiones, Tratamientos Físicos y Térmicos, siendo este último el que mayor valor presenta (el detalle de cada clase en el Anexo O).

Clase 1

La jerarquización da lugar a una descripción general de los integrantes de cada clase. En las Figuras 31 y 32 se observa que la Clase 1 (representada por el 52% del total de los

encuestados – Tabla XV) está compuesta por hombres y mujeres en igual porcentaje y que los rangos etarios predominantes están entre 21 y 30 años y mayor a 41 años. La mayor parte de los individuos encuestados pertenece a la provincia de Buenos Aires y Capital Federal (este dato no ilustra información pertinente, debido a que la mayoría del total de los encuestados pertenecía a Buenos Aires o Capital Federal, según la Tabla VIII). En su mayoría se trata de personas con educación superior. Este dato se refleja en las profesiones más comunes: están relacionadas a ingeniería y técnica e investigación. Se muestra un elevado grado de reconocimiento del término de luz ultravioleta, pero un elevado desconocimiento de su uso industrial. En cuanto a la aceptación del uso de UV-C como método de saneamiento, en general se considera una buena o muy buena idea, mientras que la aceptación de su uso para la conservación de alimentos es menor. En cuanto a adquirir productos que hayan sido tratados con UV-C, la mayoría de los encuestados de esta clase no dejaría de comprarlo de ser tratado con UV-C. Aun así, se prefiere que se notifique en el rótulo si ha recibido tratamiento con UV-C. Por último, aunque un porcentaje menor al 50% ya tenía una opinión favorable respecto del uso de la radiación UV-C, el 52% se mostró dispuesto a cambiar de opinión al presentársele nueva información, lo cual terminó resultando en una aceptación y aceptación favorable de la radiación ultravioleta.

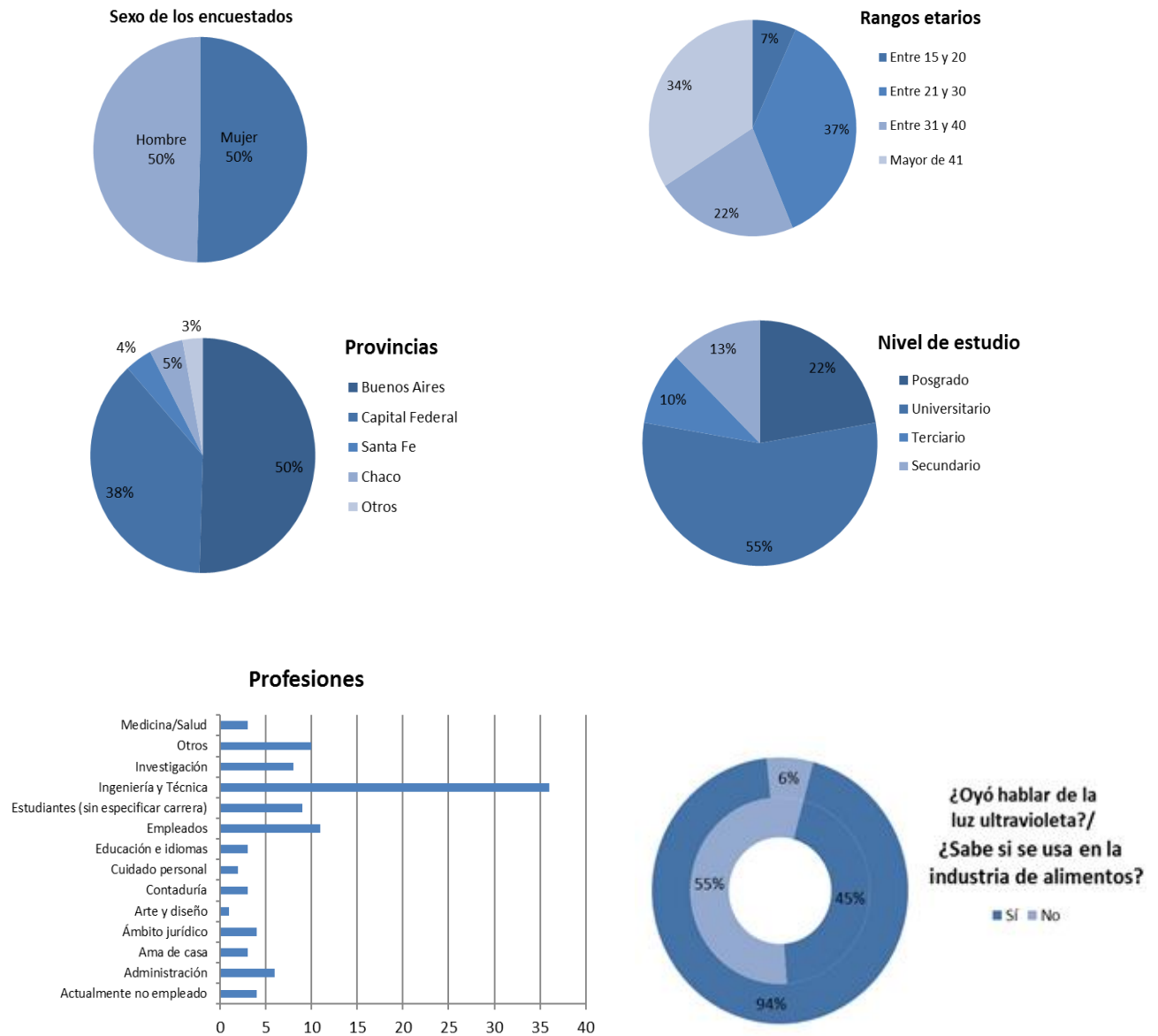


Figura 31 Descripción de la Clase 1, de izquierda a derecha: Sexo de los encuestados, Rangos etarios, Provincias, Nivel de estudio, Profesiones y respuestas a las preguntas ‘¿Oyó hablar de la luz ultravioleta?/ ¿Sabe si se usa en la industria de alimentos?’

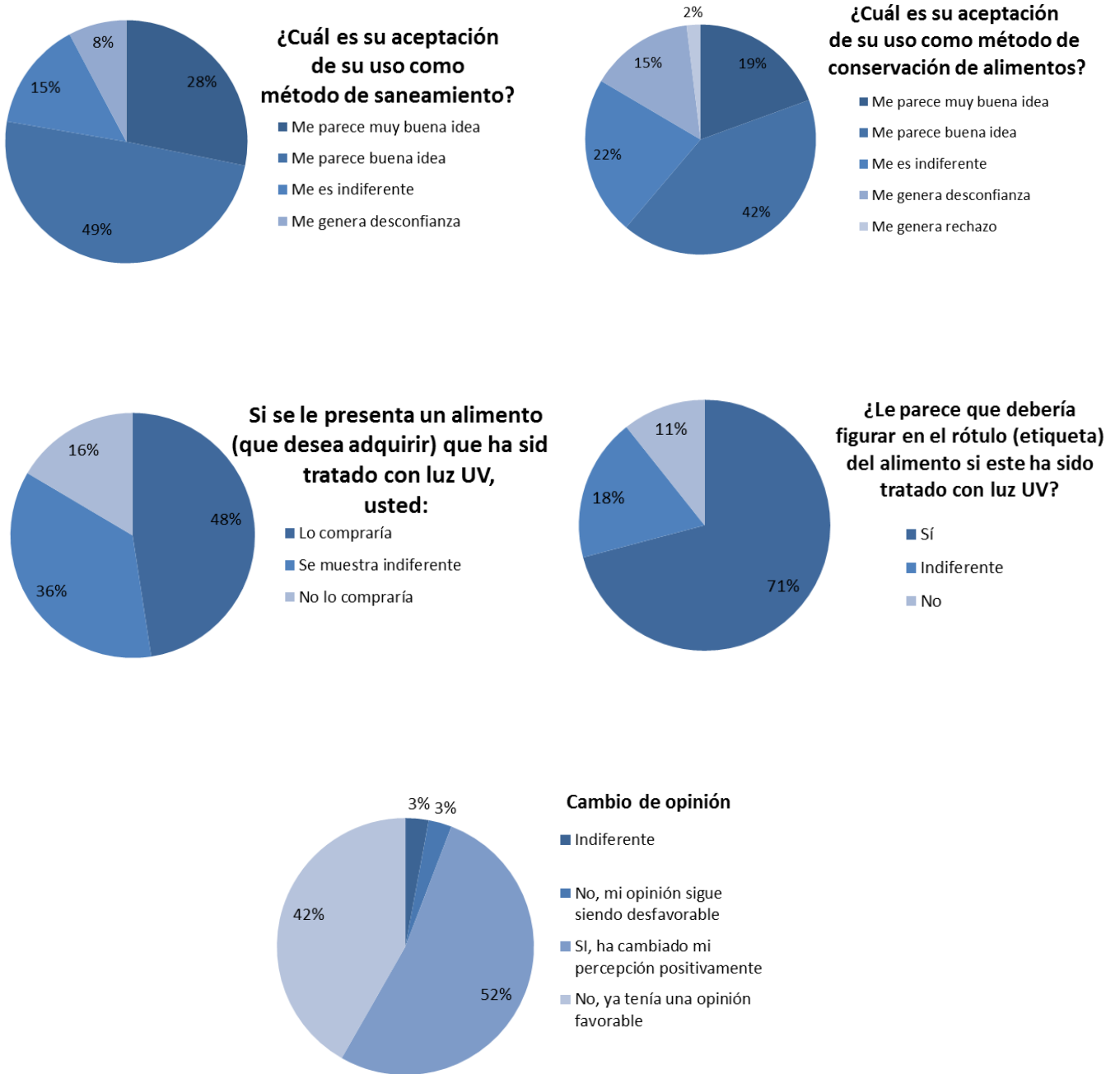


Figura 32 Descripción de la Clase 1, de izquierda a derecha: respuestas a las preguntas '¿Cuál es su aceptación de su uso como método de saneamiento?', '¿Cuál es su aceptación de su uso como método de conservación de alimentos?', '¿Si se le presenta un alimento (que desea adquirir) que ha sido tratado con luz UV, usted:', 'Le parece que debería figurar en el rótulo (etiqueta) del alimento si este ha sido tratado con luz UV?' y los resultados a la posibilidad de cambiar de opinión frente a nueva información.

Clase 2

En las Figuras 33 y 34 se observan los resultados obtenidos para la Clase 2. Cabe recordar que esta clase cuenta con 18 observaciones (Tabla XV). La distribución de los sexos es equitativa, predominan los mayores a 41 años, y nuevamente la mayoría pertenece a la provincia de Buenos Aires o Capital Federal. El total de los encuestados de la Clase 2 alcanzó estudios superiores y la mayoría tiene una profesión relacionada con la ingeniería o técnica, e investigación. Se reflejó un elevado reconocimiento del término de luz ultravioleta, pero un elevado desconocimiento de su uso en la industria.. En cuanto a la aceptación del uso de UV-C como método de saneamiento, al igual que la Clase 1, se considera una buena o una muy buena idea, al igual que de su uso para la conservación de alimentos. En cuanto a adquirir productos que hayan sido tratados con UV-C, no dejarían de comprarlo si es tratado con UV-C, aún si no está notificado en el rótulo. Por último, aquellos que no tenían una opinión favorable sobre esta tecnología, se mostraron dispuestos a cambiar de opinión al presentársele nueva información. Los resultados se condicen con el perfil de clases (Figura 28), siendo que la Clase 2 es la que mayor confianza muestra a las distintas tecnologías.

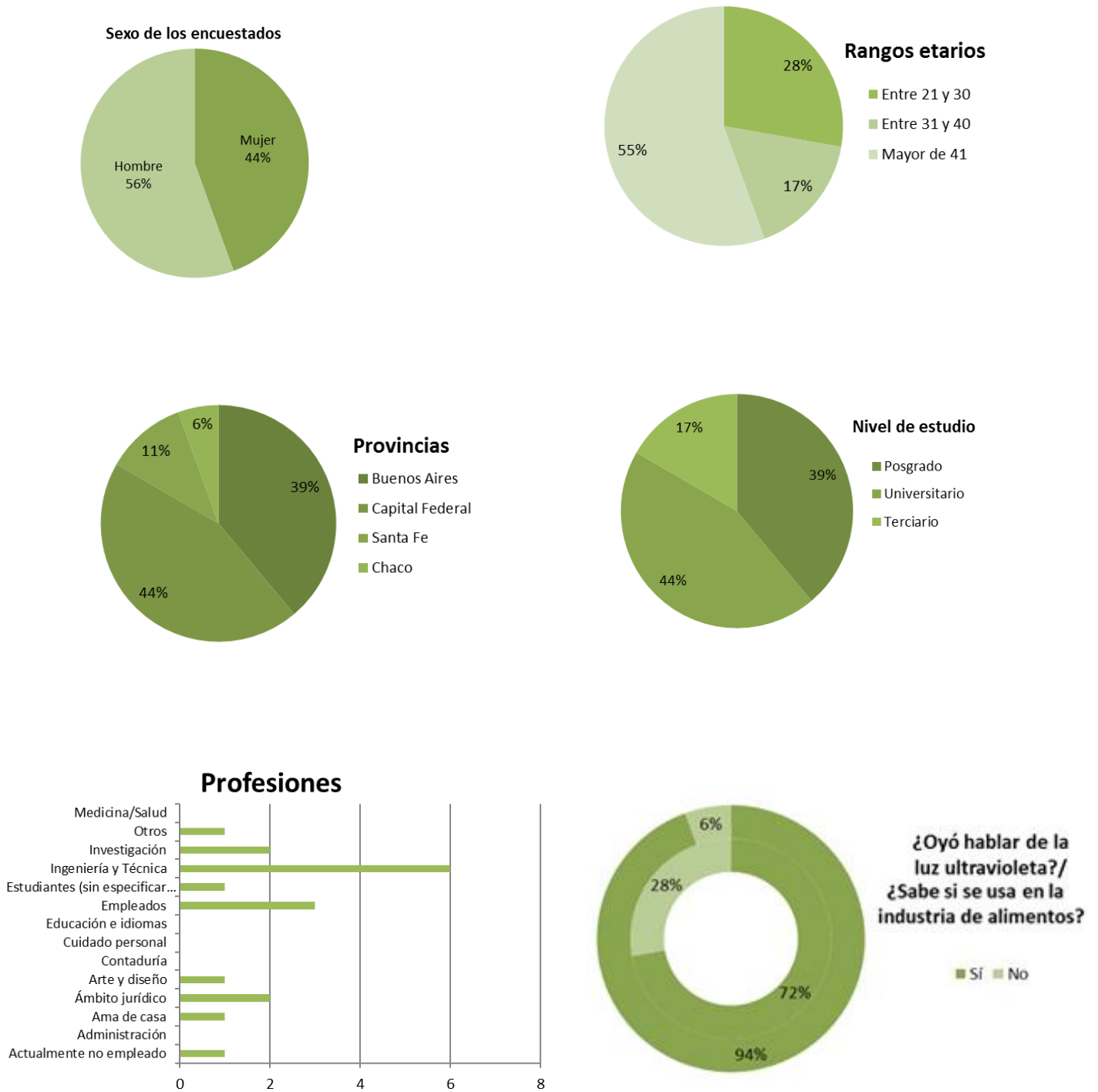


Figura 33 Descripción de la Clase 2, de izquierda a derecha: Sexo de los encuestados, Rangos etarios, Provincias, Nivel de estudio, Profesiones y respuestas a las preguntas '¿Oyó hablar de la luz ultravioleta?/ ¿Sabe si se usa en la industria de alimentos?'

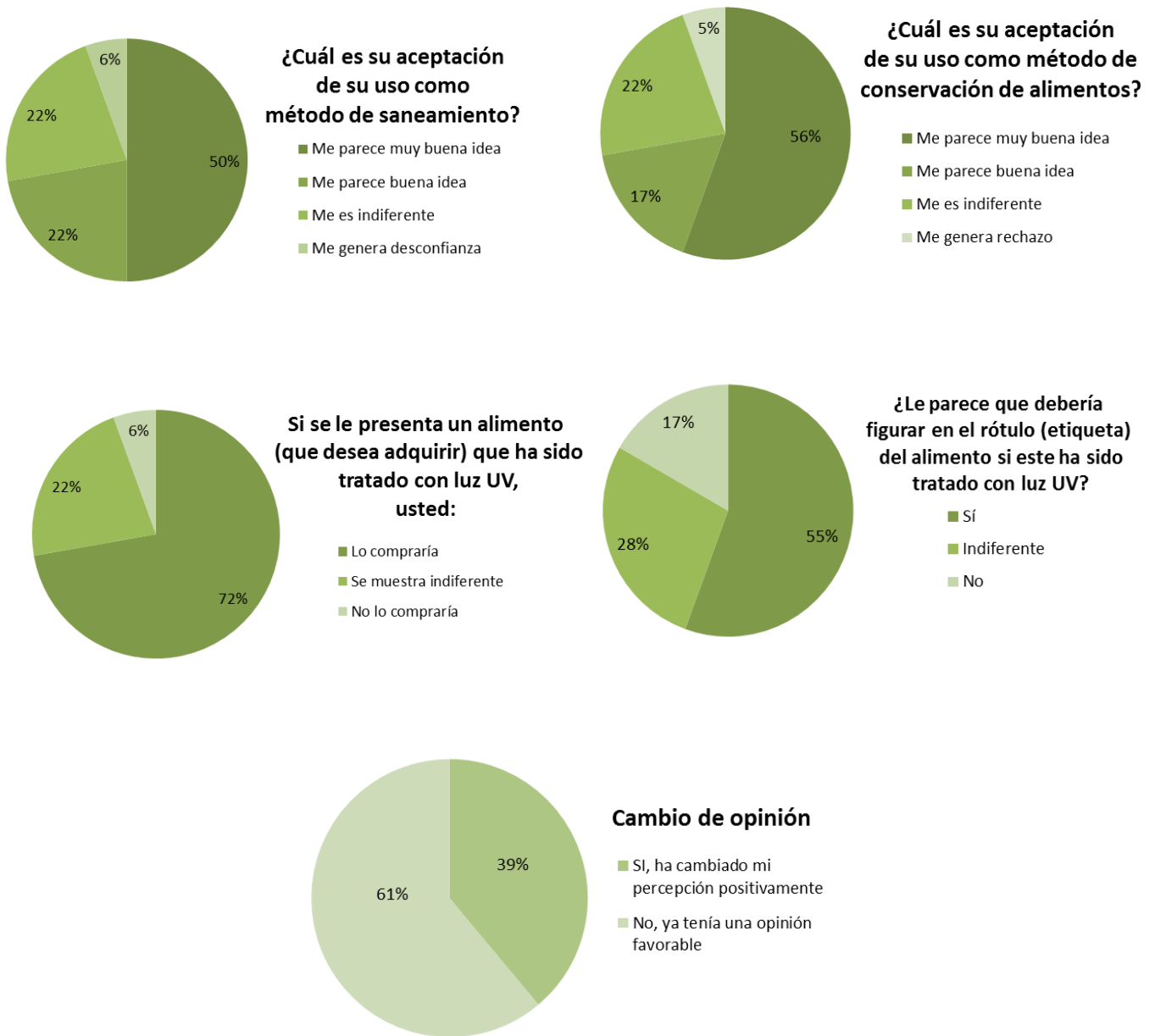


Figura 34 Descripción de la Clase2, de izquierda a derecha: respuestas a las preguntas '¿Cuál es su aceptación de su uso como método de saneamiento?', '¿Cuál es su aceptación de su uso como método de conservación de alimentos?', '¿Si se le presenta un alimento (que desea adquirir) que ha sido tratado con luz UV, usted:', 'Le parece que debería figurar en el rótulo (etiqueta) del alimento si este ha sido tratado con luz UV?' y los resultados a la posibilidad de cambiar de opinión frente a nueva información.

Clase 3

En las Figuras 35 y 36 se observan los resultados obtenidos para la Clase 3. Esta clase cuenta con 67 observaciones (Tabla XV), constituyendo el 34% del total de los individuos que realizaron la encuesta. Predomina el sexo femenino, y los rangos etarios más significativos son entre 21 y 30, 31 y 40, y mayor a 41. Nuevamente la mayoría pertenece a la provincia de Buenos Aires o Capital Federal y alcanzó estudios superiores. Si bien una gran parte tiene una profesión relacionada con la ingeniería o técnica, predominan empleados y una variedad de otras profesiones. Ante la pregunta ‘¿Oyó hablar vez de la luz ultravioleta?’ se muestra un elevado grado de reconocimiento del término de luz ultravioleta, pero también presenta el desconocimiento más marcado de su uso en la industria, una diferencia marcada frente a las clases anteriores. En cuanto a la aceptación del uso de UV-C como método de saneamiento, no tuvo una aceptación amplia como en las clases 1 y 2, con un importante porcentaje de indiferencia. El porcentaje de aceptación de su uso para la conservación de alimentos es incluso menor. En cuanto a adquirir productos que hayan sido tratados con UV-C, un tercio de los encuestados de esta clase no lo adquiriría. En su mayoría prefieren que se notifique en el rótulo si ha recibido tratamiento con UV-C y únicamente el 11% ya tenía una opinión favorable respecto del uso de la radiación UV-C; sin embargo, una parte mayoritaria se mostró dispuesta a cambiar de opinión al presentársele nueva información. Los resultados se condicen con el perfil de clases (Figura 28), siendo que la Clase 3 muestra una confianza moderada a las distintas tecnologías.

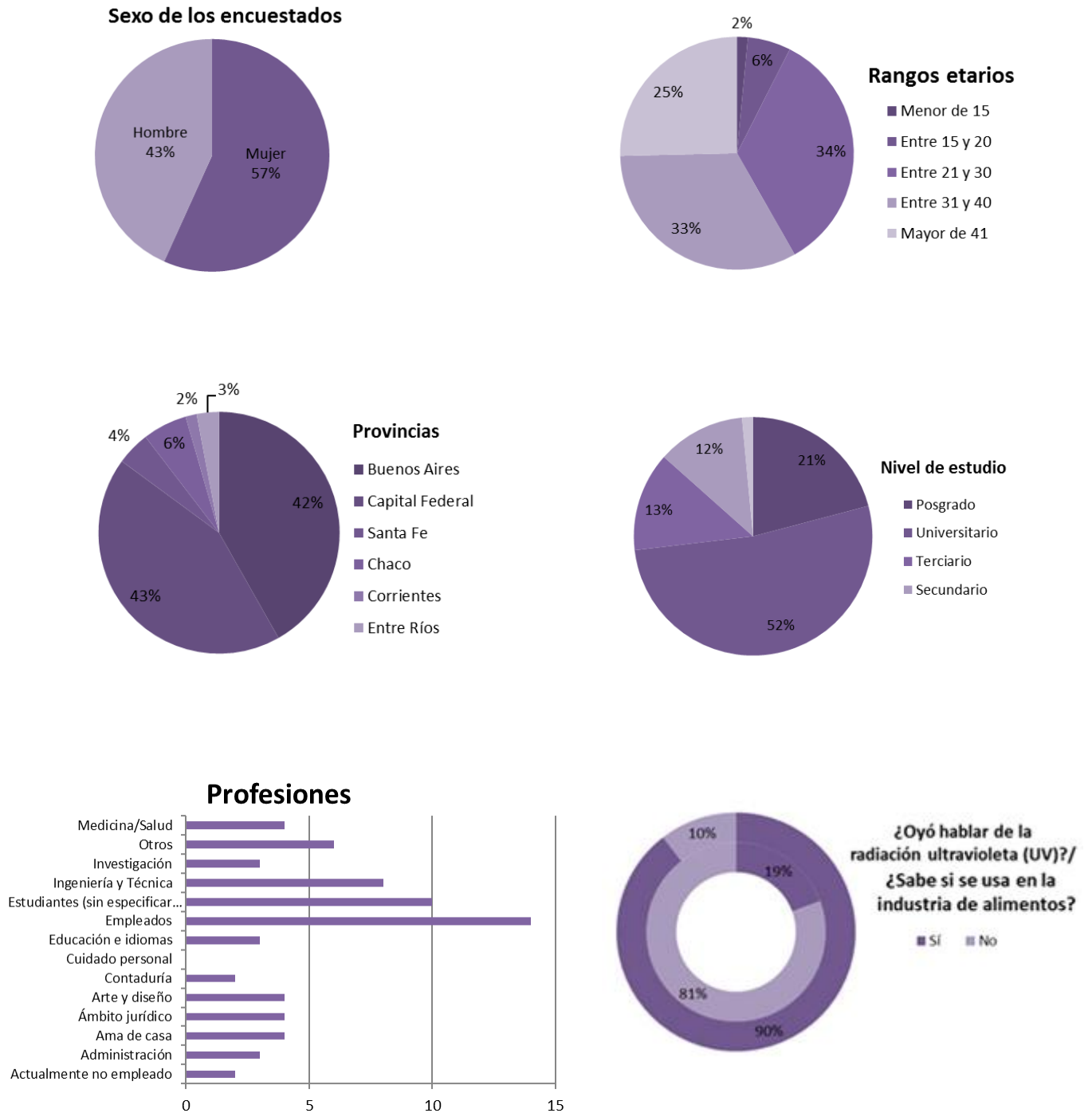


Figura 35 Descripción de la Clase 3, de izquierda a derecha: Sexo de los encuestados, Rangos etarios, Provincias, Nivel de estudio, Profesiones y respuestas a las preguntas '¿Oyó hablar de la luz ultravioleta?/ ¿Sabe si se usa en la industria de alimentos?'

