



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

**TESIS PRESENTADA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS:**

***“Factores que influyen sobre la vida útil sensorial de
productos alimenticios: almacenamiento en el hogar,
fecha de vencimiento, tipo de producto, perfil del
consumidor y entorno de evaluación”***

Tesista: Elizagoyen, Eliana Soledad

Director/a: Califano, Alicia

Co-director/a: Garitta, Lorena

Año: 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

***“Factores que influyen sobre la vida útil sensorial de
productos alimenticios: almacenamiento en el hogar,
fecha de vencimiento, tipo de producto, perfil del
consumidor y entorno de evaluación”***

Tesis Doctoral

Autor: Elizagoyen, Eliana Soledad

Directora: Califano, Alicia

Co-directora: Garitta, Lorena

Lugar de Trabajo: DESA-ISETA. Departamento de Evaluación Sensorial de
Alimentos. Instituto Superior Experimental de Tecnología Alimentaria.

Irigoyen 931. 9 de Julio (6500). Argentina

Tel: (02317) 431-309.

Año 2019

El presente trabajo de Tesis para optar al título de Doctor en Ciencias Exactas fue realizado en el Departamento de Evaluación Sensorial de Alimentos (DESA), Instituto Superior Experimental de Tecnología Alimentaria (ISETA), bajo la dirección de la Dra. Alicia Califano y la co-dirección de la Dra. Lorena Garitta.



Durante el desarrollo del presente trabajo de tesis se realizaron las siguientes publicaciones y presentaciones en Congresos:

Publicaciones en revistas internacionales

- Survival analysis model to estimate sensory shelf life with temperature and illumination as accelerating factors. Garitta, L*, Langohr, K., Elizagoyen, E., Gugole Ottaviano, F., Gómez, G., Hough, G., Food Quality and Preference (2018), doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.03.014>

Comunicaciones a congresos

- Título de trabajo: "Factores que influyen sobre la Vida Útil de Productos Alimenticios". Autores: Elizagoyen, E.; Garitta, L.; Hough, G.
Segundo congreso Internacional Científico y Tecnológico. La Plata, Buenos Aires, 1º de Octubre de 2015.
- Título de trabajo: "Factores que influyen sobre la Vida Útil de Productos Alimenticios". Autores: Elizagoyen, E.; Garitta, L.; Hough, G.
Tercer Congreso Internacional Científico y Tecnológico. La Plata, Buenos Aires, 1º de Septiembre de 2016.
- Título de trabajo: "Efecto del emplazamiento sobre la vida útil sensorial de una bebida saborizada. Hogar versus Local Centralizado" Autores: Elizagoyen, E.; Garitta, L.; Gugole, F; Hough, G.
XVI Congreso Argentino de ciencia y Tecnología de los Alimentos (CYTAL). 18-20 de Septiembre de 2017, Mar del Plata, Buenos Aires.
- Título de trabajo: "Modeling sensory changes during storage under two accelerating factors: temperature and illumination condition. Autores: Hough, G.; Garitta, L.; Elizagoyen, E.; Langohr, K.; Gómez, G.
Sensometrics 2018. 9-12 de Abril de 2018, Montevideo, Uruguay.

1. CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN GENERAL Y OBJETIVOS	1
1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.2. OBJETIVO GENERAL	9
1.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
2. CAPÍTULO 2 - EFECTO DE LA TEMPERATURA E ILUMINACIÓN SOBRE LA VIDA ÚTIL SENSORIAL (VUS) DE UN ALIMENTO. AGUA SABORIZADA SABOR LIMÓN (ASLI) COMO CASO DE ESTUDIO.	11
2.1. INTRODUCCIÓN.....	11
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	15
2.2.1. OBJETIVOS PARTICULARES	15
2.3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
2.3.1. MUESTRAS.....	16
2.3.2. ALMACENAMIENTO	16
2.3.2.1. CONGELAMIENTO DE LAS MUESTRAS	19
2.3.3. METODOLOGÍA SENSORIAL.....	21
2.3.3.1. PERFIL SENSORIAL CON PANEL DE EVALUADORES ENTRENADOS.....	21
2.3.3.2. PANEL DE CONSUMIDORES.....	25
2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	33
2.4.1. OBJETIVO PARTICULAR: DETERMINAR EL PUNTO DE CORTE (PC) DE UN ALIMENTO APLICANDO ESTADÍSTICA DE SUPERVIVENCIA.	33
2.4.1.1. PERFIL SENSORIAL CON PANEL DE EVALUADORES ENTRENADOS	33
2.4.1.2. ESTIMACIÓN DEL PUNTO DE CORTE (PC) MEDIANTE ESTADÍSTICA DE SUPERVIVENCIA	34
2.4.2. OBJETIVO PARTICULAR: ESTIMAR LA VIDA ÚTIL SENSORIAL (VUS) DE UN ALIMENTO A PARTIR DEL PUNTO DE CORTE (PC).....	39

2.4.3. OBJETIVO PARTICULAR: COMPARAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS CONSUMIDORES CUANDO EVALÚAN LA VIDA ÚTIL SENSORIAL (VUS) DE UN ALIMENTO EN EL AMBIENTE REAL VS. LA EVALUACIÓN EN UN LOCAL CENTRALIZADO.	39
2.4.3.1. VIDA ÚTIL SENSORIAL (VUS) – COMPARACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS	39
2.4.3.2. PUNTAJE GLOBAL (PG).....	41
2.4.3.3. TILDE LO QUE CORRESPONDA (TICO).....	42
2.4.3.4. ENCUESTA DE HÁBITOS DE CONSUMO.....	42
2.4.4. OBJETIVO PARTICULAR: PREDICCIONES DE VIDA ÚTIL SENSORIAL (VUS) MEDIANTE ESTADÍSTICA DE SUPERVIVENCIA CONTEMPLANDO LA TEMPERATURA Y LA ILUMINACIÓN COMO FACTORES DE ACELERACIÓN.	42
2.4.5. OBJETIVO PARTICULAR: MODELADO DE CAMBIOS SENSORIALES DURANTE EL ALMACENAMIENTO BAJO DOS FACTORES DE ACELERACIÓN: TEMPERATURA E ILUMINACIÓN.	43
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
2.5.1. OBJETIVO PARTICULAR: DETERMINAR EL PUNTO DE CORTE (PC) DE UN ALIMENTO APLICANDO ESTADÍSTICA DE SUPERVIVENCIA.	43
2.5.1.1. PERFIL SENSORIAL CON PANEL DE EVALUADORES ENTRENADOS	43
2.5.1.2. ESTIMACIÓN DEL PUNTO DE CORTE (PC) MEDIANTE ESTADÍSTICA DE SUPERVIVENCIA	50
2.5.2. OBJETIVO PARTICULAR: ESTIMAR LA VIDA ÚTIL SENSORIAL (VUS) DE UN ALIMENTO A PARTIR DEL PUNTO DE CORTE (PC).....	52
2.5.3. OBJETIVO PARTICULAR: COMPARAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS CONSUMIDORES CUANDO EVALÚAN LA VIDA ÚTIL SENSORIAL (VUS) DE UN ALIMENTO EN EL AMBIENTE REAL VS. LA EVALUACIÓN EN UN LOCAL CENTRALIZADO.	57
2.5.3.1. VIDA ÚTIL SENSORIAL (VUS) – COMPARACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS	57
2.5.3.2. PUNTAJE GLOBAL (PG).....	58