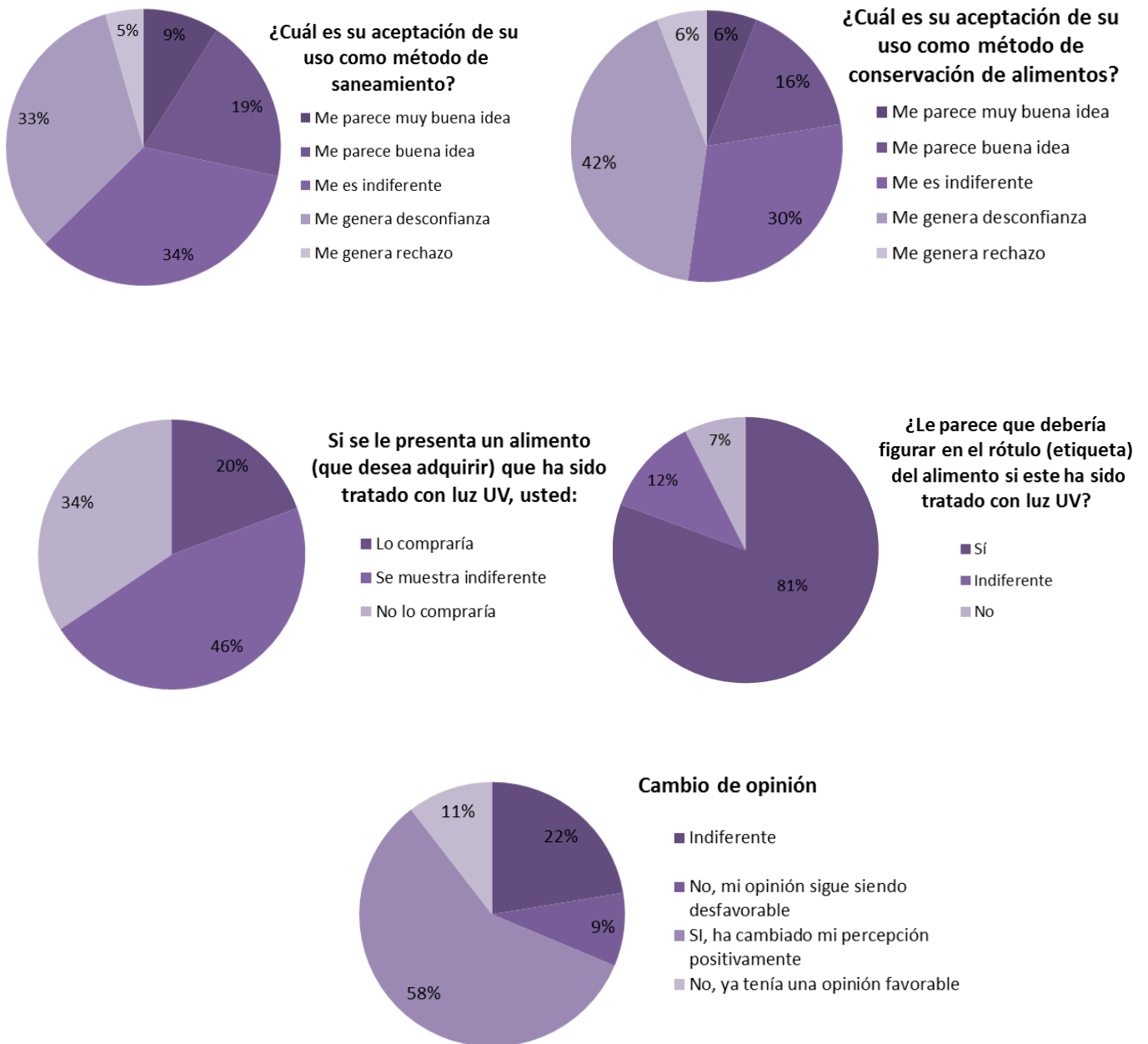


Figura 36 Descripción de la Clase 3, de izquierda a derecha: respuestas a las preguntas '¿Cuál es su aceptación de su uso como método de saneamiento?', '¿Cuál es su aceptación de su uso como método de conservación de alimentos?', '¿Si se le presenta un alimento (que desea adquirir) que ha sido tratado con luz UV, usted:', 'Le parece que debería figurar en el rótulo (etiqueta) del alimento si este ha sido tratado con luz UV?' y los resultados a la posibilidad de cambiar de opinión frente a nueva información.

Clase 4

En las Figuras 37 y 38 se observan los resultados obtenidos para la Clase 4. Esta clase cuenta con 12 observaciones (Tabla XV), constituyendo la clase con menos representatividad, ya que abarca el 6% del total de los individuos que realizaron la encuesta. Predomina el sexo femenino y los rangos etarios más significativos son entre 21 y 30 y mayor a 41. La mayoría pertenece a la provincia de Buenos Aires o Capital Federal y destacan los provenientes de la provincia de Santa Fe. Cuentan con nivel secundario o superior, y, en cuanto a las profesiones, predominan los estudiantes que no especificaron ámbito de estudio. Se muestra un elevado grado de reconocimiento del término de luz ultravioleta, pero un elevado desconocimiento de su uso en la industria, mostrando un resultado similar a la Clase 3 (Figura 35), pero una diferencia marcada frente a las clases 1 y 2 (Figuras 31 y 33 respectivamente). En cuanto a la aceptación del uso de UV-C como método de saneamiento, en su mayoría genera desconfianza y el porcentaje de rechazo de su uso para la conservación de alimentos es incluso mayor. En cuanto a adquirir productos que hayan sido tratados con UV-C, solo un tercio lo compraría o se mostraría indiferente, mientras que el resto no lo adquiriría. Se prefiere que se notifique en el rótulo si ha recibido tratamiento con UV-C. Al presentársele nueva información, destaca que un tercio de los encuestados prefirió mantener su opinión desfavorable. Los resultados se condicen con el perfil de clases (Figura 28), siendo que la Clase 4 muestra una desconfianza notoria a las distintas tecnologías.

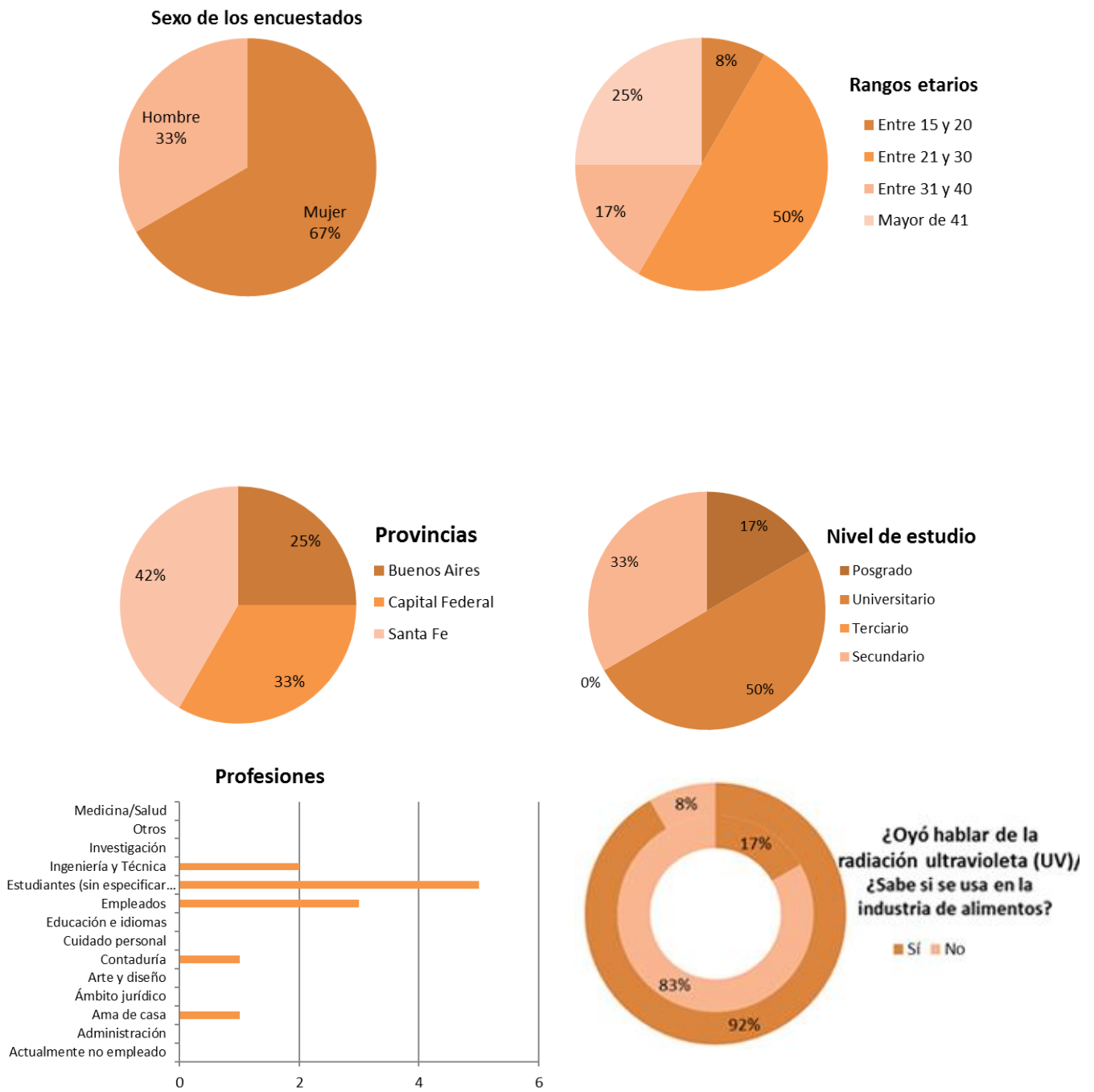


Figura 37 Descripción de la Clase 4, de izquierda a derecha: Sexo de los encuestados, Rangos etarios, Provincias, Nivel de estudio, Profesiones y respuestas a las preguntas '¿Oyó hablar de la luz ultravioleta?/ ¿Sabe si se usa en la industria de alimentos?'

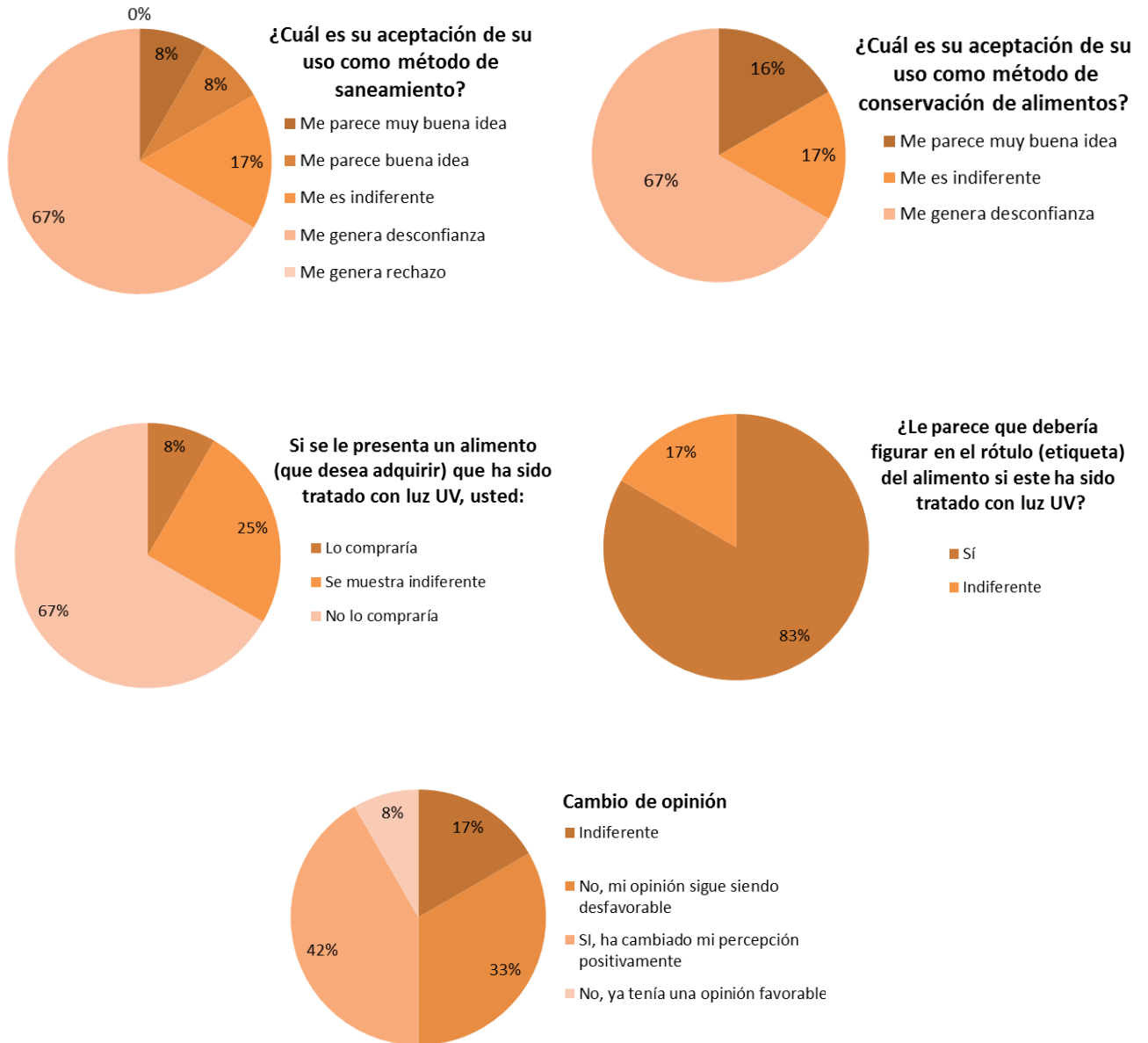


Figura 38 Descripción de la Clase 4 de izquierda a derecha: respuestas a las preguntas '¿Cuál es su aceptación de su uso como método de saneamiento?', '¿Cuál es su aceptación de su uso como método de conservación de alimentos?', '¿Si se le presenta un alimento (que desea adquirir) que ha sido tratado con luz UV, usted:', 'Le parece que debería figurar en el rótulo (etiqueta) del alimento si este ha sido tratado con luz UV?' y los resultados a la posibilidad de cambiar de opinión frente a nueva información.

Ya definidas las clases y las características de los individuos que las componen, se buscaron las características que destacan de cada una, por lo que se compararon las 4 clases.

Comparando los sexos (Figura 39), se observa que todas las clases presentan una cantidad equilibrada de hombres y mujeres. La Clase 4 está compuesta por 12 personas, por lo que no es del todo representativo decir que el doble de mujeres tiene una desconfianza generalizada en todas las variables. Se destaca que la mayoría de los individuos de entre 21 y 30 años y mayor de 41 años se encuentran mayoritariamente en la Clase 1, mientras que los de entre 31 y 40 años distribuyen principalmente entre las clases 1 y 3 (Figura 40).

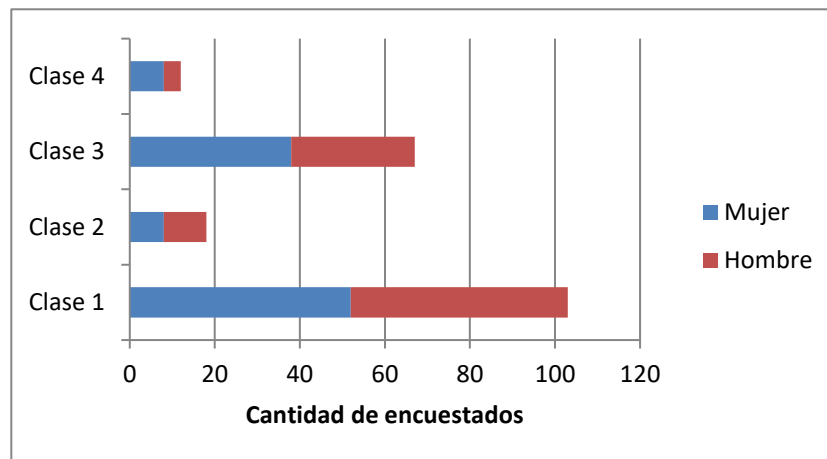


Figura 39 Distribución del sexo de los encuestados por clase. Se observa una distribución más o menos equilibrada de hombres y mujeres en todas las clases.

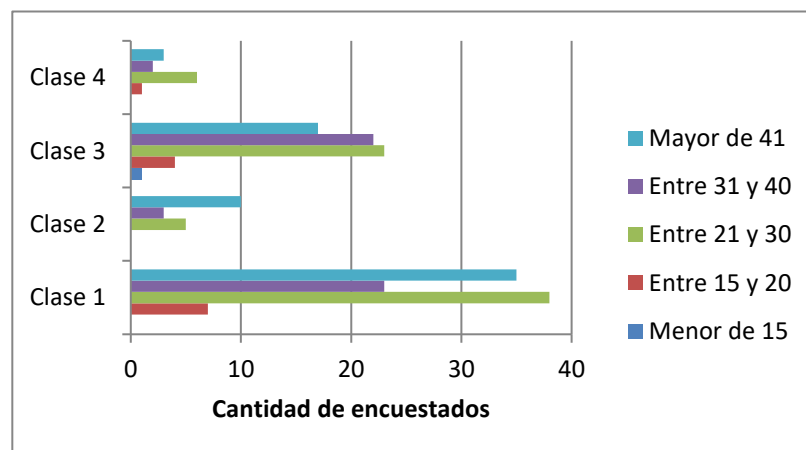


Figura 40 Distribución de grupos etarios por clase.

En la Figura 41 se presenta que la mayor parte de los que tienen un nivel terciario o superior se encuentran en la Clase 1 y, en menor medida, en la Clase 3.

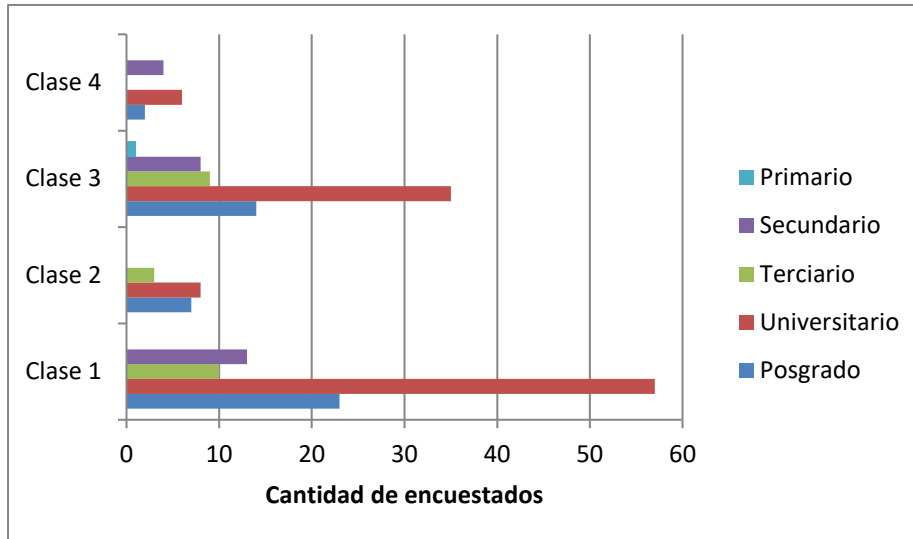


Figura 41 Distribución de nivel educativo por clase.

Como se presentó anteriormente, hay una gran variedad de ocupaciones (Tabla VII). Luego de una agrupación que representara mejor el área de desempeño, se graficaron las ocupaciones en la Figura 42.

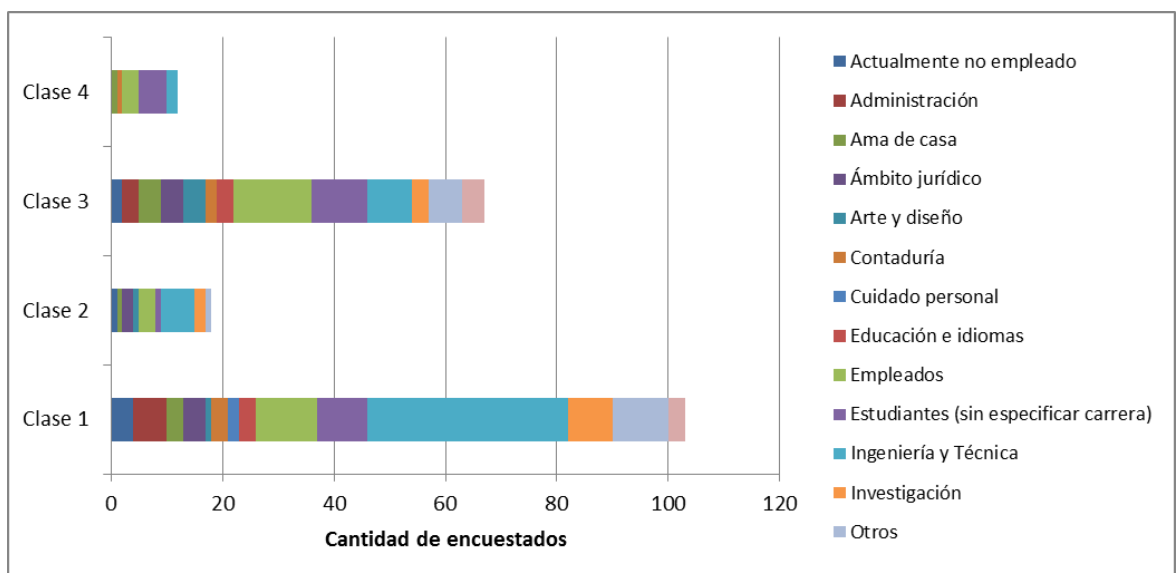


Figura 42 Distribución de ocupaciones por clase.

De la Figura 42 se desprende que la mayor parte de los encuestados corresponde al área de ingeniería y técnica o investigación y que éstos se encuentran en mayor medida en la Clase 1. No se observan otras tendencias destacables en las Clases 2, 3 y 4.

La Figura 43 muestra la cantidad porcentual de respuestas positivas y negativas a la pregunta: ‘¿Oyó hablar de la radiación ultravioleta (UV) o luz ultravioleta?’ en donde la cantidad de respuestas afirmativas denota un alto grado de difusión del término.

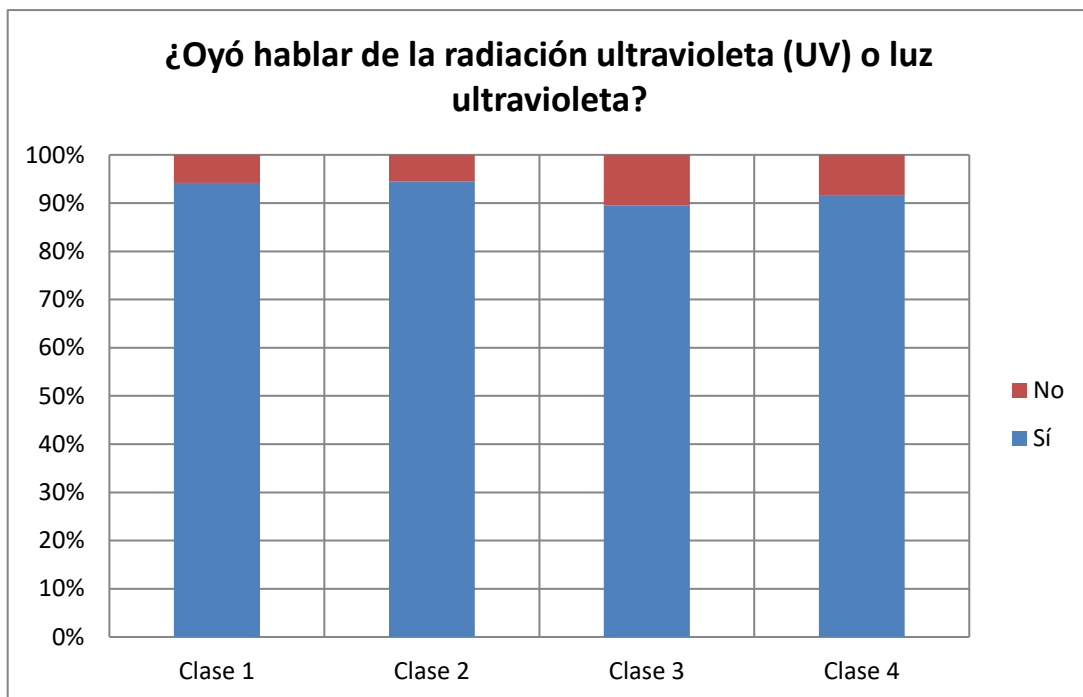


Figura 43 Respuestas por clase a la pregunta ‘¿Oyó hablar de la radiación ultravioleta (UV) o luz ultravioleta?’.

En la Figura 44 se presentan las respuestas a la pregunta ‘¿Sabe si se usa en la industria de alimentos?’.

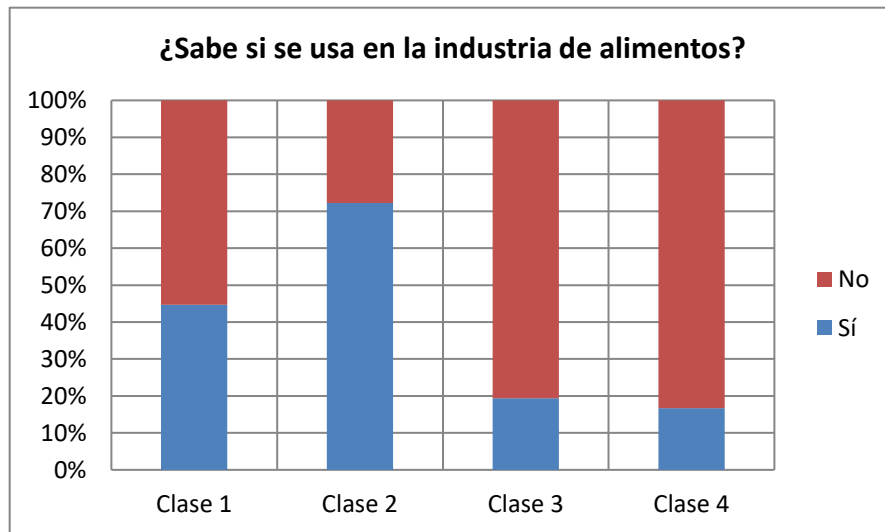


Figura 44 Respuestas por clase a la pregunta ‘¿Sabe si se usa en la industria de alimentos?’.

Hay un desconocimiento generalizado del uso de UV en la industria de alimentos, excepto en la Clase 2, la que, como se mostró en la Figura 28, tiene una alta confianza en todas las variables.

En cuanto a la aceptación como método de conservación de alimentos (Figura 45), la Clase 1 presenta en su mayor medida una respuesta favorable o neutra. Destacan los picos de ‘Me parece muy buena idea’ de la clase 2 y ‘Me genera desconfianza’ de la clase 4.

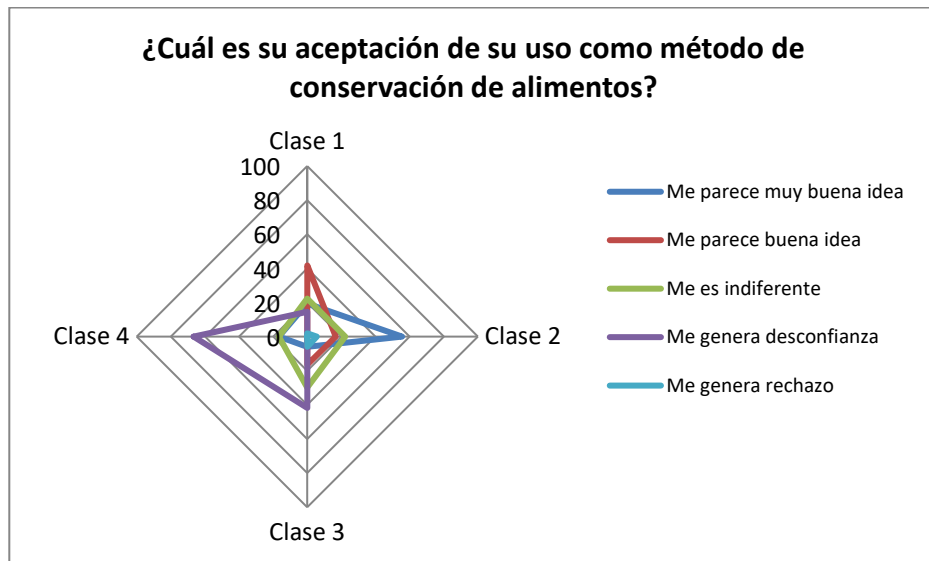


Figura 45 Perfil de clases sobre la base de las respuestas a la pregunta ‘¿Cuál es su aceptación de su uso como método de conservación de alimentos?’

En cuanto a la aceptación como método de saneamiento (Figura 46), la Clase 1 nuevamente presenta en su mayor medida respuestas favorables o neutras. Destacan los picos de ‘Me genera rechazo’ de la Clase 2, que no se condice con el perfil de la clase (figura 28).

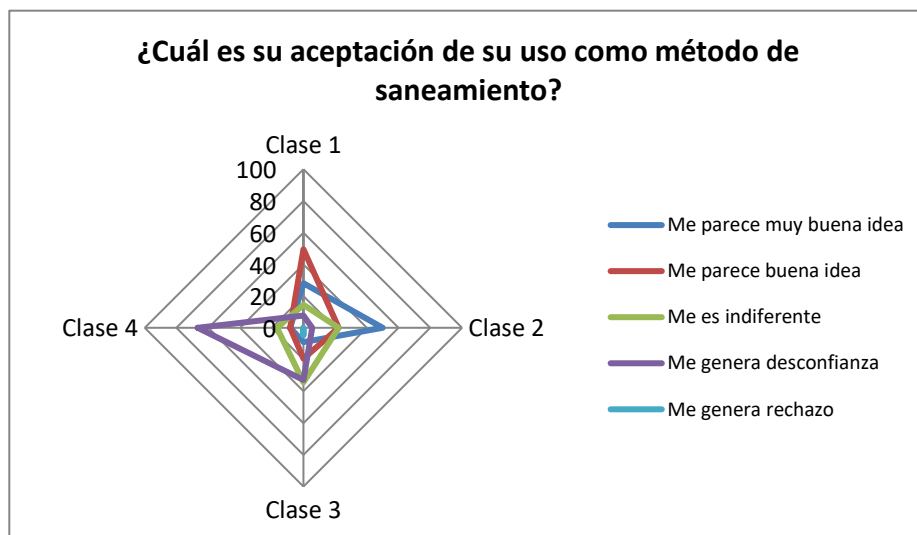


Figura 46 Perfil de clases sobre la base de las respuestas a la pregunta ‘¿Cuál es su aceptación de su uso como método de saneamiento?’

Al presentársele al encuestado la situación de encontrarse con un alimento tratado con luz UV, se le preguntó sobre la posibilidad de adquirirlo. La Clase 1 presentó en su mayor medida una respuesta favorable o neutra: no pareciera ser un factor decisivo para abstenerse de comprar un producto en la mayoría de los encuestados. Destacan los picos de ‘Lo compraría’ de la Clase 2 y ‘No lo compraría’ de la Clase 4, condiciéndose nuevamente con la Figura 28.

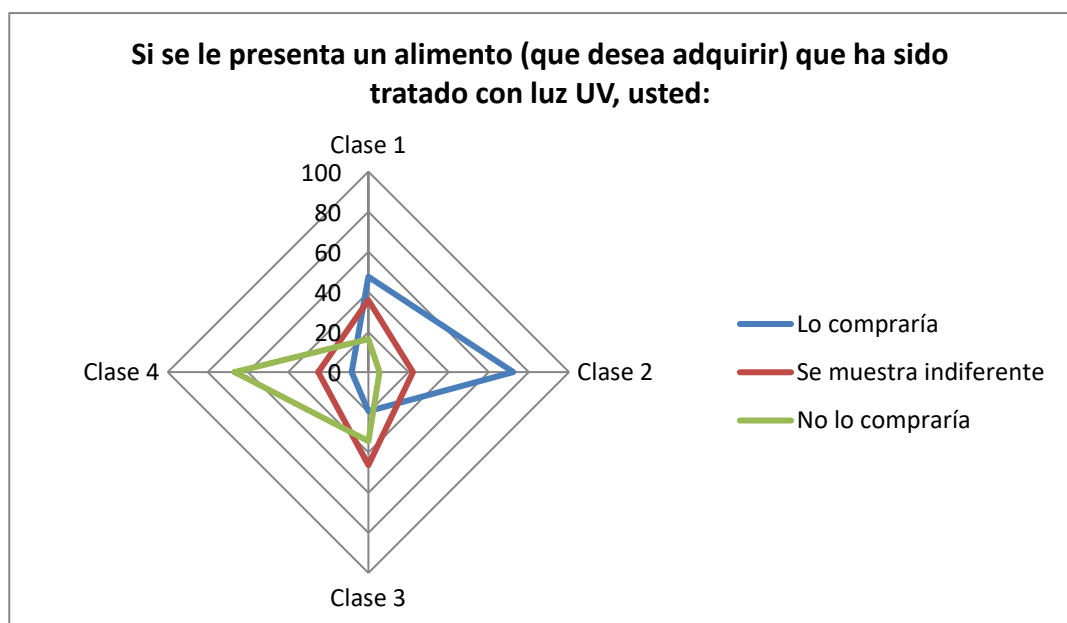


Figura 47 Perfil de clases sobre la base de las respuestas a la instancia Si se le presenta un alimento (que desea adquirir) que ha sido tratado con luz UV, usted: lo compraría, se muestra indiferente o no lo compraría’.

En cuanto a la pertinencia de la identificación del uso de UV-C en el rótulo, todas las clases se mostraron mayoritariamente a favor de su declaración (Figura 48)

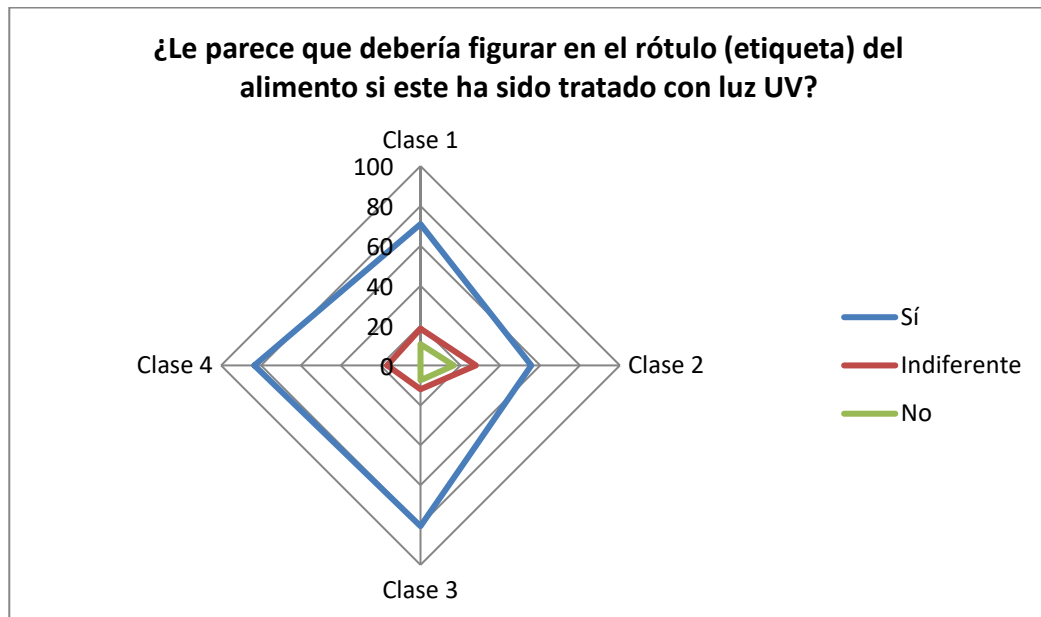


Figura 48 Perfil de clases sobre la base de las respuestas a la pregunta ‘¿Le parece que debería figurar en el rótulo (etiqueta) del alimento si este ha sido tratado con luz UV?’.

Por último, en todas las clases, la mayoría de los encuestados cambió la percepción inicial, de haber sido ésta desfavorable, luego de habersele presentado información nueva (Figura 49). La Clase 2 destaca por ser la que más opinión favorable tenía inicialmente.

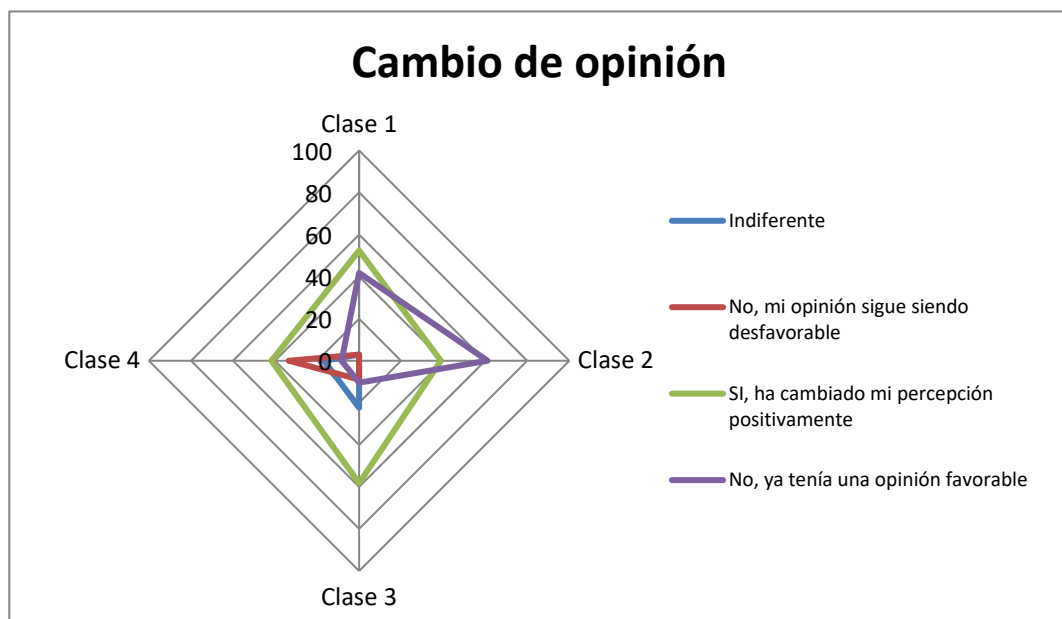


Figura 49 Perfil de clases sobre la base de las respuestas ante la presentación de nueva información.

Las respuestas concuerdan con el perfil de cada clase (ver Figura 28), la Clase 2 confía altamente en todas las variables, a diferencia de la Clase 4, que presenta una desconfianza generalizada. En un punto intermedio se posicionan las clases 1 y 3. La Clase 3 presenta desconfianza para UV, Altas Presiones, Tratamientos Químicos e Infrarrojo, y la Clase 1, la conformada por la mayor cantidad de individuos, presenta una confianza moderada (o es indiferente) para Rayos Gamma, Rayos X, Tratamientos Químicos e Infrarrojo y una confianza más considerable para UV, Altas Presiones, Tratamientos Físicos y Térmicos, siendo este último el que mayor valor presenta.

Conclusiones del capítulo

De toda la información presentada se concluye que la luz UV está marcadamente diferenciada de las demás tecnologías usualmente utilizadas, y si bien en el mayor grupo de encuestados hay una mediana aceptación del uso de UV en industria, tanto para saneamiento como en contacto directo con el alimento, tiene una aceptación considerablemente mayor que la radiación gamma, incluso llegando a presentar hasta casi dos puntos de diferencia en la escala (lo cual es pertinente al estudio). UV se asocia a luz solar y todos sus efectos (desde positivos, como bronceado, hasta negativos, como quemaduras y problemas en la vista). En todas las clases se vio una alta predisposición a cambiar de opinión, en el caso de que fueran negativas, cuando se le presenta nueva información sobre la radiación UV, más allá del nivel de estudio alcanzado, por lo que resultaría factible mejorar la opinión de los consumidores con campañas de divulgación. Aun así, la mayor parte de los encuestados no considera su uso como un actor determinante para no comprar un producto, pero prefieren que esa información figure en el rótulo.

Las clases con mayor participación porcentual son aquellas con una actitud más bien moderada frente al uso de tecnologías. Si bien hay diferencias marcadas entre ellas en cuanto a la percepción de la luz UV, en ambas clases la mayoría de los encuestados están dispuestos a cambiar de opinión frente a nueva información. Ambas clases conforman el 86 % de los encuestados (suman 170 de 200). Las clases menos representativas son aquellas con los individuos que tomaron posturas extremas, ya sea mostrando altos valores de confianza o desconfianza. De esta agrupación se desprende, además, que sólo un acotado número de

individuos presentó desconfianza generalizada, siendo de poco interés comercial, ya que un concepto es más redituable en la medida que lo asimile una mayor porción de la población.

Se concluye, finalmente, que es un panorama mejorable, pero favorable para una mayor aplicación de la luz UV en la industria.

CAPÍTULO 6: Proyecto de inversión para una operación en planta de especias

Caso

En este capítulo se presenta un proyecto de inversión cuyo objetivo es reducir los costos totales de una empresa dedicada a la producción y comercialización de especias, eliminando tiempos de logística y disminuyendo los de tratamiento para reducción de la carga microbiológica de sus productos, a través de la implementación de un sistema basado en UV0- C.

El proyecto de inversión propone una mejora para una empresa tipo PyME que se dedica a la producción y comercialización de especias. El área productiva está localizada en Córdoba, mientras que la planta de tratamiento y distribución está localizada en el Palomar, provincia de Buenos Aires. La planta tiene una producción propia semanal de 5 toneladas de distintas especias, las cuales, en la actualidad, son tratadas con radiación gamma en la Planta de Irradiación Semi Industrial (PISI) que tiene el Centro Atómico Ezeiza, dependiente de la Comisión Nacional de Energía Atómica, localizado en Ezeiza, Provincia de Buenos Aires.

La dosis de irradiación gamma a la que son sometidas las especias varía entre 7 y 10 kGray. La planta de tratamiento tiene un sistema batch continuo, en donde el producto se trata en vagones que pasan por la cámara irradiadora a una velocidad controlada para asegurar la energía necesaria para el tratamiento. Se cotiza por volumen, variando el precio entre 3 y 12 ARS/kg, generando un costo de 69 000 ARS/mes (se considera que se envía un 95 % de producto donde el kg es de 3 ARS/kg y 5 % de 12 ARS/kg). Este valor incluye el costo del transporte.

El PISI entrega un certificado al terminar el tratamiento donde se aclara la dosis aplicada, y el tiempo de entrega del producto tratado puede variar entre una semana y un mes.

La empresa, una vez recibido el producto irradiado, realiza recuentos de bacterias aerobias mesófilas y hongos y levaduras. En caso que el comprador final así lo requiera, se puede hacer investigación de *Salmonella*.

Consideraciones

- La planta ya cuenta con el espacio disponible para poder instalar un equipo de radiación UV, por lo que no es necesario alquilar un depósito extra. Realizar el proceso en la misma planta facilita el acceso de la materia prima; de manera que su traslado sería igual o menor que el requerido para cargar la materia prima al camión utilizado para llevar a irradiar.
- El estudio de flujo de fondos diferencial suele hacerse en dólares, pero como el tiempo de recuperación de la inversión es en pocos meses, se calculó en pesos argentinos.
- Todos los valores están referenciados al mes de mayo de 2016, con valores indexados y actualizados a esa fecha.
- El empleado de carga del camión será entrenado para convertirse en el operador del equipo. El dueño deberá comunicar el cambio de posición al sindicato. El tiempo de entrenamiento, estimado en una semana, se contemplará dentro del tiempo de tratamiento promedio del último batch tratado en Ezeiza, por lo que no presentará costos adicionales.
- Como beneficio agregado del proyecto, se produce una disminución en el capital inmovilizado al reducirse el tiempo total del tratamiento de dos semanas promedio a 1 día.
- Para los análisis de proyectos, esta empresa utiliza una tasa de descuento anual del 30 %, según información provista por el dueño de la misma.
- Se estimó una inflación anual del 25 % (datos oficiales), con actualizaciones mensuales del 1,87 %, y sin actualizaciones de la tarifa eléctrica para el resto del año.

Problemáticas a resolver

A lo largo del trabajo se presentaron problemáticas que deben resolverse para un tratamiento efectivo. Se debe considerar:

- La radiación UV-C es superficial: este es el factor determinante para un correcto dosaje. El alimento a tratar debe mantenerse en continuo movimiento para que todas sus caras queden expuestas

- La radiación UV-C no desactiva de manera instantánea y los microorganismos pueden reactivarse con la luz solar: luego del tratamiento, el alimento debe ser almacenado y resguardado de la luz por al menos 1 hora.
- La prolongada exposición puede generar daños en la vista y la piel: el operario debe utilizar el equipo adecuado

Solución propuesta

Diseño y materiales

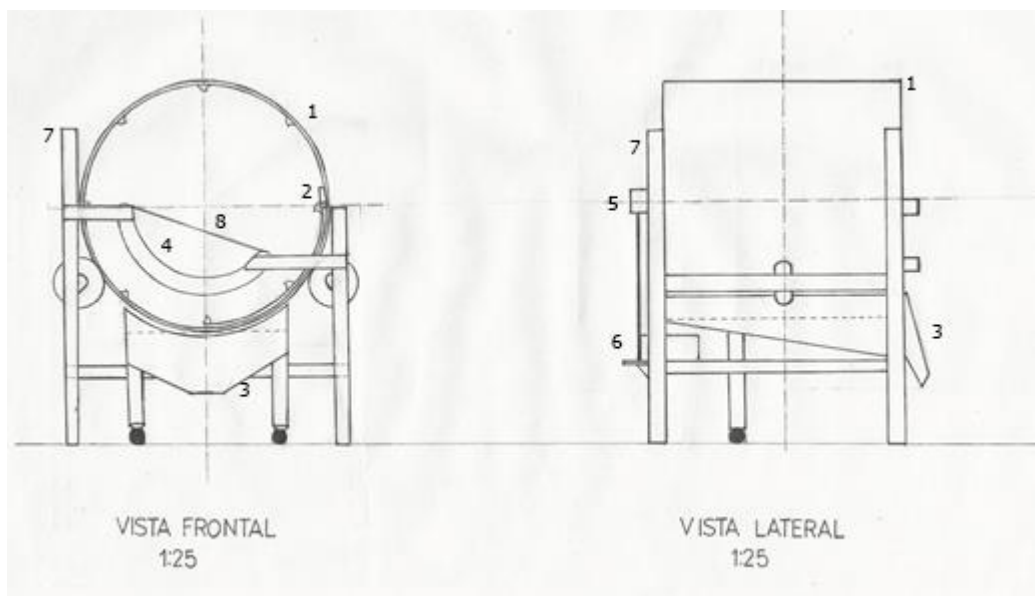


Figura 50. Esquema simple del prototipo de tambor rotatorio de carga frontal con red de lámparas de UV-C T8 (Phillips), que administrarán la dosis necesaria para la reducción microbiológica. Consta de: 1.Tambor de acero inoxidable 2. Placa semicilíndrica con canaletas. 3. Plataforma contenedora inclinada. 4. Semicilindro de lámparas UV-C. 5. Motor giratorio. 6. Caja/Panel de control. 7. Estructura de acero inoxidable. 8. Cubierta superior para lámparas.

Para afrontar el caso se propone un tambor horizontal de carga frontal con una red de lámparas (Figura 50) de UV-C T8 de 36 W (Philips) suspendidas, las cuales propiciarán la dosis necesaria. Los elementos del prototipo son:

1. Tambor de acero inoxidable: de radio de 75 cm, adicionado con aletas canaleteadas que permiten el movimiento continuo de las especias en la zona crítica de exposición.

Consta de un cuerpo principal con canaletas a lo largo de 5 cm de ancho, separadas entre sí por 5 cm.

2. Placa semicilíndrica con canaletas complementarias al tambor: La placa se corre mediante palanca manual a la posición de descarga del producto.
3. Plataforma contenedora inclinada: debajo del aparato, para el almacenamiento del producto apenas terminado el tratamiento. Posee ruedas que permiten su desplazamiento.
4. Semicilindro conformado de tubos de mercurio de baja presión T8 de 1,20 m de largo y 36 W. Radiación emitida: 15 W. Radio del semicilindro: 55 cm. Las lámparas deben cambiarse una vez al año. Deben ser extraíbles para limpieza CIP.
5. Motor giratorio: 3 kW y bobina en centro del cilindro.
6. Caja/panel de control: encendido/apagado del motor y las lámparas, según se necesite
7. Estructura de acero inoxidable: incluye dos ruedas que sirven como sostén del tambor y permiten su movimiento; y estructura desmontable que sirve de soporte para la estructura de tubos.
8. Cubierta superior de las lámparas: para evitar caída de producto que pueda dañar las lámparas. Debe ser de material que no sufra deterioro por exposición a luz ultravioleta a largo o mediano plazo. Debe ser extraíble. Puede combinarse con material reflexivo para redirigir el haz de luz.

Validación de las lámparas

Se realizó una prueba piloto para corroborar la efectividad de inactivación de las lámparas de UV-C. Se utilizó una caja UV en UADE Labs, que consta de 4 lámparas UV-C fijas de mercurio de baja presión Phillips TUV8 T8 de 30 W y de 1 m de longitud (Figura 51). Estas son análogas a las que se proponen en el tambor rotatorio, siendo la diferencia principal su longitud.



Figura 51 Caja UV ubicada en UADELabs Las muestras fueron expuestas a luz UV-C generada por 4 lámparas Phillips TUV8-T8 por un minuto.