2.5.3.3. TILDE LO QUE CORRESPONDA (TICO).....	60
2.5.3.4. ENCUESTA DE HÁBITOS DE CONSUMO.....	63
2.5.4. OBJETIVO PARTICULAR: PREDICCIONES DE VIDA ÚTIL SENSORIAL (VUS), MEDIANTE ESTADÍSTICA DE SUPERVIVENCIA, CONTEMPLANDO LA TEMPERATURA Y LA ILUMINACIÓN COMO FACTORES DE ACELERACIÓN.	66
2.5.5. OBJETIVO PARTICULAR: MODELADO DE CAMBIOS SENSORIALES DURANTE EL ALMACENAMIENTO BAJO DOS FACTORES DE ACELERACIÓN: TEMPERATURA E ILUMINACIÓN.	71
2.6. CONCLUSIONES.....	74
3. CAPÍTULO 3 - VIDA ÚTIL SENSORIAL SECUNDARIA	77
3.1. INTRODUCCIÓN.....	77
3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	78
3.2.1. OBJETIVOS PARTICULARES	78
3.3. MATERIALES Y MÉTODOS	79
3.3.1. OBJETIVO PARTICULAR: REALIZAR ENCUESTAS EN EL HOGAR A CONSUMIDORES DE ALIMENTOS DE ALTA, MEDIA Y BAJA VIDA ÚTIL.....	79
3.3.1.1. MUESTRAS.....	79
3.3.1.2. RECLUTAMIENTO DE CONSUMIDORES	79
3.3.1.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	79
3.3.2. OBJETIVO PARTICULAR: DETERMINAR LA VIDA ÚTIL SENSORIAL SECUNDARIA (VUSS) DE LOS ALIMENTOS INVESTIGADOS MEDIANTE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN EL HOGAR.....	83
3.3.2.1. MUESTRAS.....	83
3.3.2.2. ALMACENAMIENTO	83
3.3.2.3. RECLUTAMIENTO DE CONSUMIDORES	85
3.3.2.4. METODOLOGÍA SENSORIAL.....	86

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	88
3.4.1. OBJETIVO PARTICULAR: REALIZAR ENCUESTAS EN EL HOGAR A CONSUMIDORES DE ALIMENTOS DE ALTA, MEDIA Y BAJA VIDA ÚTIL.....	88
3.4.2. OBJETIVO PARTICULAR: DETERMINAR LA VIDA ÚTIL SENSORIAL SECUNDARIA (VUSS) DE LOS ALIMENTOS INVESTIGADOS MEDIANTE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN EL HOGAR.....	89
3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	89
3.5.1. OBJETIVO PARTICULAR: REALIZAR ENCUESTAS EN EL HOGAR A CONSUMIDORES DE ALIMENTOS DE ALTA, MEDIA Y BAJA VIDA ÚTIL.....	89
3.5.1.1. PREGUNTAS SOBRE HÁBITOS DE COMPRA/ CONSUMO Y USOS	89
3.5.1.2. PREGUNTAS ESPECÍFICAS SOBRE EL CONSUMO DE LOS PRODUCTOS EN ESTUDIO 97	
3.5.2. OBJETIVO PARTICULAR: DETERMINAR LA VIDA ÚTIL SENSORIAL SECUNDARIA (VUSS) DE LOS ALIMENTOS INVESTIGADOS MEDIANTE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN EL HOGAR.....	99
3.5.2.1. ACEITE DE GIRASOL.....	100
3.5.2.2. GALLETITAS CON CEREALES	101
3.5.2.3. LECHE ENTERA EN SACHET	102
3.6. CONCLUSIONES.....	104
4. BIBLIOGRAFÍA.....	105

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2. 1. EJEMPLO DEL DISEÑO ESCALONADO UTILIZADO PARA LA CONDICIÓN “24 °C, 16 HORAS DE ILUMINACIÓN POR DÍA” 17

FIGURA 2.2. MODELO DE PLANILLA EMPLEADO DURANTE EL ENTRENAMIENTO DEL PANEL..... 24

FIGURA 2.3. PANEL COMPUTARIZADO, SESIÓN DE MEDICIÓN. 25

FIGURA 2. 4.ENCUESTA FILTRO UTILIZADA PARA EL RECLUTAMIENTO DE CONSUMIDORES..... 26

FIGURA 2.5. ENCUESTA FILTRO ESPECÍFICA PARA EL PRODUCTO EN ESTUDIO. 26

FIGURA 2.6. ENSAYO CON CONSUMIDORES 27

FIGURA 2.7. MODELO DE PLANILLA EMPLEADO POR EL PANEL DE CONSUMIDORES EN EL ENSAYO EN LOCAL CENTRALIZADO. 28

FIGURA 2.8. ESCALA TICO INCLUIDA EN EL ENSAYO CON CONSUMIDORES EN LOCAL CENTRALIZADO PARA LA CONDICIÓN “24 °C, CON ILUMINACIÓN” 29

FIGURA 2.9. MODELO DE ENCUESTA SOBRE HÁBITOS DE CONSUMO EMPLEADO POR EL PANEL DE CONSUMIDORES EN EL ENSAYO EN LOCAL CENTRALIZADO PARA LA CONDICIÓN “24 °C, CON ILUMINACIÓN”. 30

FIGURA 2.10. MODELO DE PLANILLA EMPLEADO POR EL PANEL DE CONSUMIDORES EN EL ENSAYO EN EL AMBIENTE REAL PARA LA CONDICIÓN “24 °C, CON ILUMINACIÓN”. ... 32

FIGURA 2.11. PERCEPCIÓN SENSORIAL VERSUS TIEMPO DE ALMACENAMIENTO A 24°C CON Y SIN ILUMINACIÓN. 45

FIGURA 2.12. PERCEPCIÓN SENSORIAL VERSUS TIEMPO DE ALMACENAMIENTO A 45°C CON Y SIN ILUMINACIÓN. 46

FIGURA 2.13. PROMEDIOS OBTENIDOS PARA EL DESCRIPTOR AROMA A DESINFECTANTE, CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN TEMPERATURA X ILUMINACIÓN. ... 47

FIGURA 2.14. PROMEDIOS OBTENIDOS PARA EL DESCRIPTOR SABOR A LIMÓN, CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN TEMPERATURA X ILUMINACIÓN.	48
FIGURA 2.15. PUNTO DE CORTE (PC), PORCENTAJE DE RECHAZO VERSUS AROMA A LIMÓN.....	51
FIGURA 2.16. PUNTO DE CORTE (PC), PORCENTAJE DE RECHAZO VERSUS SABOR A DESINFECTANTE.....	52
FIGURA 2.17. AROMA A LIMÓN A TRAVÉS DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO PARA LAS CONDICIONES; 24°C CON Y SIN ILUMINACIÓN. LA LÍNEA RECTA REPRESENTA LA REGRESIÓN LINEAL A TRAVÉS DE LOS DATOS EXPERIMENTALES.....	53
FIGURA 2.18. SABOR A DESINFECTANTE A TRAVÉS DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO PARA LAS CONDICIONES: 45°C CON Y SIN ILUMINACIÓN. LA LÍNEA RECTA REPRESENTA LA REGRESIÓN LINEAL A TRAVÉS DE LOS DATOS EXPERIMENTALES.....	54
FIGURA 2.19. VIDA ÚTIL SENSORIAL (VUS) DADA POR EL DESCRIPTOR AROMA A LIMÓN.....	55
FIGURA 2.20. VIDA ÚTIL SENSORIAL (VUS) DADA POR EL DESCRIPTOR AROMA A DESINFECTANTE.....	56
FIGURA 2.21. VIDA ÚTIL SENSORIAL (VUS) EN HOGAR Y LOCAL CENTRALIZADO. PORCENTAJE DE RECHAZO VERSUS TIEMPO DE ALMACENAMIENTO.	58
FIGURA 2.22. ANÁLISIS POR CORRESPONDENCIA DE FRASES RELACIONADAS CON CARACTERÍSTICAS SENSORIALES. ENSAYO EN EL HOGAR.	61
FIGURA 2.23. ANÁLISIS POR CORRESPONDENCIA DE FRASES RELACIONADAS CON CARACTERÍSTICAS SENSORIALES. ENSAYO EN EL LOCAL CENTRALIZADO.	61
FIGURA 2.24. ANÁLISIS POR CORRESPONDENCIA DE FRASES RELACIONADAS CON HÁBITOS DE CONSUMO. ENSAYO EN EL HOGAR.....	62
FIGURA 2.25. ANÁLISIS POR CORRESPONDENCIA DE FRASES RELACIONADAS CON HÁBITOS DE CONSUMO. ENSAYO EN EL LOCAL CENTRALIZADO.....	63

FIGURA 2.26. MARCAS DE AGUAS SABORIZADA CONSUMIDAS.....	64
FIGURA 2.27. SABORES DE AGUAS SABORIZADAS CONSUMIDOS.....	64
FIGURA 2.28. FRECUENCIA DE CONSUMO DE AGUAS SABORIZADA.	65
FIGURA 2.29. MOTIVOS DE CONSUMO DE AGUAS SABORIZADA.	65
FIGURA 2.30. PORCENTAJE DE RECHAZO VERSUS TIEMPO DE ALMACENAMIENTO A 24°C PARA LA CONDICIÓN: SIN ILUMINACIÓN Y CON ILUMINACIÓN.....	69
FIGURA 3. 1. ENCUESTA REALIZADA EN EL HOGAR	81
FIGURA 3. 2. ENCUESTA REALIZADA EN EL HOGAR	82
FIGURA 3.3. PLANILLA EMPLEADO EN EL ENSAYO CON CONSUMIDORES.....	88
FIGURA 3.4. COMERCIO EN EL QUE LOS CONSUMIDORES SE REALIZAN LAS COMPRAS CON MAYOR FRECUENCIA.....	89
FIGURA 3. 5.FRECUENCIA DE COMPRA DE LECHE ENTERA EN SACHET.....	90
FIGURA 3.6. ENVASES DE LECHE ENTERA EN SACHET CONSUMIDOS DURANTE 1 MES	91
FIGURA 3.7. MARCAS DE LECHE ENTERA EN SACHET MÁS FRECUENTEMENTE COMPRADAS POR LOS CONSUMIDORES	91
FIGURA 3.8. PARA QUE UTILIZA EL CONSUMIDOR LECHE ENTERA EN SACHET	92
FIGURA 3.9. FRECUENCIA DE COMPRA DE ACEITE DE GIRASOL.....	92
FIGURA 3.10. ENVASES DE ACEITE DE GIRASOL CONSUMIDOS DURANTE 1 MES.....	93
FIGURA 3.11. TAMAÑO DE ENVASES DE ACEITE QUE LOS CONSUMIDORES COMPRAN CON MAYOR FRECUENCIA.....	93
FIGURA 3.12. MARCAS DE ACEITE DE GIRASOL MÁS FRECUENTEMENTE COMPRADAS POR LOS CONSUMIDORES	94
FIGURA 3.13. PARA QUE UTILIZA EL CONSUMIDOR ACEITE DE GIRASOL	94
FIGURA 3.14. FRECUENCIA DE COMPRA DE GALLETITAS CON CEREALES	95
FIGURA 3.15. ENVASES DE GALLETITAS CONSUMIDOS DURANTE 1 MES.....	95

FIGURA 3.16. TAMAÑO DE ENVASES DE GALLETITAS CON CEREALES QUE LOS CONSUMIDORES COMPRAN CON MAYOR FRECUENCIA	96
FIGURA 3.17. MARCAS DE GALLETITAS CON CEREALES MÁS FRECUENTEMENTE COMPRADAS POR LOS CONSUMIDORES	96
FIGURA 3.18. PARA QUE UTILIZA EL CONSUMIDOR GALLETITAS CON CEREALES.....	97
FIGURA 3.19. TIEMPO ENTRE APERTURA Y FINALIZACIÓN DE UN ENVASE DE LECHE ..	98
FIGURA 3.20. TIEMPO ENTRE APERTURA Y FINALIZACIÓN DE UN ENVASE DE ACEITE..	98
FIGURA 3.21. TIEMPO ENTRE APERTURA Y FINALIZACIÓN DE UN ENVASE DE GALLETITAS	99
FIGURA 3.22. PORCENTAJE DE RECHAZO VERSUS TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE DE GIRASOL.....	100
FIGURA 3.23. PORCENTAJE DE RECHAZO VERSUS TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DE GALLETITAS CON CEREALES.....	101
FIGURA 3.24. PORCENTAJE DE RECHAZO VERSUS TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DE LECHE ENTERA EN SACHET.	102

INDICE DE TABLAS

TABLA 2. 1. TIEMPOS DE ALMACENAMIENTO PARA CADA CONDICIÓN ENSAYADA..... 19

TABLA 2.2. DEFINICIÓN DE DESCRIPTORES CRÍTICOS Y VALORES ASIGNADOS A K. 22

TABLA 2.3. DATOS DE ACEPTACIÓN/RECHAZO PARA 5 CONSUMIDORES, LOS CUALES EVALUARON LAS MUESTRAS DE YOGUR CON DIFERENTES TIEMPOS DE ALMACENAMIENTO A 42°C. 35

TABLA 2.4. DATOS DE ACEPTACIÓN/RECHAZO PARA 15 CONSUMIDORES, LOS CUALES EVALUARON MUESTRAS DE GALLETITAS TIPO CRACKERS METODOLOGÍA DE TIEMPOS ACTUALES. 40

TABLA 2.5. PROMEDIOS OBTENIDOS PARA LOS DESCRIPTORES AROMA A LIMÓN, AROMA A DESINFECTANTE, SABOR A LIMÓN Y SABOR A DESINFECTANTE CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN TEMPERATURA X ILUMINACIÓN. 47