Materiales

Los materiales utilizados fueron:

- cultivo en criocápsula obtenida a partir de un kit KwikStik™ de *Enterobacter. aerogenes* incubado 24 h en Caldo Tripteína Soja (TSB por sus siglas en inglés)
- tubos de ensayo con peptona 0,1 % para preparar las diluciones a inocular
- agar para recuento en placa (PCA –Plate Count Agar) en placas de Petri descartables estériles de polipropileno (20 placas).
- espátulas de Drigalsky
- micropipetas
- caja UV-C
- campana
- estufa y
- vortex para homogeneización
- Escala McFarland

Procedimiento

Se tomó el inóculo de *Enterobacter aerogenes* en TSB y se trasladó a un tubo de ensayo con peptona 0,1 % hasta lograr la turbidez característica del 0,5 de la escala MacFarland, lo que equivale a una concentración de $1,5 \times 10^8$ UFC/mL. Luego se realizaron diluciones seriadas hasta llegar a $1,5 \times 10^1$ UFC/mL (diluciones 10^{-1} hasta 10^{-7}). En placas con PCA se sembraron 0,1 ml de las tres últimas diluciones: 10^{-7} (correspondiente a una

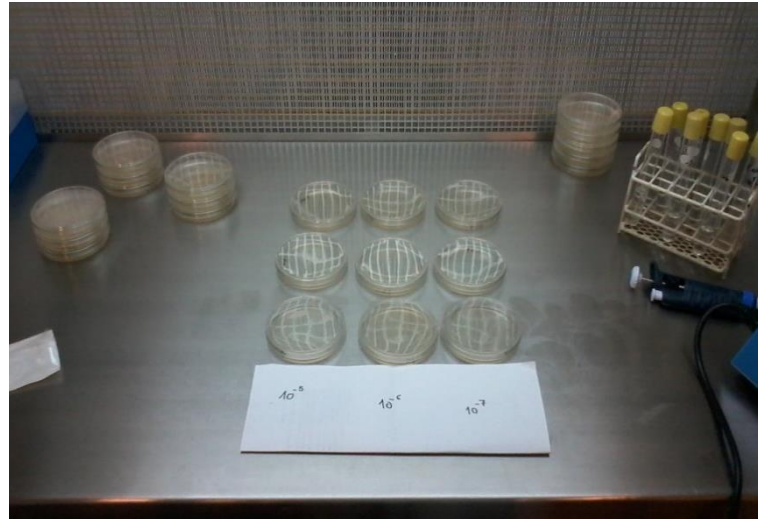


Figura 52 Placas a tratar en la caja UV. Se observan las diluciones utilizadas para la validación: 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} .

concentración aproximada de $1,5 \times 10^1$ UFC/mL), 10^{-6} ($1,5 \times 10^2$ UFC/mL) y 10^{-5} ($1,5 \times 10^3$ UFC/mL) por sextuplicado (Figura 52). Se esparció con espátulas de Drigalsky. Tres placas abiertas de cada dilución fueron tratadas en la caja de luz UV-C durante 1 minuto y tres placas se expusieron a luz natural por el tiempo equivalente. Una vez transcurrido el tiempo de tratamiento, las placas se incubaron a 37 °C por 24 h, en estufa de cultivo en condiciones de oscuridad (más Figuras de la validación en el Anexo P).

Condiciones de trabajo



Figura 53 Distintas mediciones de intensidad de radiación UV-C en la caja utilizada para la validación de las lámparas de TUV8.

Durante la validación se trabajó en condiciones normales de presión y temperatura (1 atm y 25 °C). Las placas se posicionaron a alrededor de 40 cm de distancia de la fuente de luz y se expusieron a una intensidad de radiación entre $1822 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ (punto de mayor intensidad) y $917 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ (punto de menor intensidad), medido con UVX Radiometer UVP (Figura 53).

Dosis estimada

Siguiendo el modelo presentado en la ecuación (1)

$$D \text{ (J/m}^2\text{)} = I \text{ (W/m}^2\text{)} \times t \text{ (s)} \quad (1)$$

reemplazando, se obtiene una dosis mínima de 550 J/m² y una máxima de 1093 J/m².

Resultados

Las placas tratadas no presentan crecimiento, casi sin excepción (Figura 54).



*Figura 54 Resultados obtenidos en las placas ya tratadas e incubadas. Las placas de Petri irradiadas con UV-C por 1 minuto no muestran crecimiento de **Enterobacter aerogenes**, mientras que las muestras control muestran crecimiento proporcional a su concentración inoculada.*

Una placa tratada con luz UV-C presentó crecimiento, debido a error experimental. Al inocular una de las placas de PCA se dañó la superficie del agar solidificado con la espátula de Drigalsky, permitiendo que microorganismos entraran por la ranura generada. Como se planteó previamente, la radiación UV-C es superficial, lo que explicaría la presencia de *Enterobacter* luego del tratamiento. Las placas no irradiadas presentaron un crecimiento acorde con la concentración inoculada (Tabla XVI):

Tabla XVI. Recuento en placa de la validación de las lámparas UV-C de UADELabs.

Dilución	Placa	Placa tratada (UFC)	Placa no tratada (UFC)
	1	-	3
-7	2	-	2
	3	-	6
	1	-	25
-6	2	1	30
	3	-	22
	1	-	incontable
-5	2	-	incontable
	3	-	247

Mantenimiento del prototipo

Se propone un sistema de mantenimiento que incluye controles anuales y mensuales, además de especificaciones de seguridad que deben ser permanentemente supervisadas

- Mantenimiento anual: se deben cambiar los tubos de luz por unos de similares características. En la inversión inicial se supone la compra de 20 lámparas, por lo que al año deberían comprarse 12 unidades. Estas lámparas deben ser validadas al momento de instalación.
- Mantenimiento mensual: limpieza interna del equipo. Sistema Clean In Place.

- Seguridad: evitar exposición: acelera envejecimiento de piel e incrementa riesgo de cáncer. Deben usarse gafas, ropas que cubran la piel
- Medición de la longitud de onda: la medida principal de cualquier fuente de UV es la potencia espectral o la distribución de su irradiancia espectral. Se mide con espectrorradiómetro (sistema óptico de entrada, monocromador, detector e indicador de UV).

Parámetros

Para calcular los parámetros de la operación unitaria, se numeran las lámparas empezando por la que se encuentra en el extremo derecho (1), hasta alcanzar el extremo izquierdo (16), según se muestra en la Figura 55.

Se trabajó con una superficie teórica que es significativamente menor que la de tratamiento real, con lo cual se pretende disminuir el margen del error más grave, insuficiencia de tratamiento, debido a la complejidad del modelado. Como es un aparato diseñado para ser usado con cualquier tipo de hierbas o especias, se usó de ejemplo una superficie plana, como la del orégano y se consideró que el tratamiento es aplicado en cada cara en el momento correspondiente

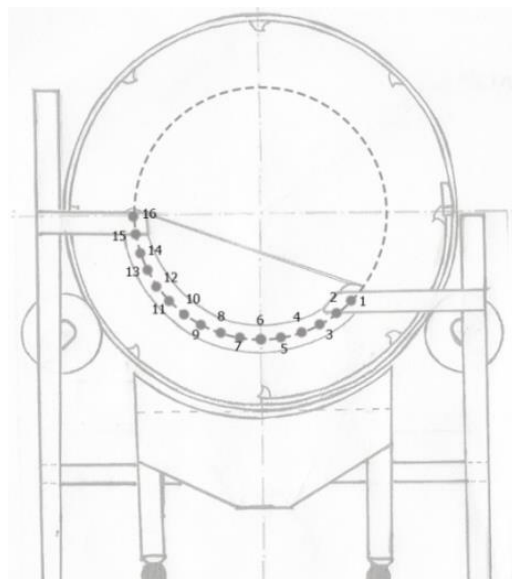


Figura 55 Cara frontal del tambor. Lámparas numeradas del 1 al 16.

Dosis total y tiempo de irradiación

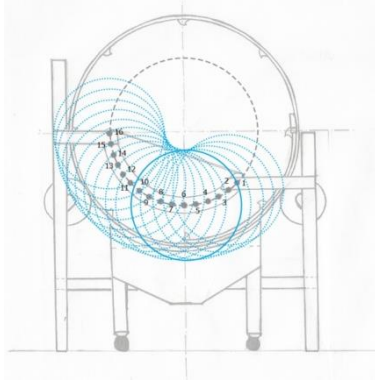


Figura 56 Zona teórica de irradiación de 35 cm de alcance desde el centro de cada lámpara.

Según las especificaciones de Philips TUV T8 36 W 1SL (Anexo Q), cada lámpara emite una radiación de 15 W, que equivalen a un giro de 2π en toda la superficie del tubo. Para aproximar la potencia recibida por m^2 , se trabajó con un área teórica (Figura 56) de 35 cm de alcance de la radiación por parte de la lámpara central (lámpara 6), formando así un sistema de curvas (4) entre el tambor y la curva teórica de la lámpara

$$\{x^2 + y^2 = 5625 ; x^2 + (y + 55)^2 = 1225\} \quad (4)$$

cuyas soluciones son $x \cong \pm 33$. Estos valores marcan también la distancia de los puntos de intersección. Se forma así un triángulo de aristas del radio del tambor y la distancia entre los puntos de intersección (Figura 57) (para ver en detalle los cálculos realizados de cada lámpara, referirse al Anexo R)

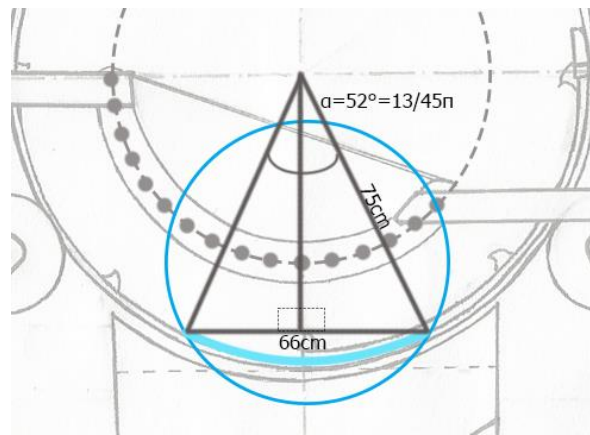


Figura 57 Diagrama del área teórica que servirá para el resto de las lámparas. Las hipotenusas de la semiamplitud de α corresponden al radio del tambor, mientras que los catetos opuestos corresponden a la distancia de la solución del sistema de curvas al centro (origen).

Sobre este triángulo se traza otro (Figura 58), con el centro en la lámpara 6, cuyas aristas tendrán de largo el radio de 35 cm.

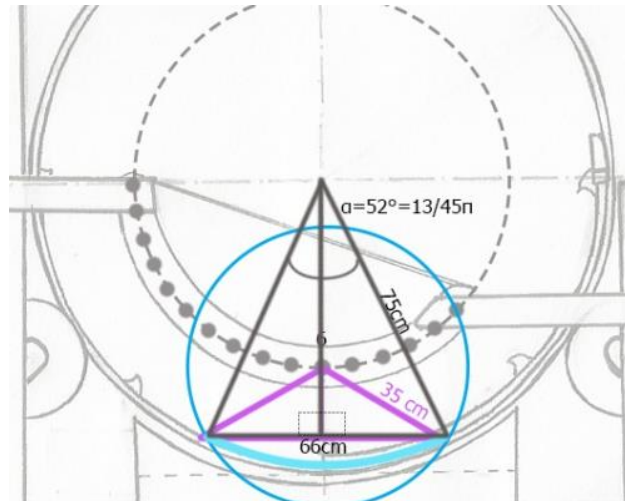


Figura 58 Diagrama para el cálculo de la potencia de la lámpara central. Las aristas comprendidas con el centro de la lámpara corresponden al radio de la curva teórica y la distancia de la solución del sistema de curvas al centro (origen).

A partir de estos datos se obtiene la amplitud del obtusángulo comprendido entre las aristas del radio, trazando una bisectriz que deje un ángulo recto (5):

$$\text{sen}\beta' = \frac{33}{35} \rightarrow \beta = \text{sen}^{-1}\left(\frac{33}{35}\right) = 70,5^\circ \cong 0,40\pi \quad (5)$$

El ángulo β completo tiene una amplitud de $0,80\pi$.

Se consideró a cada lámpara como un cuerpo negro, es decir como un *emisor* y *absorbedor perfecto de la radiación* (Çengel y Ghajar, 2011). Esto presenta ventajas importantes para el cálculo: el cuerpo emite energía de radiación uniforme independientemente de la dirección, por unidad de área normal, tratándose la energía como una función continua a cierta longitud de onda. A estos cuerpos teóricos se los denomina *emisores difusos* (Çengel y Ghajar, 2011).

Considerando que cada lámpara emite constantemente una potencia de 12 W en una amplitud de 2π , en la zona entre los dos puntos llegarán, según una regla de tres simple (6), 6,0 W.

$$P = \frac{0,8\pi \times 15W}{2\pi} = 6,0 W \quad (6)$$

Para las siguientes lámparas comprendidas dentro del radio teórico (entre la 2 y la 10) se hacen aproximaciones siguiendo una metodología similar: se medirá la amplitud del ángulo que comprendan entre los puntos de intersección. Cada centro de lámpara, a su vez está separada por 8 cm de arco, lo que equivale a unos $8,30^\circ$ ($0,046\pi$) de separación entre cada una.

Lámpara 7 y 5

En la Figura 59 se diagrama el esquema de relaciones trigonométricas a seguir para aproximar la amplitud de los ángulos incidentes en la superficie a calcular a 135° , lo que equivaldría a $0,75\pi$.

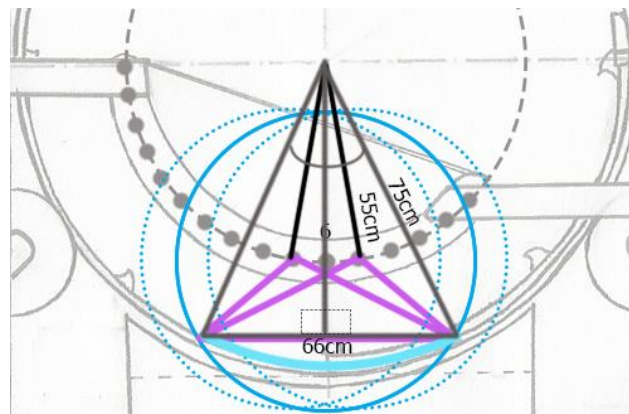


Figura 59 Diagrama para el cálculo de la potencia de las lámparas 7 y 5. La distancia del centro del tambor a cada lámpara es siempre la misma: 55 cm.

Lámparas 8 y 4

Análogamente, la Figura 60 muestra el diagrama para las lámparas 8 y 4. El ángulo entre la bisectriz del ángulo principal se corre $8,30^\circ$ aproximadamente, al lugar de las lámparas 8 y 4, formando un ángulo de $16,60^\circ$. Volviendo a aplicar las mismas reglas que en el caso anterior, se aproxima la apertura de estos ángulos a 123° , o su equivalente: $0,68\pi$.

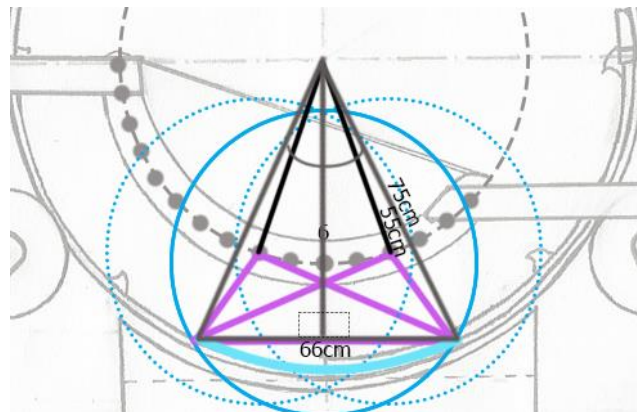


Figura 60 Diagrama para el cálculo de la potencia de las lámparas 8 y 4. La distancia del centro del tambor a cada lámpara es siempre la misma: 55 cm.

Lámparas 9 y 3

El ángulo de amplitud para las lámparas 9 y 3 (Figura 61), resulta ser de aproximadamente 102° , o $0,57\pi$

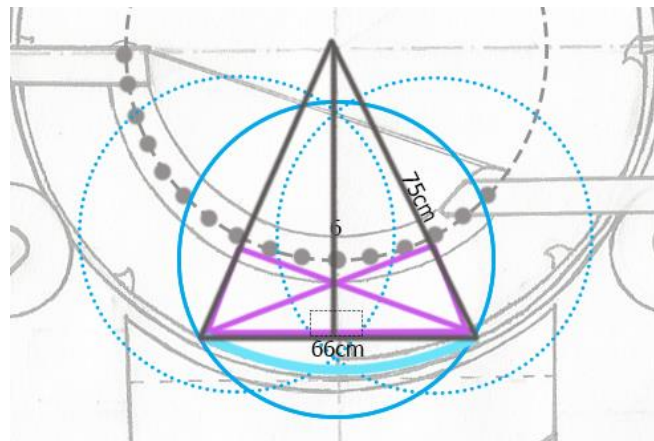


Figura 61 Diagrama para el cálculo de la potencia de las lámparas 9 y 3. La distancia del centro del tambor a cada lámpara es siempre la misma: 55 cm.

Lámparas 10 y 2

Por último, siguiendo la misma dinámica que las lámparas anteriores, la amplitud que alcanzan las lámparas 10 y 2 (Figura 62) es de $79,2^\circ$ o $0,44\pi$.

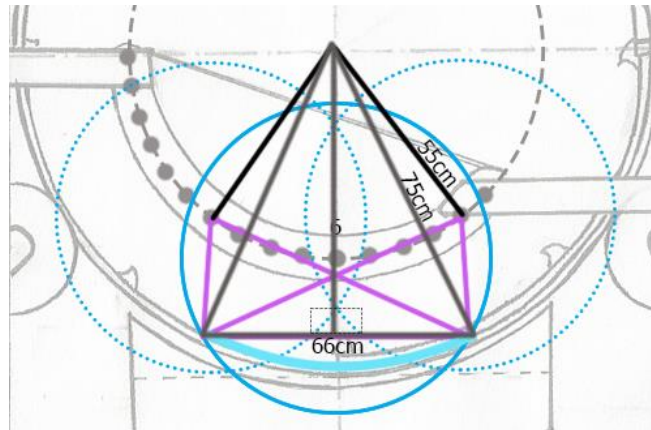


Figura 62 Diagrama para el cálculo de la potencia de las lámparas 10 y 2. La distancia del centro del tambor a cada lámpara es siempre la misma: 55 cm.

Potencia total

Según las especificaciones de Philips TUV T8 36 W 1SL (Anexo Q), cada lámpara emite una radiación de 15 W, que equivale a un giro de 2π en toda la superficie del tubo. La potencia asociada a cada lámpara se aproximará haciendo una regla de tres simple, en donde π equivale a 7,5 W:

Lámpara 10:

$$P = \frac{7,5W \times 0,44\pi}{\pi} = 3,3W \tag{7}$$

Lámpara 9:

$$P = \frac{7,5W \times 0,57\pi}{\pi} = 4,3W \tag{8}$$

Lámpara 8:

$$P = \frac{7,5W \times 0,68\pi}{\pi} = 5,1W \tag{9}$$

Lámpara 7:

$$P = \frac{7,5W \times 0,75\pi}{\pi} = 5,6W \tag{10}$$

Lámpara 6:

$$P = \frac{7,5W \times 0,80\pi}{\pi} = 6,0W \quad (11)$$

Lámpara 5:

$$P = \frac{7,5W \times 0,75\pi}{\pi} = 5,6W \quad (12)$$

Lámpara 4:

$$P = \frac{7,5W \times 0,68\pi}{\pi} = 5,1W \quad (13)$$

Lámpara 3:

$$P = \frac{7,5W \times 0,57\pi}{\pi} = 4,3W \quad (14)$$

Lámpara 2:

$$P = \frac{7,5W \times 0,44\pi}{\pi} = 3,3W \quad (15)$$

La suma de estas potencias da un valor aproximado de tratamiento de 42,6 W, los cuales no se reparten en una superficie plana, sino en un fragmento de la curva del tambor, cuya superficie real corresponde a (16):

$$S = \{(x, y, z) \in R^3: x^2 + z^2 = 5626; 0 \leq y \leq 1,20\} \quad (16)$$

Cambio de coordenadas a cilíndricas en (17) y (18):

$$\begin{cases} x = 75 \cos v \\ y = u \\ z = 75 \operatorname{sen} v \end{cases} \quad (17)$$

$$T_{(u,v)} = \{(u, v) \in R^2 \rightarrow R^3: (75 \cos v, u, 75 \operatorname{sen} v)\} \quad (18)$$

Esta transformada, para este caso, tendría el siguiente dominio (19):

$$D = \left\{ (u, v) \in R \rightarrow 0 \leq u \leq 120, 0 \leq v \leq \frac{13}{45} \pi \right\} \quad (19)$$

Pasando directamente a la integral de superficie (20):

$$a(S) = \int_0^{\frac{13}{45}\pi} \int_0^{120} 75 \, dudv = 75 \times 120 \times \frac{13}{45} \pi = 8162,14 \, \text{cm}^2 = 0,81 \, \text{m}^2 \quad (20)$$

Es decir que la irradiancia o potencia de irradiación en el área teórica (es decir, considerando las 9 lámparas) de tratamiento (Figura 63) es $42,6W / 0,81m^2 = 52,6W / m^2$.

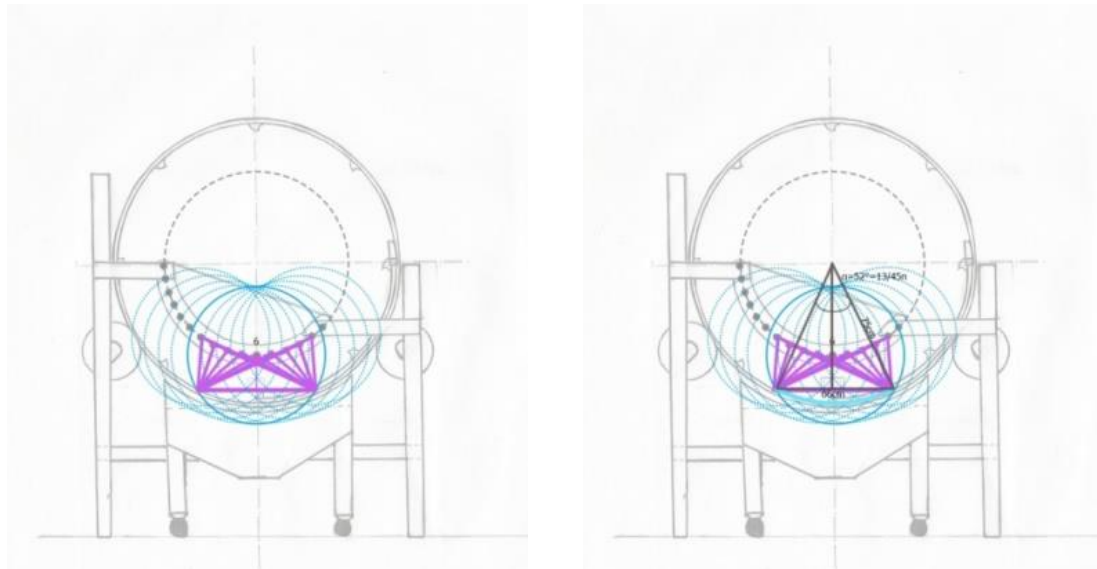


Figura 63 Diagrama total de área de tratamiento desde la lámpara 2 hasta la lámpara 10.

Según se señala en la Tabla IV, la dosis necesaria para una reducción 4 log de *Salmonella spp.* es de $140 \, \text{J/m}^2$.

Empleando la fórmula de dosis necesaria (1), se calcula el tiempo mínimo necesario para inactivar *Salmonella spp.* en la superficie.

$$D \left[\frac{\text{J}}{\text{m}^2} \right] = I \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right] \times t[\text{s}] \quad (1)$$

$$140 \text{ J/m}^2 = 52,6 \text{ W/m}^2 \times t[\text{s}] \quad (1.1)$$

$$t[\text{s}] = \frac{140 \text{ J/m}^2}{52,6 \text{ W/m}^2} \quad (1.2)$$

$$t[\text{s}] = 2,7\text{s} \quad (1.3)$$

Teniendo en cuenta que el efecto de la radiación UV-C es superficial, y considerando orégano trozado en forma de partícula de 0,5 mm de alto, una capa homogénea de orégano de 1 m² tardaría 2,7 s en inactivarse de un lado y 2,7 s de otro. Si se supone una carga de 10 cm de alto diametralmente al tambor, cada una homogénea y superpuesta una de la otra, se calculan 200 capas apiladas o un total de 400 caras a tratar. Con una regla de tres simple (21) se calcula:

$$1 \text{ cara} \rightarrow 2,7\text{s}$$

$$400 \text{ caras} \rightarrow x = 1080 \text{ s} = 18 \text{ min} \quad (21)$$

El tiempo estimado de tratamiento para una inactivación 4 log de *Salmonella spp.* por m² es de 20 minutos.

Cantidad por batch

Para calcular el volumen de producto que entraría en 10 cm de altura en 1 m² se realizó una transformada de coordenadas nuevamente:

$$S = \{(x, y, z) \in R^3: 4225 \leq x^2 + z^2 \leq 5626; 0 \leq y \leq 1,20\} \quad (22)$$

$$\begin{cases} x = r \cos \theta \\ y = y \\ z = r \text{ sen } \theta \end{cases} \quad (23)$$

$$T_{(r,\theta,y)} = \{(r, \theta, z) \in R^3 \rightarrow R^3: (r \cos \theta, y, r \text{ sen } \theta)\} \quad (24)$$

Se calcula el Jacobiano según (25):

$$|\delta T| = \det \begin{pmatrix} \cos \theta & -r \operatorname{sen} \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ \operatorname{sen} \theta & r \cos \theta & 0 \end{pmatrix} = r \quad (25)$$

Entonces, para calcular el volumen:

$$\iiint_M r \, dV \quad (26)$$

Con un dominio

$$D = \left\{ (r, \theta, z) \in R \rightarrow 65 \leq r \leq 75, 0 \leq \theta \leq \frac{13}{45}\pi, 0 \leq y \leq 120 \right\} \quad (27)$$

$$\begin{aligned} & \int_0^{\frac{13}{45}\pi} \int_{65}^{75} \int_0^{120} r \, dy \, dr \, d\theta \\ &= 120 \int_0^{\frac{13}{45}\pi} \int_{65}^{75} r \, dr \, d\theta \\ &= 120 \times (75^2 - 65^2) \int_0^{\frac{13}{45}\pi} d\theta = 120 \times (75^2 - 65^2) \times \frac{13}{45} \pi \quad (28) \end{aligned}$$

$$\int_0^{\frac{13}{45}\pi} \int_0^{75} \int_0^{120} r \, dy \, dr \, d\theta = 152472 \, \text{cm}^3 = 0,15 \, \text{m}^3 \quad (29)$$

Considerando que 0,3 kg de orégano corresponden a $2,5 \cdot 10^{-4} \, \text{m}^3$, un volumen de $0,15 \, \text{m}^3$ corresponde a 180 kg de orégano.