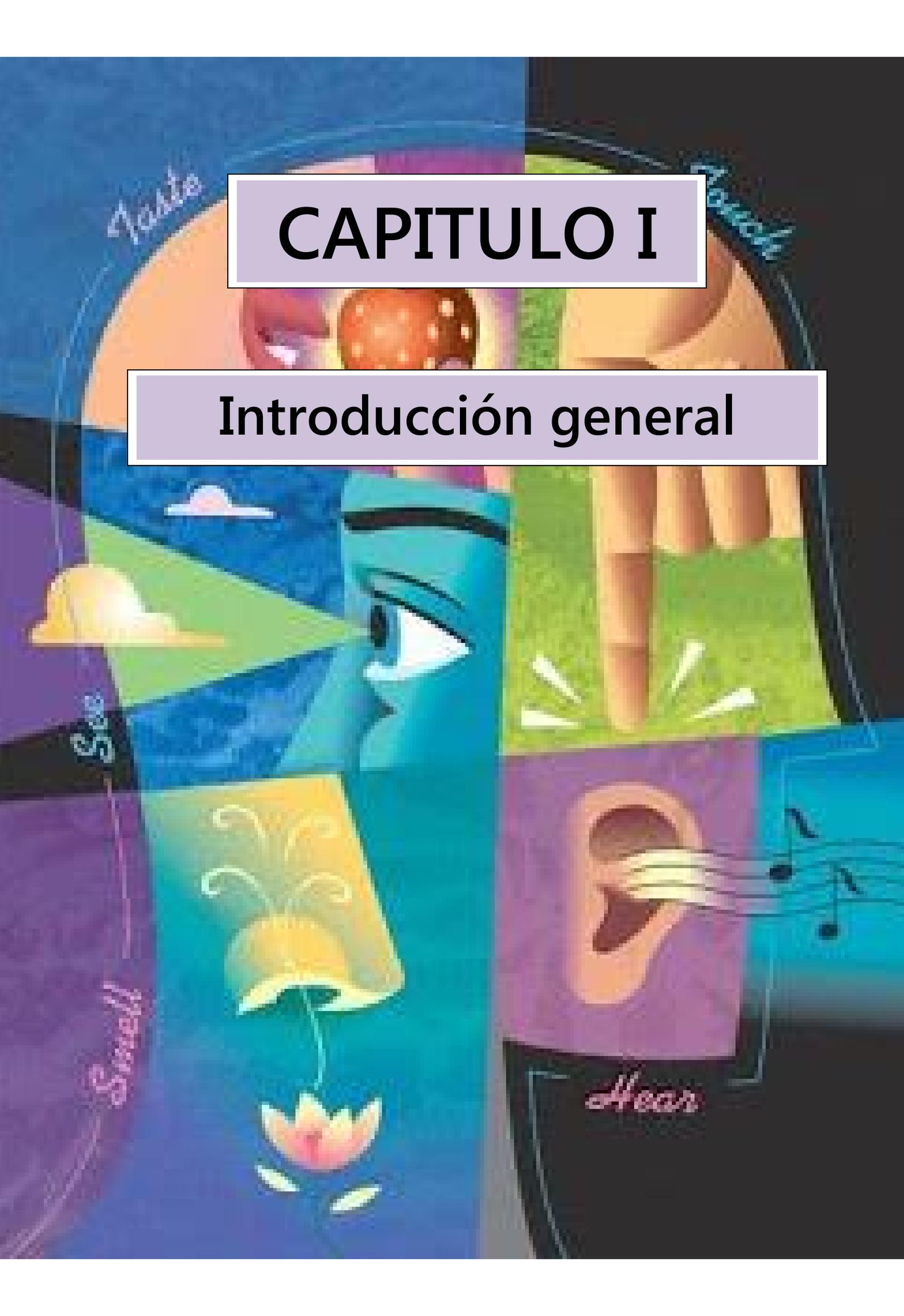
TABLA 2.6. PROMEDIOS OBTENIDOS PARA LOS DESCRIPTORES AROMA A LIMÓN, AROMA A DESINFECTANTE, SABOR A LIMÓN Y SABOR A DESINFECTANTE PARA LAS 6 CONDICIONES ENSAYADAS A TRAVÉS DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO. ES DECIR, CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN TEMPERATURA X TIEMPO X ILUMINACIÓN. 49

TABLA 2.7. PROMEDIOS DE PUNTAJE GLOBAL (PG) OBTENIDOS PARA LAS 6 CONDICIONES ENSAYADAS A TRAVÉS DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO..... 59

TABLA 2.8. PROMEDIOS DE PUNTAJE GLOBAL (PG) OBTENIDOS PARA CONDICIÓN DE 24°C CON ILUMINACIÓN A TRAVÉS DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO..... 60

TABLA 2.9. ESTIMACIONES DE LOS PARÁMETROS CORRESPONDIENTES A LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL CON LA INCLUSIÓN DE LA TEMPERATURA Y LA ILUMINACIÓN COMO COVARIABLES (ECUACIÓN 2.9). 68

TABLA 2.10. ESTIMACIONES DE VIDA ÚTIL SENSORIAL (VUS) (DÍAS ± ERROR ESTÁNDAR) CORRESPONDIENTE A UN 25% Y 50% DE RECHAZO PARA LAS CONDICIONES ENSAYADAS DE TEMPERATURA E ILUMINACIÓN.	69
TABLA 2.11. ESTIMACIONES NO LINEALES DE LOS PARÁMETROS CON SUS ERRORES ESTÁNDAR OBTENIDOS A PARTIR DE LA FUNCIÓN NLS DE R.....	72
TABLA 2.12. ESTIMACIONES DE AROMA A LIMÓN PARA UNA BEBIDA ALMACENADA DURANTE 150 DÍAS A 24°C CON Y SIN ILUMINACIÓN Y SUS CORRESPONDIENTES INTERVALOS DE CONFIANZA.....	73
TABLA 3. 1. TIEMPOS DE ALMACENAMIENTO PARA CADA PRODUCTO	86



CAPITULO I

Introducción general

1. Capítulo 1 – Introducción general y objetivos

1.1. Introducción general

La vida útil (VU) de un alimento representa el período de tiempo durante el cual el mismo se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables (Hough y Wittig, 2005). La VU de la mayoría de los productos alimenticios está determinada por los cambios en sus características sensoriales, que incluso pueden ocurrir antes de que su seguridad se vea comprometida (Lawless y Heyman, 2010; Derossi, Mastrandrea, Amodio, de Chiara y Colelli, 2016).

La estimación de la vida útil sensorial (VUS) de un alimento consiste básicamente en la evaluación de las características sensoriales de un grupo de muestras con diferentes tiempos de almacenamiento (Bishop y White, 1986). Generalmente implica medir el tiempo que transcurre hasta que la intensidad de determinada característica de un alimento es rechazada, momento correspondiente al deterioro máximo tolerable (Giménez, Ares y Ares, 2012). Este tiempo se limitará por un aumento en la intensidad de un defecto sensorial o una disminución en la intensidad de una característica deseable (Garitta, Hough y Sánchez, 2004).

Los estudios con consumidores resultan ser la herramienta más apropiada para la estimación de la VUS (Hough, Langohr, Gómez y Curia, 2003). Se evalúa un número limitado de muestras con diferentes tiempos de almacenamiento. Debido a esto, no puede observarse el tiempo exacto al que cada consumidor rechaza el producto, dando como resultado datos censurados que se analizan estadísticamente mediante la metodología de supervivencia (Hough y otros, 2003).

El análisis de supervivencia es una rama de la estadística utilizada ampliamente en estudios clínicos, en epidemiología, biología, sociología y en estudios de confiabilidad (Klein y Moescheberger, 1997; Meeker y Escobar, 1998). Se ha convertido en una de las metodologías más populares para la estimación de VUS basada en la percepción de los consumidores (Giménez y otros, 2012). Comprende un conjunto de procedimientos estadísticos aplicables para el análisis del tiempo hasta que ocurre un evento de interés, es decir, para analizar datos que incluyen el tiempo entre dos sucesos como variable

respuesta (Meeker y Escobar 1998; Klein y Moeschberger 1997; Kleinbaum 1996; Gómez y Langohr, 2003). En el caso de estudios de VUS el evento de interés se centra en que el consumidor rechace un producto que se ha almacenado durante un tiempo determinado (Giménez, Ares, y Gámbaro, 2008; Hough, Garrita, y Sánchez, 2004; Hough y otros, 2003; Hough, 2010).

Éste metodología de análisis tiene la ventaja de que el trabajo sensorial experimental es relativamente simple: un grupo de consumidores evalúa muestras con diferentes tiempos de almacenamiento o diferentes niveles de un defecto sensorial y responde si las acepta o rechaza, lo que equivale a decir si consumiría o no las muestras, respectivamente. La decisión de aceptar/rechazar está en línea con lo que los consumidores hacen regularmente cuando se enfrentan a un producto alimenticio cerca del final de su VUS.

Gacula y Singh (1984) introdujeron el modelo de Weibull, derivado del análisis de supervivencia, en estudios de VUS de alimentos. El modelo fue aplicado en estudios posteriores sin tener en cuenta el concepto de censura (Hough, Puglieso, Sánchez y Mendes da Silva, 1999; Cardelli y Labuza, 2001; Duyvesteyn, Shimoni, y Labuza, 2001).

Hough y otros (2003) aplicaron el concepto de censura en un intervalo y las herramientas propias del análisis para estimar la VUS basándose en la aceptación/rechazo del consumidor de muestras envejecidas. Luego la metodología se amplió a la estimación de los límites de concentración de defectos sensoriales (Hough y otros, 2004) y las concentraciones óptimas de un ingrediente alimenticio (Garitta, Serrat, Hough y Curia, 2006).

Los estudios que involucran análisis sensorial pueden realizarse en diferentes entornos. Hoy en día, los ensayos sensoriales estandarizados como son las pruebas de laboratorio o las pruebas en locales centralizados son los métodos más populares. Se pueden realizar en varios lugares, por ejemplo, un salón de clases en una universidad, un centro comercial, en un laboratorio de análisis sensorial, etc. Consiste en la evaluación del producto por parte de un panel de consumidores en condiciones de consumo estandarizadas. La ventaja que presenta es que tiene lugar en un entorno controlado y las muestras pueden ser preparadas de manera de minimizar la influencia externa (Lawless y Heymann, 2010). Sin embargo, estas condiciones son artificiales y no tienen en

cuenta factores, como por ejemplo la forma de preparación de los alimentos, las cuales pueden ser de primordial importancia en la apreciación de los productos alimenticios en el entorno doméstico. Es decir, se evalúa en una situación diferente a la de consumo natural (Meiselman, 1992). Una alternativa a esta metodología que puede utilizarse para ensayos sensoriales es la evaluación en ambiente real, por ejemplo, el hogar. En este caso, el consumidor prepara el alimento a su manera, lo consume en su propio entorno y puede elegir el momento en el cual evalúa el producto.

Se han realizado diversas investigaciones para evaluar la diferencia entre resultados de ensayos en hogar y en local centralizado. Se cree que el ensayo en el hogar produce datos más realistas; sin embargo, presenta algunos inconvenientes, por ejemplo, que las condiciones experimentales no son controladas, no puede asegurarse quién realmente probó y calificó el producto y en qué circunstancias. Por otro lado, los fabricantes de alimentos son reacios a utilizar esta metodología debido a dificultades como son la corta VU de algunos tipos de alimentos, dificultades para envasar a ciegas, presupuesto, entre otras (Boutrolle, Arranz, Rogeaux, y Delarue, 2005; Karin, Annika, y Anna, 2015; Sosa, Martinez, Marquez y Hough, 2008).

Diversos autores encontraron diferencias en la aceptabilidad evaluada en diferentes entornos. En la mayoría de los casos la aceptabilidad resultó más baja cuando la evaluación se realizó en condiciones estandarizadas que la obtenida en condiciones naturales (Hersleth, Mevik, Naes y Guinard, 2003; King, Weber, Meiselman y Lv, 2004; Meiselman, Hirsch, y Popper, 1988; Meiselman, Johnson, Reeve, y Crouch, 2000). Sin embargo, estos resultados no se repiten en todos los trabajos y de hecho, a veces ocurre lo contrario. Boutrolle, Delarue, Arranz, Rogeaux y Kôster (2007) explican las diferencias haciendo referencia a que en el hogar los consumidores eligen el momento de consumo, comen cuando tienen hambre, tienen un contacto más prolongado con el producto, en cambio en el local centralizado estas condiciones están estandarizadas por lo que el consumidor puede ser más analítico.

Los resultados de algunas investigaciones (Calvin y Sather, 1959; Daillant-Spinnler y Issanchou, 1995; Kozłowska y otros, 2003; Miller y otros, 1955) demostraron que las comparaciones de pruebas en el hogar y local centralizado difieren según el producto evaluado, incluso si la metodología es exactamente la misma, por ejemplo, Kozłowska y otros (2003), evaluaron la

aceptabilidad de muestras de jugos de manzana con diferentes niveles de dulzor en el hogar y en local centralizado, encontrando diferencias en el emplazamiento sólo para la muestra menos dulce.

Diversas investigaciones han demostrado que el contexto y las características no sensoriales tienen una gran influencia en la percepción de los consumidores (Bello Acebrón y Calvo Dopico, 2000; Carrillo, Varela, y Fiszman, 2012a; Carrillo, Varela, y Fiszman, 2012b; Enneking, Neumann, y Henneberg, 2007), por lo que podría pensarse que también estos factores podrían influenciar los límites de aceptación de los defectos sensoriales o la VUS de un alimento.

La dinámica de las preferencias alimentarias de los consumidores y los motivos de elección están influenciados por una multitud de factores cuyo estudio requiere la investigación de todos los elementos que afectan la experiencia al momento de comer: el producto mismo (propiedades intrínsecas / extrínsecas), los factores relacionados con cuestiones personales (cultural, psicológico, fisiológico, emocional) y el contexto específico en el que se realiza la elección, por ejemplo, entorno temporal, social y físico (Köster, 2009; Steptoe, Pollard y Wardle, 1995).

Diversos estudios se han enfocado en el comportamiento del consumidor dependiendo de las variables externas a los alimentos, demostrando en algunos casos como el contexto puede afectar la complejidad del comportamiento del consumidor.