En conclusión, considerando homogeneidad debido a la más extensa superficie de tratamiento y un continuo movimiento del producto, se estiman 20 minutos de tratamiento por 180 kg de producto.

Confirmación del proceso

Estos cálculos deberán corroborarse a través de ensayos de laboratorio en una planta piloto, con un sistema similar de tambor rotatorio a menor escala. Será necesario un recuento de bacterias aerobias mesófilas (BAM) en muestras tratadas y no tratadas y preferentemente a distintos tiempos de exposición. Como se describió antes, el principal agente contaminante de las especias que puede afectar su inocuidad es *Salmonella spp.*, por lo que deben llevarse a cabo ensayos de presencia en las mismas condiciones que el recuento de BAM, para llegar a cumplir los requerimientos que establece el Código Alimentario Argentino (CAA c).

Posibles mejoras

Se proponen complementos que aumentarían el costo del tambor, pero mejorarían su rendimiento:

- Recubierta de un material altamente reflectivo para aumentar la intensidad del UV-C y minimizar sombras en zonas irregulares (Yaun, 2002)
- Carcasa contenedora cerrada: disminuye el contacto de la luz UV del operario y permitiría dejar el batch de producto en oscuridad en el tambor mismo, en vez de tener que vaciarlo una vez terminado el tratamiento.
- Protección del alimento en caso de proyecciones de lámparas rotas: cubierta inferior al semicilindro de lámparas con cristal que permita el paso del haz de luz.

Costo estimado de instalación

Se estima que llevar a cabo la construcción del prototipo costaría alrededor de ARS 73 500. En la Tabla XVII se detallan los costos estipulados a mayo de 2016.

Tabla XVII. Costos de instalación estipulados a mayo de 2016

Materiales	Costo unidad	Cantidad necesaria	Costo total
Acero inoxidable	ARS 18 000	1	ARS 18 000
Motor 3kW	ARS 10 000	1	ARS 10 000
Lámparas UV	ARS 1000	20	ARS 20 000
Soportes acero inoxidable	ARS 8000	1	ARS 8000
Otros gastos*	ARS 9000	1	ARS 9000
Instalación Eléctrica	ARS 3000	1	ARS 3000
Equipo Seguridad Operador	ARS 5500	1	ARS 5500
<i>Total**:</i>			ARS 73 500

*Incluye: ruedas sostén, caja de panel de control, plataforma contenedora, cubierta superior de semicilindro de lámparas.

**No incluye costos de mano de obra.

Costo estimado de consumo energético

Se estima un costo energético de 144 kW/mes, detallado en la Tabla XVIII. Siguiendo los valores presentados por EDENOR (Anexo S) para baja tensión sin subsidio y una potencia menor que 300 kW, se calcula el costo del consumo energético aproximado en ARS 149,22 /mes (Tabla XIX).

Tabla XVIII. Costo energético mensual del prototipo de tambor rotatorio

Elemento	Cantidad	kW/h	kW/mes
Motor	1	3	120
Lámpara	16	0,6	24
<i>Total:</i>			144

Tabla XIX. Costo energético mensual actualizados a mayo de 2016.

Baja tensión	ARS/kW- mes cargo fijo	ARS/kWh	Importe antes de impuestos	Impuestos e IVA	ARS/mes
Cargo potencia pico	68,71	0,369	121,85	34,12	155,96
Cargo potencia fuera de pico	59,76	0,358	111,31	31,17	142,48
<i>Promedio</i>					149,22

Al ser su uso de 2 horas por día, se presenta el costo máximo (suponiendo que se usa en el momento pico de consumo) y mínimo (suponiendo que se usa en el valle de consumo).

Análisis de Inversión

En la Tabla XX se detalla el plan anual de inversión. El primer mes registra un valor negativo de inversión, el cual es recuperado totalmente para el segundo mes, con una tasa interna de retorno de 96%. Se registra un costo de mantenimiento anual de ARS 20 000. El valor acumulado al año es ARS 708 597. La Figura 64 grafica el valor actual mensual acumulado a lo largo del primer año de inversión.

Tabla XX. Detalle del análisis de inversión

	Mes #												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
+ Ahorro Irradiación		\$ 69.000	\$ 70.290	\$ 71.605	\$ 72.944	\$ 74.308	\$ 75.697	\$ 77.113	\$ 78.555	\$ 80.024	\$ 81.520	\$ 83.045	\$ 84.598
- Consumo eléctrico		\$ 149	\$ 149	\$ 149	\$ 149	\$ 149	\$ 149	\$ 149	\$ 149	\$ 149	\$ 149	\$ 149	\$ 149
- Inversión maquinaria e Instalación	\$ (65.000)												
- Inversión instalación nueva línea eléctrica	\$ (3.000)												
-Equipamiento de seguridad	\$ (5.500)												
Total Inversión	\$ (73.500)	\$ 69.149	\$ 70.440	\$ 71.754	\$ 73.093	\$ 74.457	\$ 75.847	\$ 77.262	\$ 78.704	\$ 80.173	\$ 81.670	\$ 83.194	\$ 84.747
Valor actual mensual no acumulado	\$ (73.500)	\$ 67.661	\$ 67.440	\$ 67.219	\$ 67.000	\$ 66.781	\$ 66.563	\$ 66.345	\$ 66.129	\$ 65.913	\$ 65.698	\$ 65.484	\$ 49.866
Valor actual mensual acumulado	\$ (73.500)	-\$ 5.839	\$ 61.600	\$ 128.819	\$ 195.819	\$ 262.600	\$ 329.162	\$ 395.508	\$ 461.636	\$ 527.549	\$ 593.247	\$ 658.731	\$ 708.597

Se calcula un Valor Actual Neto (a 1 año) de ARS 708 597, con una tasa interna de retorno del 96 % y un período de repago de 2 meses.

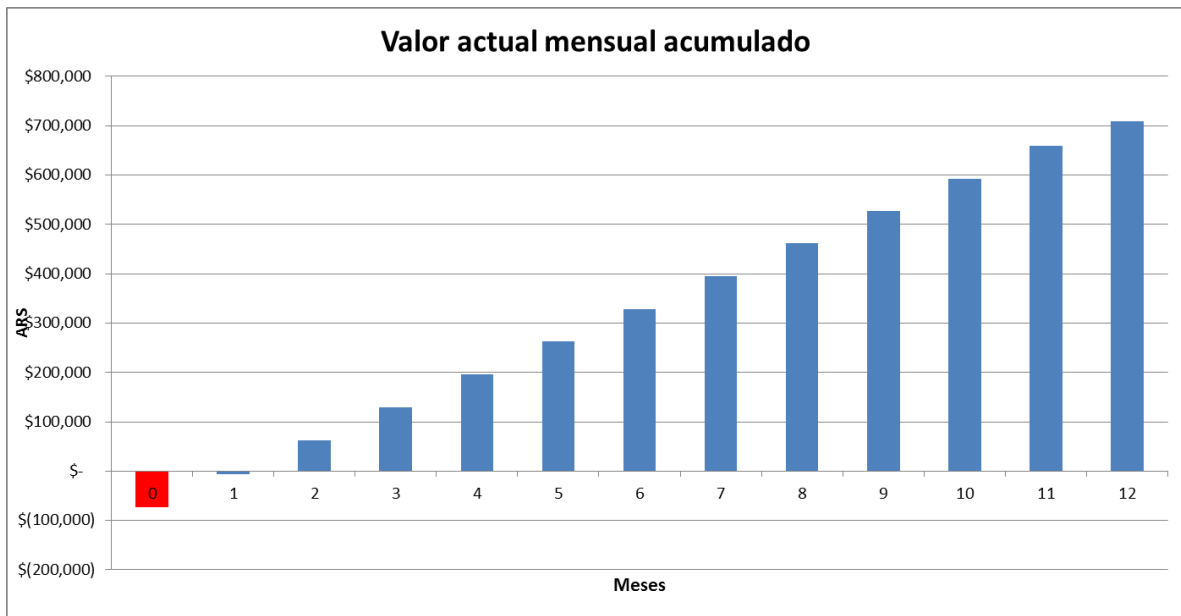


Figura 64 Valor actual mensual acumulado. El período de repago es de dos meses.

Ventajas competitivas

El tambor prototipo presenta las siguientes ventajas principales sobre el método usado por la empresa:

- Eliminación de costos y tiempos de logística
- Disponibilidad casi inmediata del stock tratado
- Reducción de costos y tiempos de tratamiento
- Fácil control
- Mejor aceptación por parte del consumidor
- Fácilmente adaptable a las necesidades del producto
- Como beneficio agregado del proyecto, se produce una disminución en el capital inmovilizado al reducirse el tiempo total del tratamiento de dos semanas promedio a 1 día.

Conclusión del capítulo

El tambor propuesto presentaría una mejora apreciable para el sistema de reducción de microorganismos actualmente utilizado por la empresa del caso práctico, con una inversión recuperable al cabo de dos meses y con un mínimo costo de mantenimiento y operación, en comparación con el método en uso actualmente.

Conclusión

A través del desarrollo del proyecto se ha establecido el marco situacional de la radiación ultravioleta. Se percibió una falta de legislación tanto a nivel nacional como mundial, siendo el caso excepcional EE. UU. También se estudió si el consumidor aceptaría un cambio de tecnología, a lo que gran porcentaje de los encuestados demostró una marcada adaptabilidad a nueva información, aun si en un inicio no consideraba aceptable su uso. Por último, se establecieron diferencias significativas entre la percepción de radiación gamma y UV, uno de los principales objetivos del estudio.

La disponibilidad bibliográfica y tecnológica hace factible el desarrollo de métodos adaptados a diferentes situaciones dentro de la industria, con apoyo en innumerable material bibliográfico; incluso, como es en el caso descrito en este proyecto, con una mínima inversión inicial y un máximo retorno, generando un valor agregado para el consumidor (por usar tecnología más limpia) con un costo agregado menor para el productor.

La visión a futuro es prometedora. Como se planteó al iniciar el proyecto, de seguir desarrollándose, podría ser una oportunidad a nivel nacional para ser pioneros en el uso de UV-C de manera directa en el procesamiento de alimentos.

Bibliografía

- ABCya.com, L.L.C. *World Clouds for Kids!* [juego en línea]. [Consulta: 05 de Julio 2016]. <http://www.abcya.com/word_clouds.htm.>
- Addinsoft. *XLSTAT-Base Student Edition* [software]. 1 CD-ROM. Requisitos del sistema: compatible con Linux, Mac y Windows.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). *Guide to Occupational Exposure Values*. Cincinnati, Estados Unidos. 1995. ISBN 1-882417-12-7, 1995
- Andrade-Cuvi, M. J., Moreno-Guerrero, C., Concellón, A. y Chicaiza-Velez, B. Efecto hormético de la radiación UV-C sobre el desarrollo de *Rhizopus* y *Phytophthora* en naranjilla (*Solanum quitoense*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. Jun. 2013, vol. 14, n. 1, p. 64-70. ISSN 1665-0204.
- Antonio-Gutiérrez, O. T., Palou, E. y López-Malo, A. Equipos para tratamientos de alimentos con radiación UV-C. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. Ago./Dic. 2012, vol. 6, n. 2, p. 149-159. ISSN 1547-1648.
- Azhualappil, Z., Fan X., Geveke, D. J. Y Zhang, H. Q. Thermal and nonthermal processing of apple cider: storage quality under equivalent process conditions. *Journal Of Food Quality*. Oct. 2010, vol. 33, n. 5, p. 612-631. ISSN 0146-9428.
- Bendini, A., Galina Toschi, T. y Lercker, G. Influence of gamma irradiation and microwaves on the linear unsaturated hydrocarbon fraction in spices. *European Food Research and Technology*. Sep. 1998, vol. 207, n. 3, p. 214-218. ISSN 1438-2377.
- Ben-Yehoshua, S., Rodov, V., Kim, J. J. y Carmeli, S. Preformed and induced antifungal materials of citrus fruits in relation to the enhancement of decay resistance by heat and ultraviolet treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Jul. 1992, vol. 40, n. 7, p. 1217-1221. ISSN 0021-8561.
- Bialka, K. L. y Demirci, A. Decontamination of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* on blueberries using ozone and pulsed UV-light. *Journal of Food Science*. Nov./Dic. 2007, vol. 72. n. 9, p. M391-M396. ISSN 1750-3841.
- Bialka, K. L. y Demirci, A. Efficacy of pulsed UV-light for the decontamination of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. on raspberries and strawberries.

Journal of Food Science. Jun./Jul. 2008, vol. 73. n 5, p. M201-M207. ISSN: 1750-3841.

- Burt, S. A. y Reinders, R. D. Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7. *Letters in applied microbiology*. Mar. 2006, vol. 36, n. 3, p. 162-167. ISSN 0266-8254.
- Cameroni, M. G. Hierbas aromáticas y especias Informe Sectorial n° 9. *Anual 2012* [en línea]. 2013. [Consulta: 15 Ago 2015]. <
http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/aromaticas/informes/Info_Aromaticas_09_2012.pdf>
- Çengel, Y. A. y Ghajar, A. J. *Transferencia de calor y masa: fundamentos y aplicaciones*. 4a ed. México, D. F.: McGraw-Hill. 2011. 944 p. ISBN 9786071505408.
- Char, C. D., Mitilinaki, E., Guerrero, S. N. y Alzamora, S. M. Use of high-intensity and UV-C light to inactivate some microorganisms in fruit juices. *Food and Bioprocess Technology*. Dic. 2010, vol. 3, n. 6, p. 797-803. ISSN 1935-5130.
- Chmielewski, A. G. y Migdal, W. Radiation Decontamination of Herbs and Spices. *Nukelonika*. Nov. 2005, vol. 50 n. 4, p. 179-184. ISSN 0029-5922.
- Codex Alimentarius (CAC) - STAN 106-1983, REV. 1-2003. [en línea]. [Consulta: 05 julio 2016]. <
http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%2BSTAN%2B106-1983%252FCXS_106s.pdf>
- Código Alimentario Argentino (CAA a). Capítulo III. De los Productos Alimenticios [en línea]. [consulta: 05 Julio 2016].
<http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Capitulo_III.pdf>
- Código Alimentario Argentino (CAA b). Capítulo XI. Bebidas Hídricas, Aguas y Aguas Gasificadas [en línea]. [consulta: 05 Julio 2016].
<http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/CAPITULO_XII.pdf>
- Código Alimentario Argentino (CAA c). Capítulo XVI. Correctivos y Coadyuvantes. Artículo 1201bis [en línea]. [consulta: 05 julio 2016].
<http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/CAPITULO_XVI.pdf>

- Comité Científico de la Unión Europea. Radiación Ultravioleta. *Glosario General – Comisión Europea* [en línea]. [consulta: 05 julio 2016].
<http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/artificial-light/es/glosario/pqrs/radiacion-ultravioleta.htm>
- Consejo Federal de Ciencia y Tecnología (COFECYT). Especies Hierbas Aromáticas y Medicinales. *Debilidades y Desafíos Tecnológicos del Sector Productivo*. [en línea]. (2008). [Consulta: 05 Julio 2016].
<http://www.cofecyt.mincyt.gov.ar/pcias_pdfs/catamarca/uia_esp_hierbas_08.pdf>
- Daro UV Systems LTD: Food industries applications – Transfer tunnels [en línea] 2010 [consulta: 05 julio 2016]
<<http://www surfacedisinfection.co.uk/UV%20food%20disinfection%20tunnels.htm>>
- Domínguez, L. y Parzanese M. Luz Ultravioleta en la conservación de alimentos. *Revista Alimentos Argentinos*. Nov. 2011, n 52, p. 70-76. ISSN 0328-9168.
- EDENOR (Empresa Distribuidora y Comercializadora Norte). Cuadro Tarifario. *Reglamentaciones*. [en línea]. [Consulta: 05 Julio 2016].
<<http://www.edenor.com.ar/cms/files/SP/CuadroTarifario.FEB2016.pdf>>
- Erdoğdu, S.B., Ekiz, H.İ. Effect of ultraviolet and far infrared radiation on microbial decontamination and quality of cumin seeds. *Journal of Food Science*. Jun./Jul. 2011, vol. 76, n. 5, p. M284-M292. ISSN: 1750-3841.
- Farkas, J. y Andrásy, É. Comparative investigation of some effects of gamma radiation and ethylene oxide on aerobic bacterial spores in black pepper, *Proceedings of. IUMS-ICFMH 12th Int. Symp. Microbial Assoc. and Interactions in Food*. Kiss, I, Deák, T., Incze, K. (Editores), Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungría, 1984. p. 393-399.
- Food and Drug Administration (FDA). Draft risk profile: pathogens and filth in spices.[en línea] 2013. [consulta: 05 Julio 2016].
<<http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodScienceResearch/RiskSafetyAssessment/UCM367337.pdf>>
- Food and Drug Administration (FDA) Code of Federal Regulations Title 21, Part 179: Irradiation in the production, processing and handling of food. Estados Unidos [en línea]. [consulta 05 Julio 2016].

<<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcr/CFRSearch.cfm?CFRPart=179>>

- Geveke, D. UV inactivation of *E. coli* in liquid egg-white. *Food and Bioprocess Technology*. Jun. 2008, vol. 1, n. 2, p. 201-206. ISSN 1935-5130.
- Gil Hernandez, A., Juarez Iglesias, M. y Fontecha Alonso, J. Influencia de los procesos tecnológicos sobre el valor nutritivo de los alimentos. En Gil Hernandez, A *et al. Tratado de nutrición*. 2da ed v 2. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana. 2010. Capítulo 20. EAN: 9788498353471
- Grecz, N., Rowley, D. B. y Matsuyama, A. The action of radiation on bacteria and viruses. En: Josephson, E.S., y Peterson, M.S. *Preservation of Foods by Radiation V. 2*. Boca Raton, CRC Press. 1983. P. OSTI Identifier: 6452071
- Hamanaka, D., Norimura, N., Baba, N., Mano, K., Kakiuchi, M., Tanaka, F. y Uchino, T. Surface decontamination of fig fruit by combination of infrared radiation heating with ultraviolet irradiation. *Food Control*. Mar./Abr. 2011, vol. 22, n 3, p. 375-380. ISSN 0956-7135.
- Hassan-Montero, Y. y Herrero-Solana, V. Improving Tag-Clouds as Visual Information Retrieval Interfaces. *I International Conference on Multidisciplinary Information Sciences and Technologies InSciTri 2006* [en línea]. Mérida, España, Oct. 25-28, 2006. [Consulta: 01 septiembre 2016].
<https://www.researchgate.net/publication/288914107_Improving_tag-clouds_as_visual_information_retrieval_interfaces>
- Hidaka, Y. y Kubota, K. Study on the sterilization of grain surface using UV radiation. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*. Abr./May./Jun. 2006, vol. 40, n. 2, p. 157-161. ISSN 0021-355
- International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Frequencies: Ultraviolet. [en línea]. 2016. [consulta 05 Julio 2016]. Disponible <http://www.icnirp.org/en/frequencies/uv/index.html>
- International Radiation Protection Association/International Non-Ionizing Radiation Committee (IRPA/INIRC). Guidelines on limits of exposure to radiofrequency electromagnetic fields in the frequency range from 100 kHz to 300 GHz. *Health Phys.* Vol. 54. p: 115–123. 1988

- Jay, J. M., Loessner, M. J. y Golden, D. A. *Microbiología moderna de los alimentos*. 5a ed. Zaragoza, Acribia, 2009. 804 p. ISBN 9788420011257.
- Joint FAO/IAEA/WHO. Study Group on High-Dose Irradiation (Wholesomeness of Food Irradiated with Doses above 10 kGy). 1997: Geneva, Switzerland.
- Keklik, N. M., Demirci, A. y Puri, V. M. Inactivation of *Listeria monocytogenes* on unpackaged and vacuum-packaged chicken frankfurters using pulsed UV-light. *Journal of Food Science*. Oct. 2009, vol. 74, n. 8, p. M431-M439. ISSN 1750-3841.
- Koutchma, T. Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. *Food and Bioprocess Technology*. Jun. 2009, v. 2, n. 2, p.: 138-155. ISSN 1935-5130.
- Koutchma, T., Forney, L. J. y Moraru, C. I. *Ultraviolet Light in Food Technology: Principles and Applications*. 1ra ed. Boca Raton, CRC Press. 2009. Capítulo 5. ISBN 9781420059502.
- Kuorwel, K. K., Cran, M. J., Sonneveld, K., Miltz, J. y Bigger, S. W. Essential oils and their principal constituents as antimicrobial agents for synthetic packaging films. *Journal of Food Science*. Nov./Dic. 2011, vol. 76, n. 9, p. R164-R177. ISSN 1750-3841.
- Li, D., Baert, L., De Jonghe, M., Van Coillie, E., Ryckeboer, J., Devlieghere, F. y Uyttendaele M. Inactivation of Murine Norovirus 1, Coliphage X174 and *Bacillus fragilis* Phage B40-8 on surfaces and fres-cut iceberg lettuce by hydrogen peroxide and UV Light. *Applied and Environmental Microbiology*. Feb. 2011, vol. 77, n. 4, p. 1399-1404. ISSN 0099-2240.
- Loaharanu, P. Status and prospects of food irradiation. *Food Technology*. May. 1994, vol. 48, n. 5, p. 124-131. ISSN 0015-6639.
- Mamane-Gravetz, H. y Linden, K.G. Relationship between physiochemical properties, aggregation and u.v. inactivation of isolated indigenous spores in water. *Journal of Applied Microbiology*. Feb. 2005, vol. 98, n. 2, p. 253-396. ISSN 1365-2672.
- Mercier, J., Baka, M., Reddy, B., Corcuff, R. y Arul, J. Shortwave ultraviolet irradiation for control of decay caused by *Botrytis cinerea* in bell pepper: induced

resistance and germicidal effects. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. Ene. 2001, vol. 126, n. 1, p. 128-133. ISSN 0003-1062.

- Ministerio de Agroindustria. Mesa nacional de las cadenas de valor de las plantas aromáticas y especias. *Plan estratégico Agroalimentario y Agroindustrial 2020*. Argentina. 2014.
http://www.agroindustria.gob.ar/site/desarrollo_rural/producciones_regionales/01_origen_vegetal/04_hierbas_ arom%C3%A1ticas_y_especies/ publicaciones/peaAromaticas2014.pdf
- Parra, P. y Cameróni, M. G. Cadenas Alimentarias: Hierbas Aromáticas y Especias. *Revista Alimentos Argentinos*. Jun. 2009, n. 45, p. 33-44. ISSN 0328-9168.
- Peña, D. *Análisis de datos multivariantes*. 1a ed. España: McGraw-Hill/Interamericana de España, 2002. 529 p. ISBN 9788448136109.
- Phillips, R. *Sources and Applications of Ultraviolet Radiation*. 1ra ed. Nueva York, Academic Press Inc, 1983. 434 p. ISBN 9780125538800.
- Poder Ejecutivo Nacional. Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo: Ley 19.857 [en línea] 1972. Buenos Aires, Argentina [consulta: 05 Julio 2016].
<http://www.uba.ar/download/institucional/seh/19587.pdf>
- Poder Ejecutivo Nacional. Ley 18.284 [en línea] 1969. Buenos Aires, Argentina [consulta: 05 Julio 2016]. http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Ley_18284.pdf
- Raghavenra, H., Diwakar, B.T., Lokesh, B.R. y Naidu, K.A. Eugenol the active principle from cloves inhibits 5-lipoxygenase activity and leukotriene-C4 in human PMNL cells. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*. Ene. 2006, vol. 74, n. 1, p. 23–27. ISSN 0952-3278.
- Ray, D.P. y Srivastava, S. Curry Leaf (*Murrayakoenigii*): the aromatic biopesticide. *Journal of Interacademia*. 2006, vol. 10, p. 231–235. ISSN 0971-9016.
- Razskazovskiy, Y., Debije, M. G., Howerton, S. B., Williams, L. D. y Bernhard W. A. Strand breaks in X-irradiated crystalline DNA: alternating CG oligomers. *Radiation Research*. Sep. 2003, vol. 160, n. 2, p. 334-339. ISSN 0033-7587.
- Reyco Systems Inc. Solutions: UV Drum. [ReycoSystems.com](http://www.reyco.com)[en línea]. 2016. [consulta 05 Julio 2016]. <<http://www.reyco.com/solutions/uv-drum/>>

- Rhaman M. S. *Handbook of food preservation*. 1a ed. Boca Raton, CRC Press. 1999. Capítulo. 19, Ultrasound in Food Processing and Preservation, pág.: 673-686. ISBN 9780824702090
- Rodríguez G., Ribeiro M., Pérez Gont, A., Fernández Soler M., Baudino G., Frangle S. Manual desinfectador de agua UV-C. *Informes, Guías y Manuales*. [en línea] 2011 [Consulta 05 Julio 2016].
<http://www.inti.gob.ar/salta/pdf/planos_de_UV/ManuelUVC.pdf >
- Sádecká, J. Irradiation of spices – a review. *Czech Journal of Food Sciences*. Jul.-Ago. 2007, vol. 25, n 5, p. 231-242. ISSN 1212-1800.
- Scheir, R. UV-C Safely Eliminates Bacteria. *Food Quality magazine*. Abr.-May. 2009, vol. 16, n. 2. ISSN 1092-7514.
- Schenk, M., Guerrero, S. N. y Alzamora, S. M. Response of some microorganism to ultraviolet treatment on fresh-cut Pear. *Food and Bioprocess Technology*. Dic. 2008, vol. 1, n. 4, p. 384-392. ISSN 1935-5130.
- Stevens, C., Khan, V. A., Lu, J. Y., Wilson, C. L., Chalutz, E., Droby, S., Kabwe, M. K., Haung, Z., Adeyeye, O., Pusey, L. P. y Tang, A. Y. A. Induced resistance of sweet potato to Fusarium root rot by UV-C hormesis. *Crop Protection*. Ago. 1999, vol. 18, n 7, p. 463-470. ISSN 0261-2194.
- Stevens, C., Liu, J., Khan, V. A., Lu, J. Y., Kabwe, M. K., Wilson, C. L., Igwegbe, E. C. K., Chalutz, E. y Droby, S. The effects of low-dose ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity, delay ripening and Rhizopus soft rot development of tomatoes. *Crop Protection*. Jun. 2004, vol. 23, n 6, p. 551-554. ISSN 0261-2194
- Terry, L. A y Joyce, D. C. Elicitors of induced disease resistance in postharvest horticultural crops: a breif review. *Postharvest Biology and Technology*. Abr. 2004. vol. 32, n. 1, p. 1-13. ISSN 0925-5214.
- Thomas Publishing Company. *Industry News: Tumbling Machines use light to decontaminate food*. ThomasNet [en línea]. 2003. [consulta 05 Julio 2016].
<<http://news.thomasnet.com/fullstory/tumbling-machines-use-light-to-decontaminate-food-18904>>
- Toledo Hijo, A. A., Gomes Da Costa, J. M., Silva, E. K., Machado Azevedo, V., Yoshida, M. I., y Vilela Borges, S. Physical and thermal properties of Oregano

(*Origanum vulgare* L.) essential oil microparticles. *Journal of Food Process Engineering*. Feb. 2015, vol. 38, n. 1, p. 1-10. ISSN 1745-4530.