Meiselman (2007) discutió la influencia de:

- otros alimentos presentes en la comida o que la precedieron
- el entorno físico en el cual se consume el alimento, ya sea un restaurant, el hogar o un puesto callejero
- el entorno social: comer solo, en una fiesta o en un comedor del trabajo
- los aspectos económicos: tanto el costo del alimento en sí como el valor percibido para una determinada situación
- el contexto cultural: las tradiciones y creencias correspondientes a un grupo social determinado

Jaeger y Rose (2008) desarrollaron un modelo de elección de frutas frescas tomando como variables la marca, el precio y la ocasión de consumo. Los autores demostraron la complejidad del comportamiento del consumidor y la necesidad de segmentar a los mismos para una mejor comprensión de sus conductas.

Ares, Giménez y Gámbaro (2008) estudiaron la influencia del contexto durante la fase de decisión de compra – consumo en relación a la VUS de lechuga mínimamente procesada. Utilizaron estadística de supervivencia para el análisis de resultados y encontraron diferencias entre los procesos de compra y consumo.

King, Weber, Meiselman, y Lv (2004 y 2007) demostraron que el contexto afecta la aceptabilidad, pero que la relación entre el efecto del contexto y la aceptación del consumidor puede no ser consistente dentro y entre los componentes de las comidas.

Otros autores, observando las elecciones de alimentos que naturalmente hacen los consumidores en diferentes situaciones, identificaron que la misma se relaciona con varios factores como son: como la comida / bebida en sí misma, la ubicación y hora de la comida, el entorno social, las actividades en las que los consumidores están involucrados, sus procesos mentales (emociones, estados de ánimo), el estado físico (por ejemplo, pérdida de apetito) y la recurrencia de esas experiencias (Bisogni y otros, 2007).

Lo expuesto en los párrafos anteriores fundamenta que las investigaciones actuales se extiendan más allá del alimento como tal y se ponga mayor énfasis en el entendimiento del rol del contexto, de la cultura y del ambiente y también cómo estos mismos factores se relacionan con los complejos mecanismos que determinan el comportamiento del consumidor.

Respecto a estudios de VUS no existe evidencia sobre la influencia de factores como el tipo de emplazamiento y/o metodología de la prueba sensorial. Posiblemente los resultados de un estudio de VUS realizados en ambiente real difieran de los obtenidos cuando el mismo ensayo es realizado en un local centralizado.

Como se mencionó anteriormente, un panel de consumidores es la herramienta más apropiada para determinar la VU y la calidad de un producto alimenticio. A pesar de la importancia de los datos del consumidor para la estimación de la VUS existen situaciones en las que es difícil su aplicación. (Hough y otros, 2003; Hough, 2010). A modo de ejemplo: si se realiza un estudio con 3 temperaturas y 2 tipos de iluminación se tendrían 6 condiciones. Considerando que Hough, Calle, Serrat y Curia (2007) recomiendan para estimar la VUS de un alimento mediante estadística de supervivencia el uso de 120

consumidores, un ensayo realizado en múltiples sesiones, sería demasiado costoso y poco práctico. Podría entonces pensarse en realizar la evaluación con un panel sensorial de evaluadores entrenados, ya que son más simples de convocar y apropiados para evaluaciones repetidas, pero los datos serían analíticos y no necesariamente representativos de las respuestas de los consumidores. En este contexto es que surge la pregunta ¿Cuál sería, por ejemplo, el nivel de sabor oxidado a partir del cual los consumidores comienzan a notar un cambio con respecto al producto fresco?

Para responder a esta cuestión, la intensidad de los atributos/descriptores sensoriales medidos por un panel de evaluadores sensoriales entrenados podría utilizarse para estimar la VUS de los productos alimenticios utilizando los criterios de rechazo determinados por los consumidores, mediante la correlación de los datos de ambos paneles (Hough, 2010). Esta metodología se denomina punto de corte (PC) y fue desarrollada por Ramírez, Hough y Contarini (2001) utilizando regresiones para el análisis estadístico. Langohr, Gómez y Hough (2013) desarrollaron un modelo que emplea estadística de supervivencia para estimar el PC basado en la aceptación/rechazo de los consumidores teniendo en cuenta la variabilidad de las mediciones sensoriales dadas por un panel sensorial de evaluadores entrenados.

La vida útil sensorial secundaria (VUSs) de un alimento representa el período de tiempo desde que el envase de un determinado producto alimenticio ha sido abierto por un consumidor hasta que su contenido es finalizado o bien, hasta que el producto es descartado porque se deterioró. En este periodo de tiempo se espera que el producto mantenga sus características higiénicas, nutricionales y sensoriales de manera aceptable.

La importancia de estudiar la vida útil secundaria (VUs) de los productos alimenticios radica en la comprensión de su comportamiento después de la apertura del paquete y, por lo tanto, en la optimización de sus propiedades, calidad, material de embalaje, etc., para maximizar su VU.

Pocos autores han realizado trabajos relacionados a VUs, en general estos trabajos se refieren a alimentos microbiológicamente estables como vino, aceite de oliva extra virgen, café, leche en polvo y maní tostado:

Lee y Resurrecion (2006) evaluaron los cambios en las propiedades físico-químicas de maní tostado expuestos a diferentes Aw. Correlacionaron los datos instrumentales con atributos sensoriales y desarrollaron un modelo de regresión para predecir la intensidad de los atributos sensoriales utilizando medidas instrumentales.

Anese, Manzocco y Nicoli (2006) utilizando datos sensoriales y físicoquímicos desarrollaron un modelo matemático para estimar la VUs del café molido tostado almacenado en condiciones similares a las del almacenamiento en el hogar.

Fu, Lim, y McNicholas (2009) demostraron que la temperatura, el tiempo de almacenamiento y el tipo de empaque tienen influencia sobre la calidad de vino durante su VUs.

Krichene y otros (2010) estudiaron la estabilidad del aceite de oliva virgen, particularmente el comportamiento de sus antioxidantes naturales durante el almacenamiento a largo plazo, tanto de envases abiertos como cerrados.

Krichene, Salvador y Fregapane (2015) estudiaron la estabilidad de los compuestos fenólicos del aceite de oliva extra virgen durante el almacenamiento a largo plazo a diferentes temperaturas en envases cerrados y envases abiertos. Tanto la VU como la VUs se extendieron considerablemente a una temperatura de almacenamiento reducida.

Lee, Kang y Park (2011) evaluaron la influencia del O₂ en la composición volátil y las características organolépticas del vino Cabernet Sauvignon durante un período de almacenamiento de 1 semana, utilizando modelos de reconocimiento de patrones como proyecciones ortogonales para análisis discriminante de estructura latente (OPLS-DA) y análisis de componentes principales (ACP). El estudio demostró que son herramientas estadísticas muy útiles para la comprensión de la oxidación del vino.

Cesa, Casadei, Cerreto, y Paolicelli (2015) estudiaron el efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la estabilidad (VU y la VUs) de fórmulas de leche en polvo para niños. Los resultados demostraron que no solo las condiciones de almacenamiento de los productos cerrados son importantes, sino que también debe considerarse el tiempo y la temperatura una vez abierto el envase.

Garrido-Delgado y otros (2015) evaluaron la estabilidad de aceite de oliva extra virgen en función del tipo de recipiente y las condiciones de almacenamiento, encontrando diferencias entre los diferentes tipos de envases.

Benkovič y Jurinjak Tušek (2018) desarrollaron modelos lineales y no lineales para estudiar la influencia de factores intrínsecos (contenido de humedad de la muestra) y extrínsecos (Humedad relativa y Temperatura ambiente) sobre la VUs de Café tostado Molido.

La bibliografía disponible demuestra que la VUs no hay recibido demasiada atención y menos aún la VUSs, por lo que existen pocos ejemplos sobre la determinación y las metodologías utilizadas para evaluarla.

Durante la VUSs de un alimento, por ejemplo, para la leche fluida envasada se establece que una vez abierto el envase el producto debe ser consumido dentro de los siguientes 3 días; pero algunos consumidores probablemente aceptarían o consumirían esta leche más allá de este tiempo, considerando ellos que es microbiológicamente segura. En otro tipo de producto como pueden ser galletitas, el elaborador generalmente sólo indica la fecha de vencimiento (igual o superior a 6 meses) pero no brinda recomendaciones respecto del período de tiempo dentro del cual debería consumirse una vez abierto el envase. Ocurre que a pesar de que se mantiene por mucho tiempo microbiológicamente seguro, no así sus características sensoriales, lo que podría provocar el rechazo de los consumidores, aún antes de la fecha de vencimiento indicada por el fabricante.

Lo antes expuesto demuestra que tal como ocurre con la VUS, desde este punto de vista los productos alimenticios no tienen una VUSs propia, sino que ésta dependerá de la interacción del alimento con el consumidor. A pesar de que los alimentos tienen establecida una VU o fecha de vencimiento, estos una vez abiertos podrían ser consumidos en un tiempo superior o inferior a la misma, dependiendo del tipo de alimento, del material de envase, de la fecha de vencimiento establecida por la empresa elaboradora, de las condiciones de almacenamiento y principalmente de la actitud del consumidor hacia el envase abierto.

En este contexto, el presente trabajo propone estudiar la influencia de diferentes factores extrínsecos (como por ejemplo, emplazamiento, condiciones

de almacenamiento) e intrínsecos (por ejemplo, características sensoriales, estabilidad de producto) sobre la VUS y VUSs de productos alimenticios.

1.2. Objetivo general

Investigar la influencia que tienen los factores extrínsecos e intrínsecos de un producto sobre la vida útil sensorial (VUS) del mismo.

1.2.1. Objetivos específicos

- ✓ Estimar la vida útil sensorial (VUS) de un alimento almacenado bajo dos factores de variación: iluminación y temperatura.
- ✓ Estimación de la vida útil sensorial secundaria (VUSs) de diferentes alimentos.



CAPITULO II

Efecto de la temperatura e iluminación sobre la vida útil sensorial de un alimento

Agua saborizada sabor limón como caso de estudio

2. Capítulo 2 - Efecto de la temperatura e iluminación sobre la vida útil sensorial (VUS) de un alimento. Agua saborizada sabor limón (ASLI) como caso de estudio.

2.1. Introducción

La calidad de un producto es un determinante clave de la decisión de compra de los consumidores (Stone y Sidel, 2004). El incremento de la demanda por productos frescos, seguros y de alta calidad requiere que las industrias alimentarias definan con precisión la VUS y los límites de tolerancia de los defectos sensoriales (Giménez, Ares, y Ares, 2012; Lawless y Heyman, 2010) ya que una decisión incorrecta puede tener un impacto económico significativo. El hecho de que un consumidor encuentre defectos en un producto antes de su fecha de vencimiento puede disminuir la confianza hacia la marca y el comercio que los vende, incluso podría llevarlo a no comprar nuevamente el producto (Harcar y Karakaya, 2005).

Tal como se menciona en Manzocco y Lagazio (2009), “los estudios para estimar la VUS de alimentos y bebidas han tomado un papel importante en los últimos años, convirtiéndose en un tema de investigación continua y exhaustiva sobre los mecanismos de deterioro que se producen en los alimentos y en el desarrollo y la aplicación de metodologías para la estimación de la VU” (citado por Giménez y otros, 2012).

Hoy en día la industria de alimentos enfrenta la fuerte presión de tener que desarrollar productos en tiempos récords y el tiempo para evaluar estos productos antes de su salida al mercado se reduce a unos pocos días o semanas a pesar de que los mismos luego tendrán una VU de varias semanas o incluso meses.

En relación a esto, es posible la aplicación de diversos factores de aceleración en condiciones extremas para luego extrapolar las estimaciones a condiciones reales de almacenamiento. La temperatura es el factor de aceleración más utilizado, debido no solo al hecho de que es uno de los más críticos que afectan la cinética de reacción en los alimentos, sino también a la disponibilidad de una base teórica que permite estudiar la velocidad de la pérdida de calidad en función de la temperatura. De hecho, la ecuación de Arrhenius (Arrhenius, 1901), desarrollada teóricamente sobre la base molecular de reacciones químicas reversibles, ha demostrado de forma práctica los cambios complejos

que ocurren en los alimentos, ya sean químicos, físicos y sensoriales (Labuza y Riboh, 1982).

Pedro y Ferreira (2006) utilizaron la temperatura para acelerar los cambios durante el almacenamiento en tomate concentrado. Hough, Garitta y Gómez (2006) desarrollaron un modelo que permite estimar el porcentaje de rechazo en función de la temperatura y el tiempo de almacenamiento. Garitta y otros (2004) estimaron el PC y la VUS de dulce de leche en función de la temperatura.

A pesar de que la temperatura es el factor de aceleración más utilizado, otros pueden ser de importancia en ciertos productos alimenticios. Por ejemplo, poco se ha estudiado sobre el oxígeno como factor de aceleración, más allá de que podría ser de importancia en alimentos susceptibles al deterioro oxidativo (Calligaris, Manzocco, Anese, y Nicoli, 2016). Manzocco, Panozzo y Calligaris (2012) evaluaron los cambios en el valor del peróxido en los aceites vegetales durante el tiempo de almacenamiento bajo diferentes temperaturas y condiciones de iluminación. Ellos presentaron un modelo que integró el efecto de ambos factores de aceleración. Estudios similares se han aplicado en miel (Boonchiangma, Chanthai, Srijaranai y Srijaranai, 2011) y pimentón (Koncsek, Kruppai, Helyes, Bori y Daood, 2016).