- Worobo, R. y Hartman, P. Ultraviolet Light. En *Kinetics of Microbiological Inactivation for alternative food processing technologies* [en línea]. FDA.gov. 2000. [Consulta: 07 Julio 2016].
<<http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/SafePracticesforFoodProcesses/ucm103137.htm>>
- Wright, H. B. y Cairns W. L. Ultraviolet light. *Regional Symposium on Water Quality: Effective Disinfection* [en línea]. Lima, Perú, 1998. [consulta: 05 Julio 2016].
<<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/i/fulltext/symposium/ponen10.pdf>>
- Yaun, B. R. Efficacy of Ultraviolet Treatments for the Inhibition of Pathogens on the Surface of Fresh Fruits and Vegetables. [en línea]. Tesis de Maestría en Ciencias. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg VA, Estados Unidos. 2002. [consulta: 05 de julio]. <<https://theses.lib.vt.edu/theses/available/etd-06182002-123842/unrestricted/full.pdf>>

Anexos

Anexo A: Encuesta sobre tecnologías emergentes en la industria alimentaria



Encuesta sobre tecnologías emergentes en la industria alimentaria

A continuación se le presentará una serie de preguntas sobre la luz ultravioleta y otras tecnologías emergentes. No es necesario tener ningún conocimiento previo. Complete las preguntas de la manera más honesta que pueda. ¡Muchas gracias por su colaboración!

*Required

Nombre

Es opcional. La información personal que nos brinde será analizada estadísticamente y no se divulgarán datos puntuales de los encuestados.

Sexo *

- Hombre
 Mujer

Edad *

Indique su grupo etario

- Menor de 15
 Entre 15 y 20
 Entre 21 y 30
 Entre 31 y 40
 Mayor de 41

Provincia *

Nivel de estudio alcanzado *

Ocupación *

¿Oyó hablar de la radiación ultravioleta (UV) o luz ultravioleta? *

- Sí
- No

Si la respuesta anterior es sí, ¿cómo definiría la radiación UV con sus propias palabras? (no más de 50 palabras)

¿Sabe si se usa en la industria de alimentos? *

- Sí
- No

Si la respuesta anterior es sí, dé un ejemplo de su uso en la industria alimentaria que conozca (opcional)

¿Cuál es su aceptación de su uso como método de conservación de alimentos? *

- Me parece muy buena idea
- Me parece buena idea
- Me es indiferente
- Me genera desconfianza
- Me genera rechazo

¿Cuál es su aceptación de su uso como método de saneamiento? *

- Me parece muy buena idea
- Me parece buena idea
- Me es indiferente
- Me genera desconfianza
- Me genera rechazo

Si se le presenta un alimento (que desea adquirir) que ha sido tratado con luz UV, usted: *

- Lo compraría
- Se muestra indiferente
- No lo compraría

¿Le parece que debería figurar en el rótulo (etiqueta) del alimento si este ha sido tratado con luz UV? *

- Sí
- No
- Indiferente

Marque los términos con los que asocia 'UV' (pueden ser varios) *

El objetivo de esta sección NO es evaluar su conocimiento del término, sino más bien si lo escuchó nombrar alguna vez, si tiene una idea general o si le resulta familiar. Si nunca oyó hablar del término o no lo relaciona con nada en particular, marque 'No lo asocio con nada'.

- Acné
- Bronceado
- Calor
- Camas solares
- Cáncer
- Capa de ozono
- Ciencia
- Cloro
- Comunicación
- Contaminación
- Control
- Curación
- De uso común
- Deformaciones mutagénicas
- Dentista
- Desconocido
- Desinfectantes
- Diagnóstico
- Ecológico
- Efecto invernadero
- Energía
- Enfermedades de piel
- Esterilización o desinfección de envases y superficies
- Fuego
- Guerra
- Herramienta
- Higiene
- Industria de los alimentos
- Inestable
- Innovación
- Inocuo o no peligroso
- Ionizante
- Lámpara incandescente
- Lentes
- Limpieza
- Limpio
- Luz

- Luz
- Luz negra
- Luz solar
- Manchas en la piel
- Medicina
- Método de esterilización o desinfección
- Muerte
- Mutación
- Onda
- Peligroso
- Precaución
- Presión
- Problemas de salud por exposición al sol
- Problemas en la vista
- Protección
- Protector solar
- Quemaduras
- Químicos
- Radiactivo/radiación
- Radiografías
- Rayos gamma
- Rayos solares o radiación solar
- Rayos x
- Sanidad
- Sano
- Tecnología
- Teratogenia
- Transferencia
- Tubo fluorescente
- Útil
- No lo asocio con nada
- Other:

Marque los términos con los que asocia 'IR' (infrarrojo) (pueden ser varios) *

El objetivo de esta sección NO es evaluar su conocimiento del término, sino más bien si lo escuchó nombrar alguna vez, si tiene una idea general o si le resulta familiar. Si nunca oyó hablar del término o no lo relaciona con nada en particular, marque 'No lo asocio con nada'.

- Acné
- Bronceado
- Calor
- Camas solares
- Cáncer
- Capa de ozono

- Acné
- Bronceado
- Calor
- Camas solares
- Cáncer
- Capa de ozono
- Ciencia
- Cloro
- Comunicación
- Contaminación
- Control
- Curación
- De uso común
- Deformaciones mutagénicas
- Dentista
- Desconocido
- Desinfectantes
- Diagnóstico
- Ecológico
- Efecto invernadero
- Energía
- Enfermedades de piel
- Esterilización o desinfección de envases y superficies
- Fuego
- Guerra
- Herramienta
- Higiene
- Industria de los alimentos
- Inestable
- Innovación
- Inocuo o no peligroso
- Ionizante
- Lámpara incandescente
- Lentes
- Limpieza
- Limpio
- Luz
- Luz negra
- Luz solar
- Manchas en la piel
- Medicina
- Método de esterilización o desinfección
- Muerte
- Mutación

- Onda
- Peligroso
- Precaución
- Presión
- Problemas de salud por exposición al sol
- Problemas en la vista
- Protección
- Protector solar
- Quemaduras
- Químicos
- Radiactivo/radiación
- Radiografías
- Rayos gamma
- Rayos solares o radiación solar
- Rayos X
- Sanidad
- Sano
- Tecnología
- Teratogenia
- Transferencia
- Tubo fluorescente
- Útil
- No lo asocio con nada
- Other:

Marque los términos con los que asocia 'rayos gamma' (pueden ser varios) *

El objetivo de esta sección NO es evaluar su conocimiento del término, sino más bien si lo escuchó nombrar alguna vez, si tiene una idea general o si le resulta familiar. Si nunca oyó hablar del término o no lo relaciona con nada en particular, marque 'No lo asocio con nada'.

- Acné
- Bronceado
- Calor
- Camas solares
- Cáncer
- Capa de ozono
- Ciencia
- Cloro
- Comunicación
- Contaminación
- Control
- Curación
- De uso común
- Deformaciones mutagénicas

- Dentista
- Desconocido
- Desinfectantes
- Diagnóstico
- Ecológico
- Efecto invernadero
- Energía
- Enfermedades de piel
- Esterilización o desinfección de envases y superficies
- Fuego
- Guerra
- Herramienta
- Higiene
- Industria de los alimentos
- Inestable
- Innovación
- Inocuo o no peligroso
- Ionizante
- Lámpara incandescente
- Lentes
- Limpieza
- Limpio
- Luz
- Luz negra
- Luz solar
- Manchas en la piel
- Medicina
- Método de esterilización o desinfección
- Muerte
- Mutación
- Onda
- Peligroso
- Precaución
- Presión
- Problemas de salud por exposición al sol
- Problemas en la vista
- Protección
- Protector solar
- Quemaduras
- Químicos
- Radiactivo/radiación
- Radiografías
- Rayos solares o radiación solar

- Rayos X
- Sanidad
- Sano
- Tecnología
- Teratogenia
- Transferencia
- Tubo fluorescente
- Útil
- No lo asocio con nada
- Other:

Marque los términos con los que asocia 'Rayos X' (pueden ser varios) *

El objetivo de esta sección NO es evaluar su conocimiento del término, sino más bien si lo escuchó nombrar alguna vez, si tiene una idea general o si le resulta familiar. Si nunca oyó hablar del término o no lo relaciona con nada en particular, marque 'No lo asocio con nada'.

- Acné
- Bronceado
- Calor
- Camas solares
- Cáncer
- Capa de ozono
- Ciencia
- Cloro
- Comunicación
- Contaminación
- Control
- Curación
- De uso común
- Deformaciones mutagénicas
- Dentista
- Desconocido
- Desinfectantes
- Diagnóstico
- Ecológico
- Efecto invernadero
- Energía
- Enfermedades de piel
- Esterilización o desinfección de envases y superficies
- Fuego
- Guerra
- Herramienta
- Higiene
- Industria de los alimentos

- Inestable
- Innovación
- Inocuo o no peligroso
- Ionizante
- Lámpara incandescente
- Lentes
- Limpieza
- Limpio
- Luz
- Luz negra
- Luz solar
- Manchas en la piel
- Medicina
- Método de esterilización o desinfección
- Muerte
- Mutación
- Onda
- Peligroso
- Precaución
- Presión
- Problemas de salud por exposición al sol
- Problemas en la vista
- Protección
- Protector solar
- Quemaduras
- Químicos
- Radiactivo/radiación
- Radiografías
- Rayos gamma
- Rayos solares o radiación solar
- Sanidad
- Sano
- Tecnología
- Teratogenia
- Transferencia
- Tubo fluorescente
- Útil
- No lo asocio con nada
- Other:

Marque los términos con los que asocia 'Tratamientos químicos' (pueden ser varios) *

El objetivo de esta sección NO es evaluar su conocimiento del término, sino más bien si lo escuchó nombrar alguna vez, si tiene una idea general o si le resulta familiar. Si nunca oyó hablar del término o no lo relaciona con nada en particular, marque 'No lo asocio con nada'.

- Acné
- Bronceado
- Calor
- Camas solares
- Cáncer
- Capa de ozono
- Ciencia
- Cloro
- Comunicación
- Contaminación
- Control
- Curación
- De uso común
- Deformaciones mutagénicas
- Dentista
- Desconocido
- Desinfectantes
- Diagnóstico
- Ecológico
- Efecto invernadero
- Energía
- Enfermedades de piel
- Esterilización o desinfección de envases y superficies
- Fuego
- Guerra
- Herramienta
- Higiene
- Industria de los alimentos
- Inestable
- Innovación
- Inocuo o no peligroso
- Ionizante
- Lámpara incandescente
- Lentes
- Limpieza
- Limpio
- Luz
- Luz negra

- Luz solar
- Manchas en la piel
- Medicina
- Método de esterilización o desinfección
- Muerte
- Mutación
- Onda
- Peligroso
- Precaución
- Presión
- Problemas de salud por exposición al sol
- Problemas en la vista
- Protección
- Protector solar
- Quemaduras
- Químicos
- Radiactivo/radiación
- Radiografías
- Rayos gamma
- Rayos solares o radiación solar
- Rayos X
- Sanidad
- Sano
- Tecnología
- Teratogenia
- Transferencia
- Tubo fluorescente
- Útil
- No lo asocio con nada
- Other:

Marque los términos con los que asocia 'Tratamientos físicos' (pueden ser varios) *

El objetivo de esta sección NO es evaluar su conocimiento del término, sino más bien si lo escuchó nombrar alguna vez, si tiene una idea general o si le resulta familiar. Si nunca oyó hablar del término o no lo relaciona con nada en particular, marque 'No lo asocio con nada'.

- Acné
- Bronceado
- Calor
- Camas solares
- Cáncer
- Capa de ozono
- Ciencia
- Cloro
- Comunicación
- Contaminación

- Contaminación
- Control
- Curación
- De uso común
- Deformaciones mutagénicas
- Dentista
- Desconocido
- Desinfectantes
- Diagnóstico
- Ecológico
- Efecto invernadero
- Energía
- Enfermedades de piel
- Esterilización o desinfección de envases y superficies
- Fuego
- Guerra
- Herramienta
- Higiene
- Industria de los alimentos
- Inestable
- Innovación
- Inocuo o no peligroso
- Ionizante
- Lámpara incandescente
- Lentes
- Limpieza
- Limpio
- Luz
- Luz negra
- Luz solar
- Manchas en la piel
- Medicina
- Método de esterilización o desinfección
- Muerte
- Mutación
- Onda
- Peligroso
- Precaución
- Presión
- Problemas de salud por exposición al sol
- Problemas en la vista
- Protección
- Protector solar
- Quemaduras
- Químicos

- Radiactivo/radiación
- Radiografías
- Rayos gamma
- Rayos solares o radiación solar
- Rayos X
- Sanidad
- Sano
- Tecnología
- Teratogenia
- Transferencia
- Tubo fluorescente
- Útil
- No lo asocio con nada
- Other:

Marque los términos con los que asocia 'Altas presiones' (pueden ser varios) *

El objetivo de esta sección NO es evaluar su conocimiento del término, sino más bien si lo escuchó nombrar alguna vez, si tiene una idea general o si le resulta familiar. Si nunca oyó hablar del término o no lo relaciona con nada en particular, marque 'No lo asocio con nada'.

- Acné
- Bronceado
- Calor
- Camas solares
- Cáncer
- Capa de ozono
- Ciencia
- Cloro
- Comunicación
- Contaminación
- Control
- Curación
- De uso común
- Deformaciones mutagénicas
- Dentista
- Desconocido
- Desinfectantes
- Diagnóstico
- Ecológico
- Efecto invernadero
- Energía
- Enfermedades de piel
- Esterilización o desinfección de envases y superficies
- Fuego
- Guerra

- Herramienta
- Higiene
- Industria de los alimentos
- Inestable
- Innovación
- Inocuo o no peligroso
- Ionizante
- Lámpara incandescente
- Lentes
- Limpieza
- Limpio
- Luz
- Luz negra
- Luz solar
- Manchas en la piel
- Medicina
- Método de esterilización o desinfección
- Muerte
- Mutación
- Onda
- Peligroso
- Precaución
- Presión
- Problemas de salud por exposición al sol
- Problemas en la vista
- Protección
- Protector solar
- Quemaduras
- Químicos
- Radiactivo/radiación
- Radiografías
- Rayos gamma
- Rayos solares o radiación solar
- Rayos X
- Sanidad
- Sano
- Tecnología
- Teratogenia
- Transferencia
- Tubo fluorescente
- Útil
- No lo asocio con nada
- Other:

Marque los términos con los que asocia 'Tratamientos térmicos' (deshidratación, cocción, escaldado, congelado, etc)(pueden ser varios) *

El objetivo de esta sección NO es evaluar su conocimiento del término, sino más bien si lo escuchó nombrar alguna vez, si tiene una idea general o si le resulta familiar. Si nunca oyó hablar del término o no lo relaciona con nada en particular, marque 'No lo asocio con nada'.

- Acné
- Bronceado
- Calor
- Camas solares
- Cáncer
- Capa de ozono
- Ciencia
- Cloro
- Comunicación
- Contaminación
- Control
- Curación
- De uso común
- Deformaciones mutagénicas
- Dentista
- Desconocido
- Desinfectantes
- Diagnóstico
- Ecológico
- Efecto invernadero
- Energía
- Enfermedades de piel
- Esterilización o desinfección de envases y superficies
- Fuego
- Guerra
- Herramienta
- Higiene
- Industria de los alimentos
- Inestable
- Innovación
- Inocuo o no peligroso
- Ionizante
- Lámpara incandescente
- Lentes
- Limpieza
- Limpio
- Luz

- Luz
- Luz negra
- Luz solar
- Manchas en la piel
- Medicina
- Método de esterilización o desinfección
- Muerte
- Mutación
- Onda
- Peligroso
- Precaución
- Presión
- Problemas de salud por exposición al sol
- Problemas en la vista
- Protección
- Protector solar
- Quemaduras
- Químicos
- Radiactivo/radiación
- Radiografías
- Rayos gamma
- Rayos solares o radiación solar
- Rayos X
- Sanidad
- Sano
- Tecnología
- Teratogenia
- Transferencia
- Tubo fluorescente
- Útil
- No lo asocio con nada
- Other:

¿Cuánta confianza le generan las siguientes tecnologías? *

No es necesario que conozca los detalles de sus usos o cómo funcionan. Califique del 1 al 10, siendo 10: me genera mucha confianza, 5: me es indiferente y 1: me genera mucha desconfianza.

	10 (me genera mucha confianza)	9	8	7	6	5 (me es indiferente)	4	3	2	1 (me genera mucha desconfianza)
UV	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rayos Gamma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rayos X	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Altas presiones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tratamientos químicos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tratamientos físicos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tecnologías térmicas (deshidratación, cocción, escaldado, congelado, etc)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Infrarrojo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

La luz UV, a diferencia de los rayos gamma o X, es una forma de radiación NO ionizante (es decir, no deja residuos que podrían resultar perjudiciales si no son correctamente controlados), proponiendo un método más fácil y seguro de usar para la desinfección de superficies. Además, al tratarse de una tecnología no térmica (es decir, no usa calor), no genera cambios notables en las características sensoriales de alimentos. Al saber ahora esto, ¿ha cambiado su percepción, de haber sido negativa, sobre la luz ultravioleta? *

- Si, ha cambiado mi percepción positivamente
- No, ya tenía una opinión favorable
- No, mi opinión sigue siendo desfavorable
- Indiferente

Submit



100%: You made it.

Never submit passwords through Google Forms.

Anexo B: Lista de las 68 observaciones iniciales en el Análisis de componentes principales

Acné	Energía	Medicina	Sano
Bronceado	Enfermedades de piel	Método de esterilización o desinfección	Tecnología
Calor	Esterilización o desinfección de envases y superficies	Muerte	Teratogenia
Camas solares	Fuego	Mutación	Transferencia
Cáncer	Guerra	Onda	Tubo fluorescente
Capa de ozono	Herramienta	Peligroso	Útil
Ciencia	Higiene	Precaución	No lo asocio con nada
Cloro	Industria de los alimentos	Presión	Otro
Comunicación	Inestable	Problemas de salud por exposición al sol	
Contaminación	Innovación	Problemas en la vista	
Control	Inocuo o no peligroso	Protección	
Curación	Ionizante	Protector solar	
De uso común	Lámpara incandescente	Quemaduras	
Deformaciones mutagénicas	Lentes	Químicos	
Dentista	Limpieza	Radiactivo/radiación	
Desconocido	Limpio	Radiografías	
Desinfectantes	Luz	Rayos gamma	
Diagnóstico	Luz negra	Rayos solares o radiación solar	
Ecológico	Luz solar	Rayos x	
Efecto invernadero	Manchas en la piel	Sanidad	

Anexo C: Matriz de consumidores/confianzas del Análisis de Clúster

Consum.	UV	Rayos Gamma	Rayos X	Altas presiones	Tratamientos químicos	Tratamientos físicos	Tecnologías térmicas	Infrarrojo
Media	5,9	5,01	5,75	6,115	5,39	6,845	7,48	5,43
Desv. Est.	2,725	2,364	2,520	2,542	2,494	2,246	2,262	2,186
Varianza	7,427	5,588	6,349	6,464	6,219	5,046	5,115	4,779
Varianza total:	46,988							

Anexo D: Variabilidad del Análisis de Clúster con las opciones ‘Centrar/reducir’

Resultado por clase centrandoy reduciendo:

Clase	1	2	3	4
Objetos	81	59	48	12
Suma de los pesos	81	59	48	12
Varianza intraclase	28,953	18,686	27,742	18,811
Distancia mínima al centroide	1,246	1,230	2,190	2,043
Distancia media al centroide	4,983	3,863	5,041	3,929
Distancia máxima al centroide	9,595	10,189	9,505	6,832

Anexo E: Criterios de eliminación de las observaciones del Análisis de Componentes Principales

Vectores propios de las observaciones que no se tuvieron en cuenta

	F1	F2	F3
Camas solares	0,189	-0,041	-0,107
Capa de ozono	0,196	-0,023	-0,076
Comunicación	-0,008	-0,112	-0,040
De uso común	-0,057	0,132	-0,013
Dentista	0,108	0,040	0,136
Desconocido	-0,144	-0,098	-0,065
Guerra	-0,039	0,061	0,011
Inestable	-0,045	-0,016	-0,030
Lámpara incandescente	0,132	-0,111	-0,081
Luz	0,151	-0,129	-0,005
Método de esterilización o desinfección	0,070	0,193	-0,128
Muerte	0,132	0,109	0,126
Mutación	0,128	0,052	0,204
Precaución	0,147	0,084	0,137
Presión	-0,101	-0,051	-0,078
Rayos gamma	0,121	-0,001	0,128
Rayos x	-0,027	-0,105	0,074
Sano	-0,076	0,092	-0,082
Transferencia	-0,051	-0,089	-0,070
No lo asocio con nada	-0,136	-0,100	-0,049
Otro	0,000	0,000	0,000

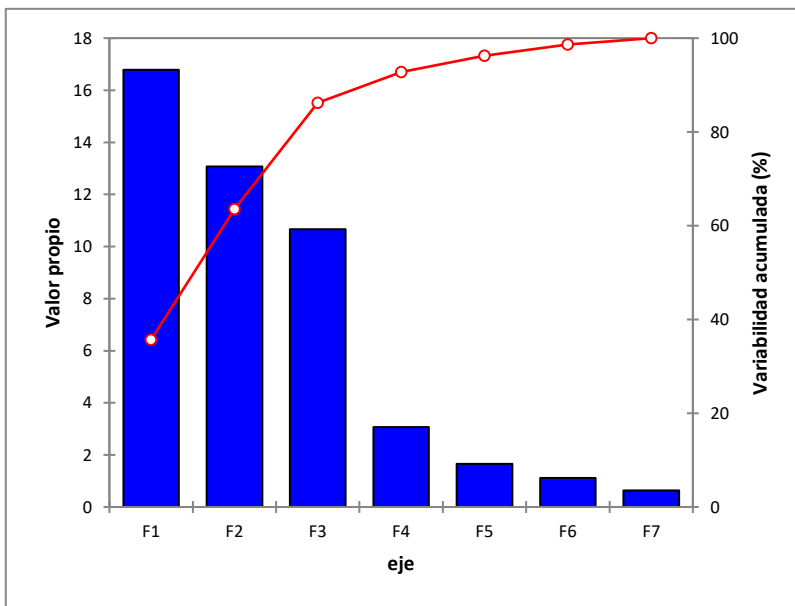
Observaciones que no fueron consideradas por ser mejor descritas por otros términos

Términos desechados	Términos reemplazantes
Mutación	Deformaciones mutagénicas; Cáncer; Teratogenia
Camas solares	Bronceado; Tubo fluorescente; Problemas en la piel
Método de esterilización	de Esterilización o desinfección de envases y superficies
Capa de Ozono	Efecto invernadero
Luz	Onda; Rayos solares; Luz solar

Anexo F: Valores propios y Variabilidad acumulada de los datos finales utilizados en el Análisis de Componentes

Valores propios:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Valor propio	16,783	13,072	10,670	3,069	1,650	1,120	0,636
Variabilidad (%)	35,708	27,813	22,702	6,531	3,510	2,383	1,353
% acumulado	35,708	63,521	86,223	92,754	96,264	98,647	100,000

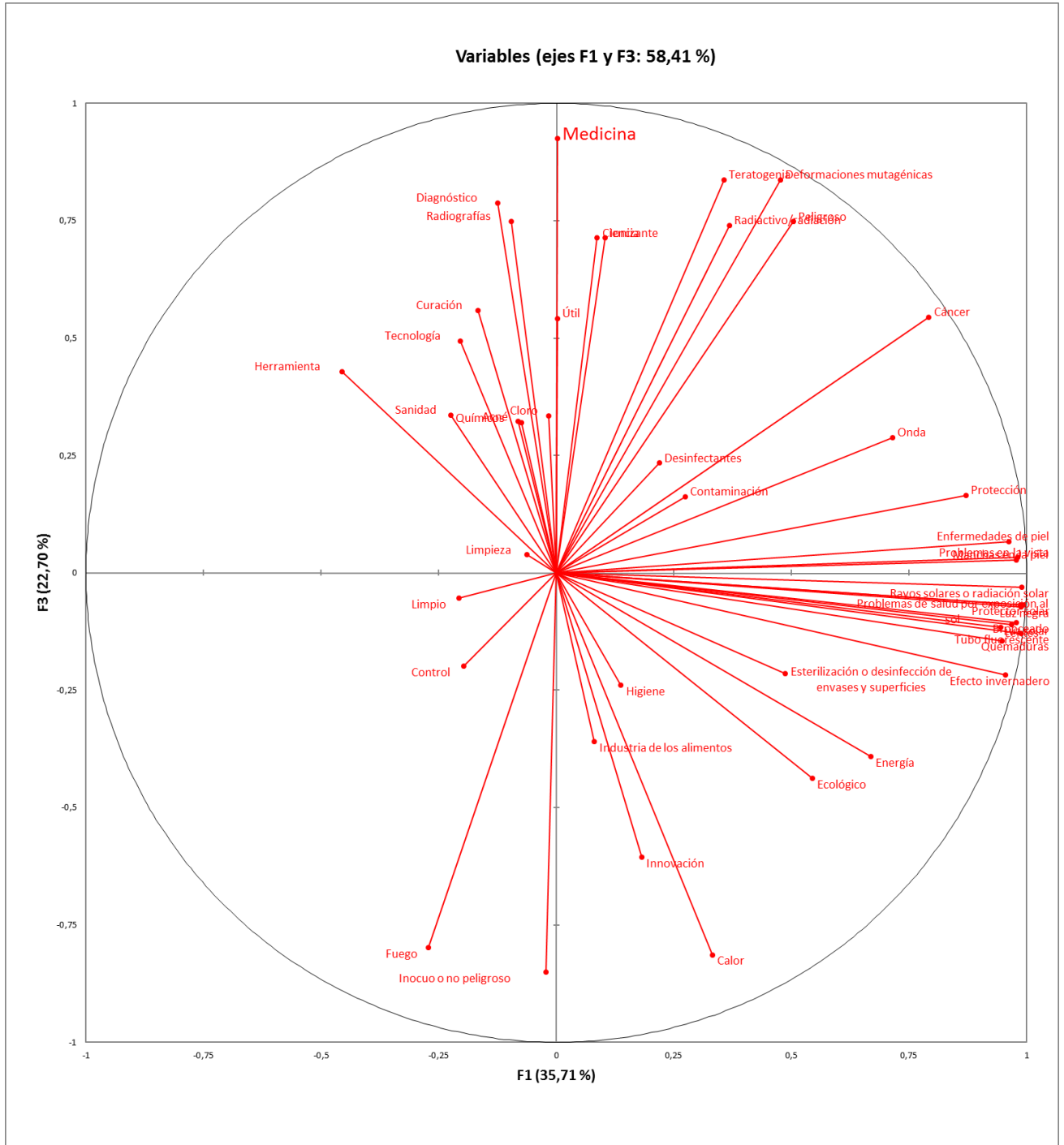


Anexo G: Vectores propios de los 47 términos finales utilizados en el Análisis de Componentes Principales

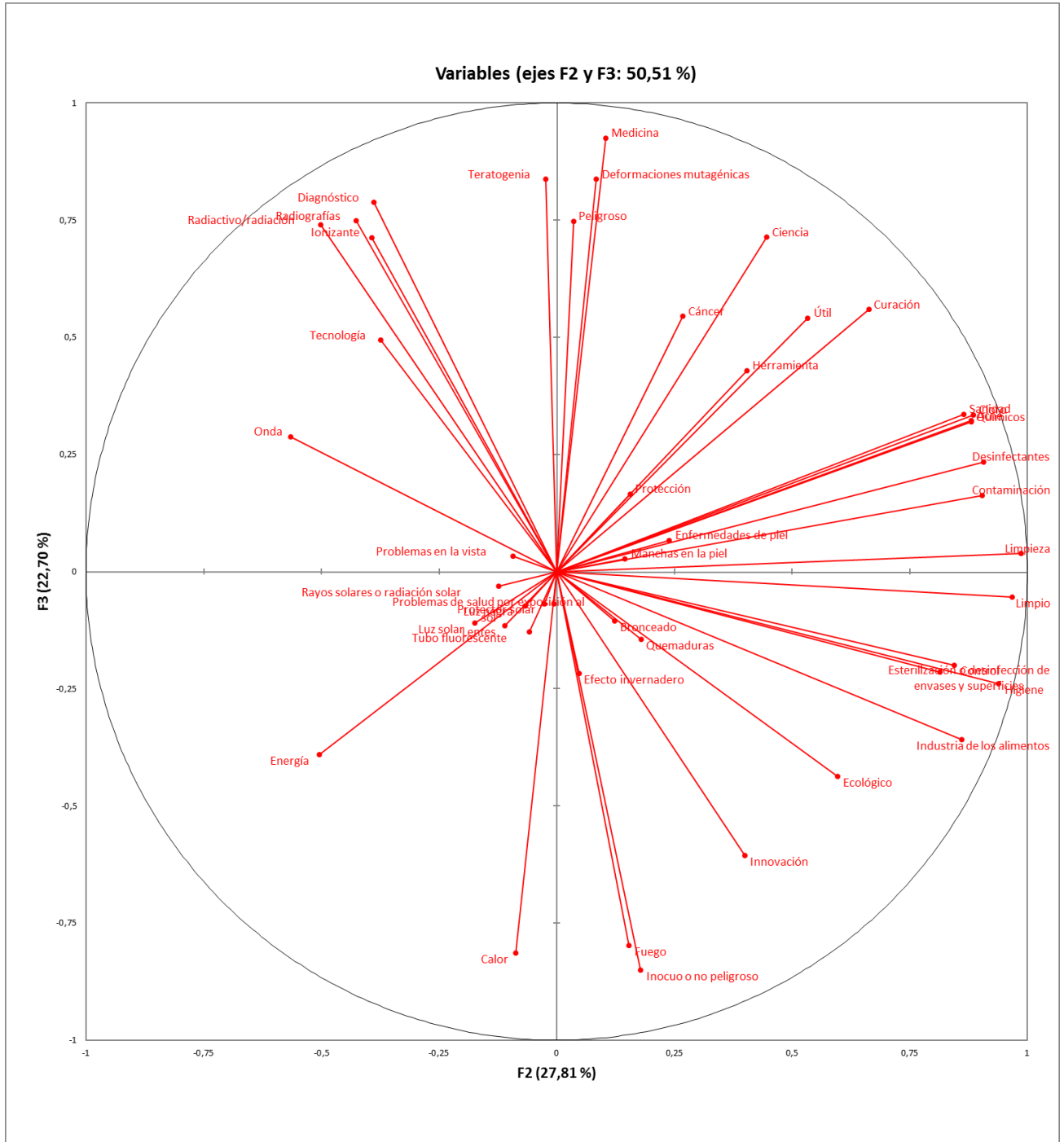
	F1	F2	F3
Acné	-0,020	0,244	0,099
Bronceado	0,239	0,034	-0,032
Calor	0,081	-0,024	-0,249
Cáncer	0,193	0,074	0,167
Ciencia	0,021	0,123	0,218
Cloro	-0,004	0,245	0,103
Contaminación	0,067	0,250	0,050
Control	-0,048	0,234	-0,061
Curación	-0,041	0,183	0,171
Deformaciones mutagénicas	0,116	0,023	0,256
Desinfectantes	0,054	0,251	0,072
Diagnóstico	-0,030	-0,107	0,241
Ecológico	0,133	0,165	-0,134
Efecto invernadero	0,233	0,013	-0,067
Energía	0,163	-0,139	-0,120
Enfermedades de piel	0,235	0,066	0,020
Esterilización o desinfección de envases y superficies	0,119	0,225	-0,066
Fuego	-0,066	0,042	-0,244
Herramienta	-0,111	0,112	0,131
Higiene	0,033	0,260	-0,073
Industria de los alimentos	0,020	0,238	-0,110
Innovación	0,044	0,111	-0,185
Inocuo o no peligroso	-0,005	0,049	-0,260

Ionizante	0,025	-0,109	0,218
Lentes	0,230	-0,030	-0,035
Limpieza	-0,015	0,273	0,012
Limpio	-0,051	0,268	-0,017
Luz negra	0,241	-0,018	-0,022
Luz solar	0,236	-0,048	-0,034
Manchas en la piel	0,239	0,040	0,008
Medicina	0,000	0,029	0,283
Onda	0,175	-0,156	0,088
Peligroso	0,123	0,010	0,229
Problemas de salud por exposición al sol	0,241	-0,007	-0,021
Problemas en la vista	0,240	-0,026	0,010
Protección	0,213	0,043	0,051
Protector solar	0,242	-0,002	-0,021
Quemaduras	0,231	0,050	-0,044
Químicos	-0,018	0,244	0,098
Radiactivo/radiación	0,090	-0,139	0,227
Radiografías	-0,023	-0,118	0,229
Rayos solares o radiación solar	0,242	-0,034	-0,010
Sanidad	-0,055	0,239	0,103
Tecnología	-0,050	-0,103	0,151
Teratogenia	0,087	-0,006	0,256
Tubo fluorescente	0,241	-0,016	-0,039
Útil	0,001	0,148	0,166

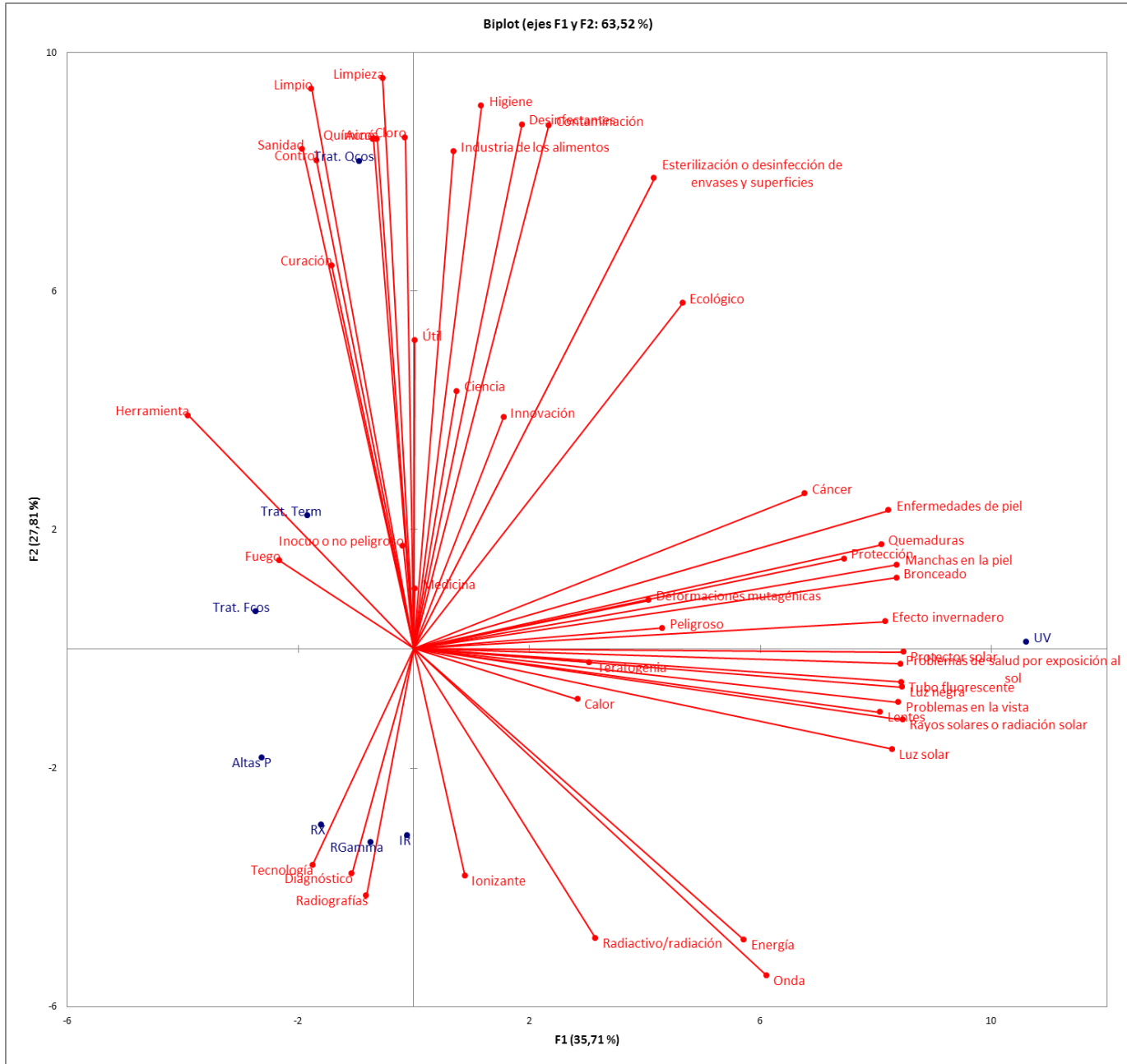
Anexo H: Representación de los ejes F1/F3 del Análisis de Componentes Principales



Anexo I: Representación de los ejes F2/F3 del Análisis de Componentes Principales



Anexo J: Biplot de los ejes F1/F2 juntos con las variables



Anexo K: Contribuciones y coordenadas de las variables respecto de las observaciones utilizadas en el biplot en el Análisis de Componentes Principales

Coordenadas de las observaciones:

Observación	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
UV	10,605	0,115	-0,573	-0,121	-0,538	0,264	-0,124
IR	-0,115	-3,132	-2,109	0,881	1,109	-2,254	0,433
RX	-1,596	-2,946	5,768	2,539	-0,942	0,163	-0,507
Trat. Qcos	-0,939	8,176	3,203	-0,758	0,547	-0,742	-0,086
Trat. Fcos	-2,732	0,625	-2,011	-0,558	-2,443	0,152	1,238
Altas P	-2,632	-1,822	-2,293	-2,377	-0,563	-0,105	-1,554
Trat. Term	-1,845	2,231	-4,583	2,510	1,091	1,344	-0,196
R Gamma	-0,746	-3,247	2,598	-2,116	1,738	1,179	0,797

Contribuciones de las observaciones (%):

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
UV	83,768	0,013	0,384	0,060	2,193	0,779	0,303
IR	0,010	9,381	5,210	3,164	9,324	56,732	3,678
RX	1,897	8,297	38,974	26,258	6,723	0,295	5,055
Trat. Qcos	0,657	63,921	12,021	2,340	2,266	6,150	0,146
Trat. Fcos	5,559	0,374	4,738	1,268	45,200	0,257	30,104
Altas P	5,159	3,173	6,157	23,017	2,398	0,122	47,473
Trat. Term	2,536	4,758	24,610	25,659	9,024	20,160	0,753
R Gamma	0,415	10,083	7,905	18,233	22,872	15,504	12,488

Anexo L: Truncamiento del Análisis de Clúster en 5 clases VS 4 clases

Centroides de las 5 clases:

Clase	[UV]	[Rayos Gamma]	[Rayos X]	[Altas presiones]	[Tratamientos químicos]	[Tratamientos físicos]	[Tecnologías térmicas]	[Infrarrojo]
1	7,238	5,794	7,270	7,302	6,254	7,127	7,730	6,651
2	9,611	8,722	9,111	9,333	8,778	9,500	9,667	9,000
3	3,985	4,478	5,194	4,343	4,090	6,060	6,418	4,612
4	6,500	3,975	3,925	7,150	5,925	8,075	9,100	4,325
5	2,000	1,750	1,917	1,500	1,250	1,667	3,417	1,917

Centroides de las 4 clases:

Clase	[UV]	[Rayos Gamma]	[Rayos X]	[Altas presiones]	[Tratamientos químicos]	[Tratamientos físicos]	[Tecnologías térmicas]	[Infrarrojo]
1	6,951	5,087	5,971	7,243	6,126	7,495	8,262	5,748
2	9,611	8,722	9,111	9,333	8,778	9,500	9,667	9,000
3	3,985	4,478	5,194	4,343	4,090	6,060	6,418	4,612
4	2,000	1,750	1,917	1,500	1,250	1,667	3,417	1,917

Anexo M: Resultados del Análisis de Clúster por clase

Resultados por clases

Descomposición de la variación para la clasificación óptima:

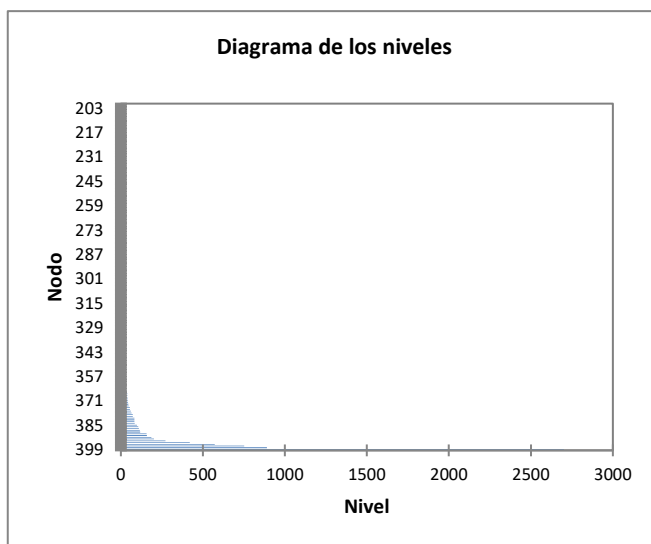
	Absoluto	Porcentaje
Intraclase	25,542	54,36%
Interclases	21,446	45,64%
Total	46,988	100,00%

Clase	1	2	3	4
Objetos	103	18	67	12
Suma de los pesos	103	18	67	12
Varianza intraclase	28,228	5,016	27,799	18,811
Distancia mínima al centroide	1,677	1,148	1,522	2,043
Distancia media al centroide	5,093	2,069	4,663	3,929
Distancia máxima al centroide	8,251	3,364	10,364	6,832

Anexo N: Estadística descriptiva del Análisis de Clúster

Estadísticos descriptivos:

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
[UV]	200	0	200	1,000	10,000	5,900	2,725
[Rayos Gamma]	200	0	200	1,000	10,000	5,010	2,364
[Rayos X]	200	0	200	1,000	10,000	5,750	2,520
[Altas presiones]	200	0	200	1,000	10,000	6,115	2,542
[Tratamientos químicos]	200	0	200	1,000	10,000	5,390	2,494
[Tratamientos físicos]	200	0	200	1,000	10,000	6,845	2,246
[Tecnologías térmicas]	200	0	200	1,000	10,000	7,480	2,262
[Infrarrojo]	200	0	200	1,000	10,000	5,430	2,186



Anexo O: Propiedades de cada clase del Análisis de Clúster

Sexo	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Mujer	52	8	38	8
Hombre	51	10	29	4

Edad	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Menor de 15	0	0	1	0
Entre 15 y 20	7	0	4	1
Entre 21 y 30	38	5	23	6
Entre 31 y 40	23	3	22	2
Mayor de 41	35	10	17	3

Provincias	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Buenos Aires	52	7	28	3
Capital Federal	39	8	29	4
Santa Fe	4	2	3	5
Chaco	5	1	4	0
Corrientes	1	0	1	0
Entre Ríos	0	0	2	0
Chubut	1	0	0	0
La Pampa	1	0	0	0

Nivel de estudio	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Universitario incompleto	27	4	22	6
Universitario completo	30	4	13	0
Posgrado	23	7	14	2
Secundario terminado	10	0	7	4
Terciario completo	7	3	9	0
Secundario incompleto	3	0	1	0
Terciario incompleto	3	0	0	0
Primario en curso	0	0	1	0

Ocupación	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Abogado	0	0	1	0
Acompañante terapéutico	0	1	0	0
Administración	6	0	2	0
Ama de casa	3	1	4	1
Analista de datos	1	0	1	0
Arquitecto	1	0	0	0
Asistente	1	0	0	0
Comerciante	1	0	1	0
Comunicación	2	0	0	0
Consultor	3	0	0	0

Contador público	3	0	1	1
Control de calidad	3	0	0	0
Corredor público	1	0	0	0
Cosmiatra	1	0	0	0
Depilación/manicura	1	0	0	0
Desempleado	2	0	2	0
Diplomático	4	0	2	0
Dirección de arte	0	1	0	0
Director	0	0	1	0
Diseñador	0	0	1	0
Diseñador de imagen y sonido	1	0	0	0
Docente	1	0	0	0
Electricista	0	0	1	0
Empleado	9	3	13	2
Empleado doméstico	1	0	0	0
Empresario	0	0	1	0
Estudiante	6	1	8	5
Estudiante de biotecnología	2	0	1	0
Estudiante de contaduría	0	0	1	0
Estudiante de ingeniería electrónica	0	1	0	0
Estudiante de ingeniería en alimentos	5	0	0	0
Estudiante de ingeniería industrial	1	0	1	0
Estudiante de letras	1	0	0	0

Estudiante de medicina	1	0	0	0
Estudiante de primario	0	0	1	0
Estudiante de secundario	3	0	1	0
Fotógrafo	0	0	3	0
Industria avícola	1	0	0	0
Ingeniero	2	1	1	0
Ingeniero agrónomo	15	2	3	1
Ingeniero civil	1	0	0	0
Ingeniero en alimentos	2	1	0	0
Ingeniero en sistemas	2	0	0	1
Ingeniero químico	1	1	0	0
Ingeniero zootecnista	0	0	1	0
Investigador	5	2	3	0
Jubilado	1	1	0	0
Martillero	0	2	1	0
Médico	1	0	4	0
NC	1	0	0	0
Nutricionista	1	0	0	0
Odontólogo	1	0	0	0
Panelista sensorial	2	0	0	0
Pensionado	1	0	0	0
Profesor de inglés	0	0	3	0
Psicopedagogo	0	0	1	0
Publicista	0	0	1	0
Secretaría	0	0	1	1

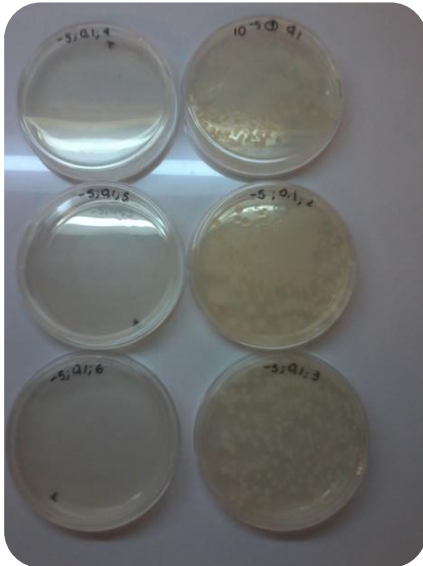
Técnico de laboratorio	1	0	0	0
Trabajador social	0	0	1	0
Traductor	1	0	0	0

Profesiones agrupadas	Total	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Actualmente no empleado	7	4	1	2	0
Administración	9	6	0	3	0
Ama de casa	9	3	1	4	1
Ámbito jurídico	10	4	2	4	0
Arte y diseño	6	1	1	4	0
Contaduría	6	3	0	2	1
Cuidado personal	2	2	0	0	0
Educación e idiomas	6	3	0	3	0
Empleados	31	11	3	14	3
Estudiantes (sin especificar carrera)	25	9	1	10	5
Ingeniería y Técnica	52	36	6	8	2
Investigación	13	8	2	3	0
Otros	14	10	1	6	0
Medicina/Salud	10	3	0	4	0

Anexo P: Fotos de la validación de las lámparas



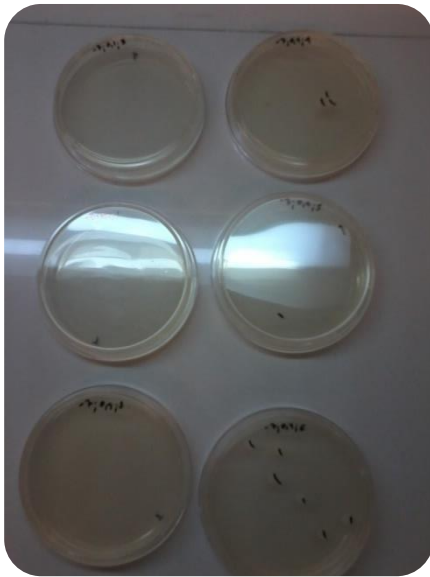
Figura 1 Disposición de las placas dentro de la caja de UV-C de UADE LABS. Como se puede apreciar, fueron tratadas las tapas tanto como el cultivo.



*Figura 2 Recuento por triplicado de **E. aerogenes** (placas correspondientes a la dilución 10^{-5}). En la columna izquierda se observan las placas tratadas con luz UV-C y en la derecha las expuestas a luz natural por tiempo equivalente. Se observa ver que las expuestas a luz natural presentan un recuento de innumerables UFC. Las placas tratadas con UV-C no presentan crecimiento alguno.*



*Figura 3 Recuento por triplicado de **E. aerogenes** (placas correspondientes a la dilución 10^{-6}). En la columna izquierda se observan las placas tratadas con luz UV-C y en la derecha las expuestas a luz natural por tiempo equivalente. Las expuestas a luz natural presentan un recuento de UFC acorde a lo inoculado. Las placas tratadas con UV-C no presentan crecimiento alguno, con la excepción de la placa superior: la superficie del cultivo sólido fue dañado con la espátula de Drigalsky al inocular la placa de Petri.*



*Figura 4 Recuento por triplicado de **E. aerogenes** (placas correspondientes a la dilución 10^{-7}). En la columna izquierda se observan las placas tratadas con luz UV-C y en la derecha las expuestas a luz natural por tiempo equivalente. Las expuestas a luz natural presentan crecimiento. Las placas tratadas con UV-C no presentan crecimiento alguno.*



Figura 5 Medición de potencia de una de las esquinas de las cajas con UVX Radiometer UVP.



Figura 6 Medición de potencia de una de las esquinas de las cajas con UVX Radiometer UVP.

Anexo Q: Ficha técnica de las lámparas



TUV T8

TUV 36W SLV/6

TUV T8 lamps are double-ended UVC (germicidal) lamps used in professional water and air disinfection units. TUV T8 lamps offer almost constant UV output over their complete lifetime, for maximum security of disinfection and high system efficacy. Moreover, they have a long and reliable lifetime, which allows maintenance to be planned for in advance.

Product data

• General Information

Cap-Base	G13 [G13 Medium Bi-Pin Fluorescent]
Main Application	Disinfection
Useful Life (Nom)	9000 h
System Description	-

• Light Technical

Color Designation	- [Not Specified]
Lumen Depreciation At Useful Lifetime	10 %

• Operating and Electrical

Power (Rated) (Nom)	36 W
Lamp Current (Nom)	0.44 A
Voltage (Nom)	103 V

• Approval and Application

Mercury (Hg) Content (Nom)	2.0 mg
----------------------------	--------

• UV

UV-C Radiation	15.0 W
----------------	--------

• Product Data

Full product code	871150061854210
Order product name	TUV 36W SLV/6
EAN/UJPC - Product	8711500618542
Order code	928048604003
Numerator - Quantity Per Pack	1
Numerator - Packs per outer box	6
Material Nr. (12NC)	928048604003
Net Weight (Piece)	173.000 g

Warnings and Safety

- A lamp breaking is extremely unlikely to have any impact on your health. If a lamp breaks, ventilate the room for 30 minutes and remove the parts, preferably with gloves. Put them in a sealed plastic

bag and take it to your local waste facilities for recycling. Do not use a vacuum cleaner.

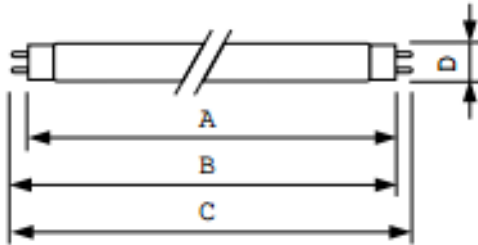
- DANGER: Risk Group 3 Ultra Violet product. These lamps emit high-power UV radiation that can cause severe injury to skin and eyes. Avoid eye and skin exposure to unshielded product. Use only in an enclosed environment which shields users from the radiation.

TUV T8

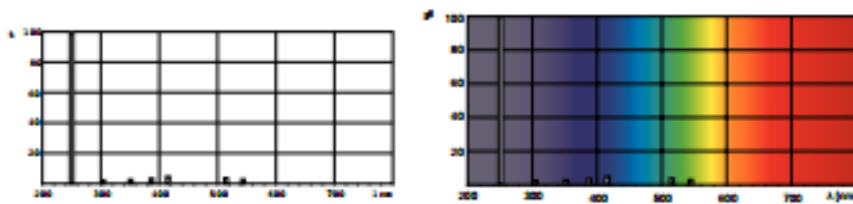
Dimensional drawing

TUV TL-D 36W

Product	D	A	B	B	C
TUV 36W SLV06	28 mm	1199,4 mm	1206,3 mm	1204,1 mm	1213,6 mm



Photometric data



© 2015 Philips Lighting Holding B.V.
All rights reserved.

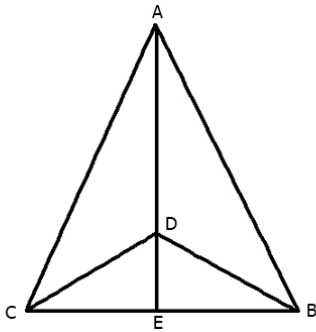
Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) or their respective owners.

www.philips.com/lighting

2015, December 23
data subject to change

Anexo R: Cálculo de la intensidad de las lámparas del prototipo

Lámpara 6 (central)



Sistema de curvas entre el tambor y la curva teórica

$$\{x^2 + y^2 = 5625 ; x^2 + (y + 55)^2 = 1225 \} (1)$$

Soluciones del sistema:

$$x \cong \pm 33 (2)$$

(2) marcan la distancia de los puntos de intersección. Se forma así un triángulo de aristas del radio del tambor y la distancia entre los puntos de intersección

Para describir los cálculos realizados se utilizaron gráficos similares a los presentados anteriormente, para una mejor visualización de los puntos y relaciones trigonométricas.

Primero, el ángulo

$$C\hat{A}B = E\hat{A}B + E\hat{A}C$$

Y

$$E\hat{A}B = E\hat{A}C$$

Entonces, se puede calcular $E\hat{A}B$ de la siguiente manera:

$$\sin(E\hat{A}B) = \frac{\overline{EB}}{\overline{EA}} \rightarrow E\hat{A}B = \sin^{-1}\left(\frac{\overline{EB}}{\overline{EA}}\right) = 0,30\pi = E\hat{A}C$$

Analogamente se calculó $C\hat{D}B$:

$$C\hat{D}B = E\hat{D}B + E\hat{D}C$$

Y

$$E\hat{D}B = E\hat{D}C$$

Entonces, se puede calcular $E\hat{D}B$ de la siguiente manera:

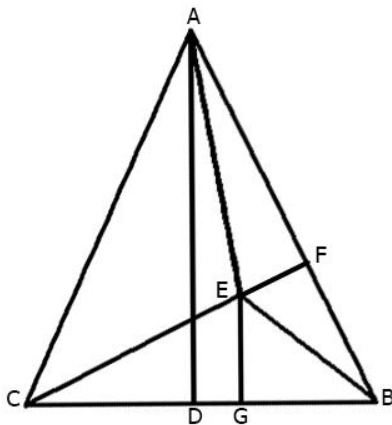
$$\sin(E\hat{D}B) = \frac{\overline{EB}}{\overline{ED}} \rightarrow E\hat{D}B = \sin^{-1}\left(\frac{\overline{EB}}{\overline{ED}}\right) = 0,40\pi = E\hat{D}C$$

Se obtuvo el resultado

$$\boxed{C\hat{D}B = E\hat{D}B + E\hat{D}C = 0,80\pi}$$

Para las lámparas siguientes se usará un cálculo similar.

Lámparas 5 y 7



Las lámparas 5 y 7 son equidistantes de la lámpara 6 y por ende, la potencia emitida será considerada homóloga, por lo que se desarrolló solo una de ellas, la lámpara 5.

El objetivo es despejar el ángulo $C\hat{E}B$.

Primero se calcula el ángulo $C\hat{A}E$ teniendo en cuenta que la fórmula para calcular el perímetro total (p) de una curva circular es

$$2\pi \times r = p$$

Para una fracción definida del perímetro solo se reemplazó el ángulo (2π) por una incógnita ($x\pi$):

$$\overset{C\hat{A}E}{\widehat{x\pi}} \times r = p'$$

Donde p' es la distancia entre la lámpara central y las que se están estudiando (cada lámpara está separada por 8 cm de circunferencia) y r es el radio de la circunferencia.

$$x\pi \times 55\text{cm} = 8\text{cm}$$

$$x = 0,046$$

entonces:

$$0,046\pi = \widehat{CAE}$$

Con este dato se calculó la bisectriz del triángulo comprendido entre los puntos AEB , \overline{EF} :

$$\sin(\widehat{DAB} - \widehat{CAE}) = \frac{\overline{EF}}{\overline{AE}}$$

$$\overline{EF} = \overline{AE} \times \sin(\widehat{DAB} - \widehat{CAE})$$

$$\overline{EF} = 16,7\text{cm}$$

Y el cateto faltante del mismo triángulo:

$$\cos(\widehat{DAB} - \widehat{CAE}) = \frac{\overline{AF}}{\overline{AE}}$$

$$\overline{AF} = \overline{AE} \times \cos(\widehat{DAB} - \widehat{CAE})$$

$$\overline{AF} = 52,4\text{cm}$$

Con estos datos también se despejó el cateto adyacente del ángulo $E\hat{B}A$

$$\overline{BF} = \overline{AB} - \overline{AF} = 22,6\text{cm}$$

A partir del triángulo AEB se calculó $E\hat{B}A$ usando los datos del triángulo EBF :

$$\overline{EB} = \sqrt{\overline{FB}^2 + \overline{EF}^2} = 28,1\text{cm}$$

Con esto se calculó $E\hat{B}F$:

$$\tan E\hat{B}F = \frac{\overline{EF}}{\overline{EB}} \rightarrow E\hat{B}F = 0,20\pi$$

Y $E\hat{B}G$, teniendo en cuenta que

$$A\hat{B}D = \pi - A\hat{D}B - D\hat{A}B = 0,36\pi$$

$$E\hat{B}G = A\hat{B}D - E\hat{B}F = 0,16\pi$$

Con este dato se averiguan los catetos \overline{GB} y \overline{GC} :

$$\overline{GB} = \overline{EB} \times \cos E\hat{B}G = 24,9\text{cm}$$

$$\overline{GC} = \overline{CB} - \overline{GB} = 41,1\text{cm}$$

Ahora, para \overline{EG} :

$$\overline{EG} = \sqrt{\overline{EB}^2 - \overline{GB}^2} = 13,0\text{cm}$$

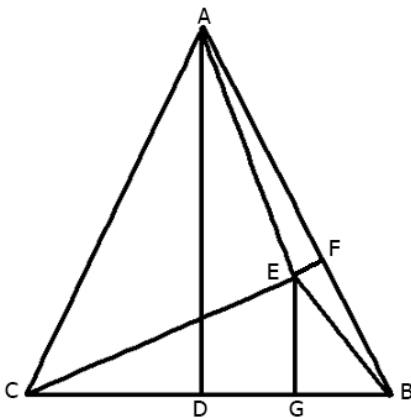
Todas las aristas y datos necesarios para calcular la amplitud del ángulo $C\hat{E}B$ están disponibles, dado por la suma de $G\hat{E}B$ y $G\hat{E}C$:

$$G\hat{E}B = \tan^{-1}\left(\frac{\overline{GB}}{\overline{EG}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{24,9}{13,0}\right) = 0,35\pi$$

$$G\hat{E}C = \tan^{-1}\left(\frac{\overline{GC}}{\overline{EG}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{41,1}{13,0}\right) = 0,40\pi$$

$$\boxed{C\hat{E}B = G\hat{E}B + G\hat{E}C = 0,75\pi}$$

Lámparas 4 y 8



Las lámparas 4 y 8 son equidistantes de la lámpara 6 y por ende, la potencia emitida será considerada homóloga, por lo que se desarrolló solo una de ellas, la lámpara 4.

El objetivo es despejar el ángulo $C\hat{E}B$.

Primero se calcula el ángulo $C\hat{A}E$ teniendo en cuenta que la fórmula para calcular el perímetro total (p)

de una curva circular es

$$2\pi \times r = p$$

Para una fracción definida del perímetro solo se reemplazó el ángulo (2π) por una incógnita ($x\pi$):

$$\overset{C\hat{A}E}{\widehat{x\pi}} \times r = p'$$

Donde p' es la distancia entre la lámpara central y las de estudio (cada lámpara está separada por 8 cm de circunferencia) y r es el radio de la circunferencia.

$$x\pi \times 55cm = 16cm$$

$$x = 0,092$$

entonces:

$$0,092\pi = C\hat{A}E$$

Con este dato se puede calcular la bisectriz del triángulo comprendido entre los puntos AEB, \overline{EF} :

$$\sin(D\hat{A}B - C\hat{A}E) = \frac{\overline{EF}}{\overline{AE}}$$

$$\overline{EF} = \overline{AE} \times \sin(D\hat{A}B - C\hat{A}E)$$

$$\overline{EF} = 9,02cm$$

Y el cateto faltante del mismo triángulo:

$$\cos(D\hat{A}B - C\hat{A}E) = \frac{\overline{AF}}{\overline{AE}}$$

$$\overline{AF} = \overline{AE} \times \cos(D\hat{A}B - C\hat{A}E)$$

$$\overline{AF} = 54,3cm$$

Con estos datos también se despejó el cateto adyacente del ángulo $E\hat{B}A$

$$\overline{BF} = \overline{AB} - \overline{AF} = 20,7cm$$

A partir del triángulo AEB calculo $E\hat{B}A$ usando los datos del triángulo EBF:

$$\overline{EB} = \sqrt{\overline{FB}^2 + \overline{EF}^2} = 22,6 \text{ cm}$$

Con esto se calculó $E\hat{B}F$:

$$\tan E\hat{B}F = \frac{\overline{EF}}{\overline{EB}} \rightarrow E\hat{B}F = 0,13\pi$$

Y $E\hat{B}G$, teniendo en cuenta que

$$A\hat{B}D = \pi - A\hat{D}B - D\hat{A}B = 0,36\pi$$

$$E\hat{B}G = A\hat{B}D - E\hat{B}F = 0,23\pi$$

Con este dato se averiguaron los catetos \overline{GB} y \overline{GC} :

$$\overline{GB} = \overline{EB} \times \cos E\hat{B}G = 17,2 \text{ cm}$$

$$\overline{GC} = \overline{CB} - \overline{GB} = 48,8 \text{ cm}$$

Ahora, para \overline{EG} :

$$\overline{EG} = \sqrt{\overline{EB}^2 - \overline{GB}^2} = 14,7 \text{ cm}$$

Todas las aristas y datos necesarios para calcular la amplitud del ángulo $C\hat{E}B$ están disponibles, dado por la suma de $G\hat{E}B$ y $G\hat{E}C$:

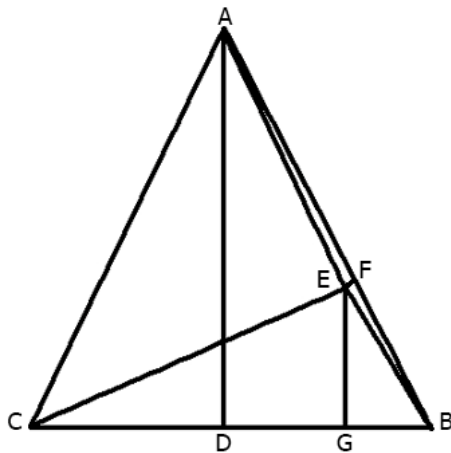
$$G\hat{E}B = \tan^{-1} \left(\frac{\overline{GB}}{\overline{EG}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{17,2}{14,7} \right) = 0,27\pi$$

$$G\hat{E}C = \tan^{-1} \left(\frac{\overline{GC}}{\overline{EG}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{48,8}{14,7} \right) = 0,41\pi$$

$$\boxed{C\hat{E}B = G\hat{E}B + G\hat{E}C = 0,68\pi}$$

Lámparas 3 y 9

Las lámparas 3 y 9 son equidistantes de la lámpara 6 y por ende, la potencia emitida será considerada homóloga, por lo que se desarrolló solo una de ellas



El objetivo será encontrar el ángulo \widehat{CEB} , representativo de la intensidad aplicada.

Primero se calculó el ángulo \widehat{CAE} teniendo en cuenta que la fórmula para calcular el perímetro total (p) de una curva circular es

$$2\pi \times r = p$$

Para una fracción definida del perímetro solo es necesario reemplazar el ángulo (2π) por una incógnita ($x\pi$):

$$\frac{\widehat{CAE}}{x\pi} \times r = p'$$

Donde p' es la distancia entre la lámpara central y las de estudio (cada lámpara está separada por 8 cm de circunferencia) y r es el radio de la circunferencia.

$$x\pi \times 55cm = 24cm$$

$$x = 0,14$$

entonces:

$$\widehat{CAE} = 0,14\pi$$

Con este dato se calcula la bisectriz del triángulo comprendido entre los puntos AEB, \overline{EF} :

$$\sin(\widehat{DAB} - \widehat{CAE}) = \frac{\overline{EF}}{\overline{AE}}$$

$$\overline{EF} = \overline{AE} \times \sin(\widehat{DAB} - \widehat{CAE})$$

$$\overline{EF} = 1,1cm$$

Y el cateto faltante del mismo triángulo:

$$\begin{aligned} \cos(D\hat{A}B - C\hat{A}E) &= \frac{\overline{AF}}{\overline{AE}} \\ \overline{AF} &= \overline{AE} \times \cos(D\hat{A}B - C\hat{A}E) \\ \overline{AF} &= 55,0cm \end{aligned}$$

Con estos datos también se despejó el cateto adyacente del ángulo $E\hat{B}A$

$$\overline{BF} = \overline{AB} - \overline{AF} = 20,0cm$$

A partir del triángulo AEB calculo $E\hat{B}A$ usando los datos del triángulo EBF:

$$\overline{EB} = \sqrt{\overline{FB}^2 + \overline{EF}^2} = 20,1 cm$$

Con esto se calculó $E\hat{B}F$:

$$\tan E\hat{B}F = \frac{\overline{EF}}{\overline{EB}} \rightarrow E\hat{B}F = 0,018\pi$$

Y $E\hat{B}G$, teniendo en cuenta que

$$A\hat{B}D = \pi - A\hat{D}B - D\hat{A}B = 0,36\pi$$

$$E\hat{B}G = A\hat{B}D - E\hat{B}F = 0,34\pi$$

Con este dato se averiguaron los catetos \overline{GB} y \overline{GC} :

$$\overline{GB} = \overline{EB} \times \cos E\hat{B}G = 9,8cm$$

$$\overline{GC} = \overline{CB} - \overline{GB} = 56,2cm$$

Ahora, para \overline{EG} :

$$\overline{EG} = \sqrt{\overline{EB}^2 - \overline{GB}^2} = 17,6cm$$

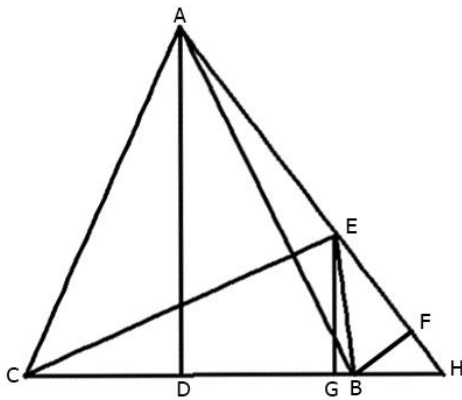
Todas las aristas y datos necesarios para calcular la amplitud del ángulo $C\hat{E}B$ están disponibles, dado por la suma de $G\hat{E}B$ y $G\hat{E}C$:

$$G\hat{E}B = \tan^{-1}\left(\frac{GB}{EG}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{9,8}{17,6}\right) = 0,16\pi$$

$$G\hat{E}C = \tan^{-1}\left(\frac{GC}{EG}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{56,2}{17,6}\right) = 0,41\pi$$

$$\boxed{C\hat{E}B = G\hat{E}B + G\hat{E}C = 0,57\pi}$$

Lámparas 2 y 10



Las lámparas 2 y 10 son equidistantes de la lámpara 6 y por ende, la potencia emitida será considerada homóloga, por lo que se desarrolló solo una de ellas, la lámpara 2.

Como se observa, el gráfico difiere considerablemente de los casos anteriores, pero es posible seguir la misma lógica para despejar el ángulo $C\hat{E}B$:

$C\hat{E}B$:

De manera análoga a las demás lámparas, se calculó el ángulo $D\hat{A}H$ con la fórmula

$$2\pi \times r = p$$

Para una fracción definida del perímetro solo se reemplazó el ángulo (2π) por una incógnita ($x\pi$):

$$\frac{D\hat{A}H}{x\pi} \times r = p'$$

Donde p' es la distancia entre la lámpara central y las de estudio (cada lámpara está separada por 8 cm de circunferencia) y r es el radio de la circunferencia.

$$x\pi \times 55cm = 32cm$$

$$x = 0,18$$

entonces:

$$0,18\pi = D\hat{A}H$$

Se calculó la arista \overline{DH} que comprende el triángulo DAH , sabiendo que \overline{DA} es el mismo que en los casos anteriores:

$$\overline{DH} = \overline{DA} \times \tan D\hat{A}H = 43,9cm$$

Ahora, sabiendo que $\overline{DB} = 33 cm$,

$$\overline{BH} = \overline{DH} - \overline{DB} = 10,9cm$$

Siguiendo con el despeje del triángulo comprendido por los puntos DAH,

$$\cos D\hat{A}H = \frac{\overline{AH}}{\overline{DA}} \rightarrow \overline{AH} = 80,4cm$$

Entonces, y teniendo en cuenta que cada lámpara está a 55 cm del centro (punto A):

$$\overline{EH} = \overline{AH} - \overline{AE} = 25,4cm$$

Ahora se calculó \overline{BG} y \overline{GB} . Para el primero se tuvo en cuenta que, por propiedades de ángulos, $G\hat{E}H = D\hat{A}H$:

$$\overline{BG} = \overline{EH} \times \sin G\hat{E}H = 13,9cm$$

$$\overline{GB} = \overline{GH} - \overline{BG} = 2,9cm$$

Paso siguiente se despejó la longitud del cateto \overline{CG} :

$$\overline{CG} = \overline{CB} - \overline{BG} = 63,1cm$$

El siguiente paso es calcular la longitud de la bisectriz del triángulo CEB, \overline{EG} , a partir de los datos anteriores:

$$\overline{GE} = \overline{EH} \times \cos(G\hat{E}H) = 21,3cm$$

Ahora, se sabe que

$$C\hat{E}H = C\hat{E}G + G\hat{E}B$$

se puede calcular $G\hat{E}B$

$$G\hat{E}B = \tan^{-1}\left(\frac{\overline{GB}}{\overline{GE}}\right) = 0,04\pi$$

y $C\hat{E}G$:

$$C\hat{E}G = \tan^{-1}\left(\frac{\overline{CG}}{\overline{EG}}\right) = 0,40\pi$$

Finalmente:

$$\boxed{C\hat{E}H = C\hat{E}G + G\hat{E}B = 0,44\pi}$$

Anexo S: Cuadro tarifario de EDENOR para grandes demandas

Tarifa 3 - (Grandes Demandas)		Pot < a 300 kW	Pot => a 300 kW
Concepto	Unidad	Valor	Valor
• Baja Tensión			
Cargo Potencia Pico	\$/kW-mes	67,71	67,71
Cargo Potencia Fuera de Pico	\$/kW-mes	59,76	59,76
Cargo Variable Pico	\$/kWh	0,369	0,878
Cargo Variable Resto	\$/kWh	0,364	0,873
Cargo Variable Valle	\$/kWh	0,358	0,868
• Media Tensión			
Cargo Potencia Pico	\$/kW-mes	33,51	33,51
Cargo Potencia Fuera de Pico	\$/kW-mes	36,10	36,10
Cargo Variable Pico	\$/kWh	0,350	0,835
Cargo Variable Resto	\$/kWh	0,346	0,830
Cargo Variable Valle	\$/kWh	0,341	0,825
• Alta Tensión			
Cargo Potencia Pico	\$/kW-mes	7,30	7,30
Cargo Potencia Fuera de Pico	\$/kW-mes	4,89	4,89
Cargo Variable Pico	\$/kWh	0,336	0,800
Cargo Variable Resto	\$/kWh	0,332	0,796
Cargo Variable Valle	\$/kWh	0,327	0,791

Tarifa 3 - (Servicio de Peaje)		Pot < a 300 kW	Pot => a 300 kW
Concepto	Unidad	Valor	Valor
• Baja Tensión			
Cargo Potencia Pico	\$/kW-mes	66,279	66,279
Cargo Potencia Fuera de Pico	\$/kW-mes	59,762	59,762
Cargo Variable Pico	\$/kWh	0,04184	0,09965
Cargo Variable Resto	\$/kWh	0,04129	0,09910
Cargo Variable Valle	\$/kWh	0,04067	0,09848
• Media Tensión			
Cargo Potencia Pico	\$/kW-mes	32,083	32,083
Cargo Potencia Fuera de Pico	\$/kW-mes	36,101	36,101
Cargo Variable Pico	\$/kWh	0,02353	0,05605
Cargo Variable Resto	\$/kWh	0,02322	0,05574
Cargo Variable Valle	\$/kWh	0,02288	0,05539
• Alta Tensión			
Cargo Potencia Pico	\$/kW-mes	5,873	5,873
Cargo Potencia Fuera de Pico	\$/kW-mes	4,893	4,893
Cargo Variable Pico	\$/kWh	0,00915	0,02180
Cargo Variable Resto	\$/kWh	0,00903	0,02168
Cargo Variable Valle	\$/kWh	0,00890	0,02154

Valores indicados no incluyen el Impuesto al Valor Agregado (IVA), ni demás tributos e impuestos establecidos en la legislación vigente.