Otro factor de aceleración importante en algunos productos alimenticios es la iluminación. Éste, combinado con la temperatura ha sido estudiado por varios autores: Manzocco, Kravina, Calligaris, y Nicoli (2008) estudiaron el efecto de la luz y la temperatura sobre una solución de azafrán aplicando cuatro temperaturas y cuatro niveles de iluminación. Evaluaron los cambios de color usando un colorímetro y los cambios químicos por cromatografía. Descubrieron que la energía de activación de la temperatura estaba inversamente relacionada con la intensidad de la iluminación. Espejo y Armada (2014) estudiaron la influencia de la temperatura y la iluminación sobre los cambios de color de brandy a través del tiempo de almacenamiento. Jiang, Zheng, y Lu (2014) estudiaron la degradación de ácido ascórbico en jugo de azofaifa bajo diferentes temperaturas (15, 25 y 35°C) y dos condiciones de iluminación (con y sin). Las variables se estudiaron de forma independiente, es decir, sin unificar en el modelo la temperatura e iluminación. Boonchiangma y otros (2011) estudiaron la influencia de la temperatura (25, 45, 65 y 85°C) y de la iluminación (con y sin) sobre la formación de hidroximetil furfural y la

degradación de aminoácidos en mieles. Al igual que en el trabajo mencionado anteriormente, estos autores calcularon la energía de activación para las condiciones con iluminación y sin iluminación de forma independiente, utilizando el modelo lineal de Arrhenius. Mattos, Norera y Brandelli (2003) almacenaron jamón en fetas a resguardo de la luz a diferentes temperaturas (-15°C, 10°C, 30°C) y a 10°C bajo iluminación con luz fluorescente blanca fría (2500 lux) durante 4 días. Utilizaron el modelo lineal de Arrhenius para estimar la energía de activación demostrando que el efecto de la iluminación no fue significativo. Jensen, Sørensen, Engelsen y Bertelsen (2001) evaluaron el efecto de la iluminación sobre nueces almacenadas a 5 °C y 21 °C bajo atmósfera acelerada de 50% de oxígeno. Utilizaron un panel entrenado para evaluar descriptores de sabor, pero no estimaron la VU para las diferentes condiciones. Ramírez, Hough y Contarini (2001) aplicaron un PC basado en la respuesta del consumidor para estimar la VU de aceite de girasol a diferentes temperaturas, con y sin iluminación. Esta metodología de PC fue evolucionando posteriormente con la introducción del análisis de supervivencia en la estimación del mismo (Garitta, Langohr, Gómez, Hough y Beeren, 2015). Meeker y Escobar (1998) presentaron modelos que permiten introducir más de un factor de aceleración, por ejemplo, un test de durabilidad de condensadores de vidrio a niveles de temperatura y voltaje superiores a los habituales; o humedad y temperatura en materiales que sufren corrosión.

El agua saborizada sabor limón (ASLI) contiene jugo de limón y saborizante de limón declarado como parte de sus ingredientes. Las propiedades sensoriales de las bebidas con sabor a limón cambian a lo largo del tiempo de almacenamiento. Algunos autores atribuyen estos cambios a la transformación del D-limoneno a carvona y a carveol (Braddock, 1986). El limoneno se degrada fácilmente por reacciones de oxidación en medio ácido contribuyendo a un sabor extraño indeseable (Carmo, Pais, Simplicio, Mateus, y Duarte, 2017). La causa de este cambio es la oxidación originada por la fotólisis la cual es acelerada por la temperatura (Nguyen, y colab., 2009). Otros autores atribuyen estos cambios principalmente a la transformación del Citral a p-cymene, p-cresol y dimetil-estireno (Sawamura, 2004). Queda claro entonces que son diversos los factores que conducen al deterioro sensorial del producto durante su almacenamiento.

De acuerdo a la revisión bibliográfica, en gran parte de los trabajos se han realizado mediciones químicas o físicas para evaluar el deterioro de diversos productos a través del tiempo de almacenamiento y en función de la iluminación y temperatura, pero existen muy pocos estudios en los que se haya utilizado la evaluación sensorial como herramienta para tal fin. Modelos de supervivencia con más de un factor de aceleración aún no han sido aplicados a alimentos. Tampoco se conocen modelos que contemplen cambios sensoriales durante el almacenamiento bajo dos condiciones de aceleración.

El presente trabajo propone estudiar la VUS de un alimento contemplando dos factores de aceleración: temperatura e iluminación, utilizado ASLI como caso de estudio.

2.2. Objetivo específico

Estimar la vida útil sensorial (VUS) de un alimento considerando dos factores de variación: iluminación y temperatura.

2.2.1. Objetivos particulares

- ✓ Determinar el punto de corte (PC) de un alimento aplicando estadística de supervivencia.
- ✓ Estimar la vida útil sensorial (VUS) de un alimento a partir del punto de corte (PC).
- ✓ Comparar el comportamiento de los consumidores cuando evalúan la vida útil sensorial (VUS) de un alimento en un ambiente real vs. la evaluación en un local centralizado.
- ✓ Predecir la vida útil sensorial (VUS), mediante estadística de supervivencia, contemplando la temperatura y la iluminación como factores de aceleración.
- ✓ Modelar cambios sensoriales durante el almacenamiento bajo dos factores de aceleración: temperatura e iluminación.

2.3. Materiales y métodos

2.3.1. Muestras

Se emplearon muestras de ASLI que fueron provistas por una empresa argentina de bebidas líder en el mercado, dicha empresa estuvo a cargo del financiamiento del proyecto.

Contemplando los tipos de ensayos a realizar y las instalaciones disponibles para el almacenamiento se acordó con la empresa que la bebida sea envasada en botellas de PET de 600 ml.

2.3.2. Almacenamiento

Previo a iniciar el almacenamiento de las muestras fue necesario definir los tiempos correspondientes a cada unidad experimental, para lo que fueron necesarias algunas pruebas preliminares. Las temperaturas de almacenamiento serían 24°C, 37°C y 45°C. Se diseñó un cronograma para definir los tiempos de almacenamiento correspondientes a 37°C y 45°C (A 24°C no fue necesario realizar pruebas preliminares ya que se contaba con datos de VU del producto a esa temperatura).

Se utilizó un diseño escalonado, cuya idea principal fue contar con todas las muestras, cada una con un tiempo diferente (unidad experimental) de almacenamiento al momento de realizar el ensayo preliminar. La Figura 2. 1 ilustra el diseño tomando como ejemplo una de las condiciones utilizadas en este trabajo.

A partir de un único lote refrigerado a 4°C (muestras frescas o controles) se tomaron muestras y en diferentes tiempos fueron almacenándose a 37°C y 45°C. Los tiempos totales de almacenamiento fueron: 4 meses para 37°C y dos meses para 45°C.

Luego un panel reducido de 4 evaluadores sensoriales entrenados evaluó las muestras empleando la prueba de diferencia con un control. Dicha metodología consiste en determinar y cuantificar la diferencia de las características sensoriales de cada muestra con respecto a una muestra tomada como control, a la que comúnmente se denomina con la letra K y en ensayos de almacenamiento suele ser una muestra recientemente elaborada (muestra fresca). En este caso K fue una muestra refrigerada a 4°C. Los evaluadores midieron la diferencia global de la muestra K con el resto de las muestras

almacenadas a 37°C y 45°C. Se obtuvo como resultado que el panel encontró diferencias sensoriales a lo largo del tiempo de almacenamiento en ambas temperaturas.

Por otro lado, un grupo de 10 consumidores de aguas saborizadas, cuya condición para su selección fue que consuman aguas saborizadas y no rechacen el sabor limón, probó los tiempos extremos de ambas temperaturas e indicaron si consumirían o no habitualmente la muestra que acababa de probar. Tres de 10 consumidores dijeron que sí consumirían la muestra almacenada a 37°C y solo 1 la almacenada a 45°C.

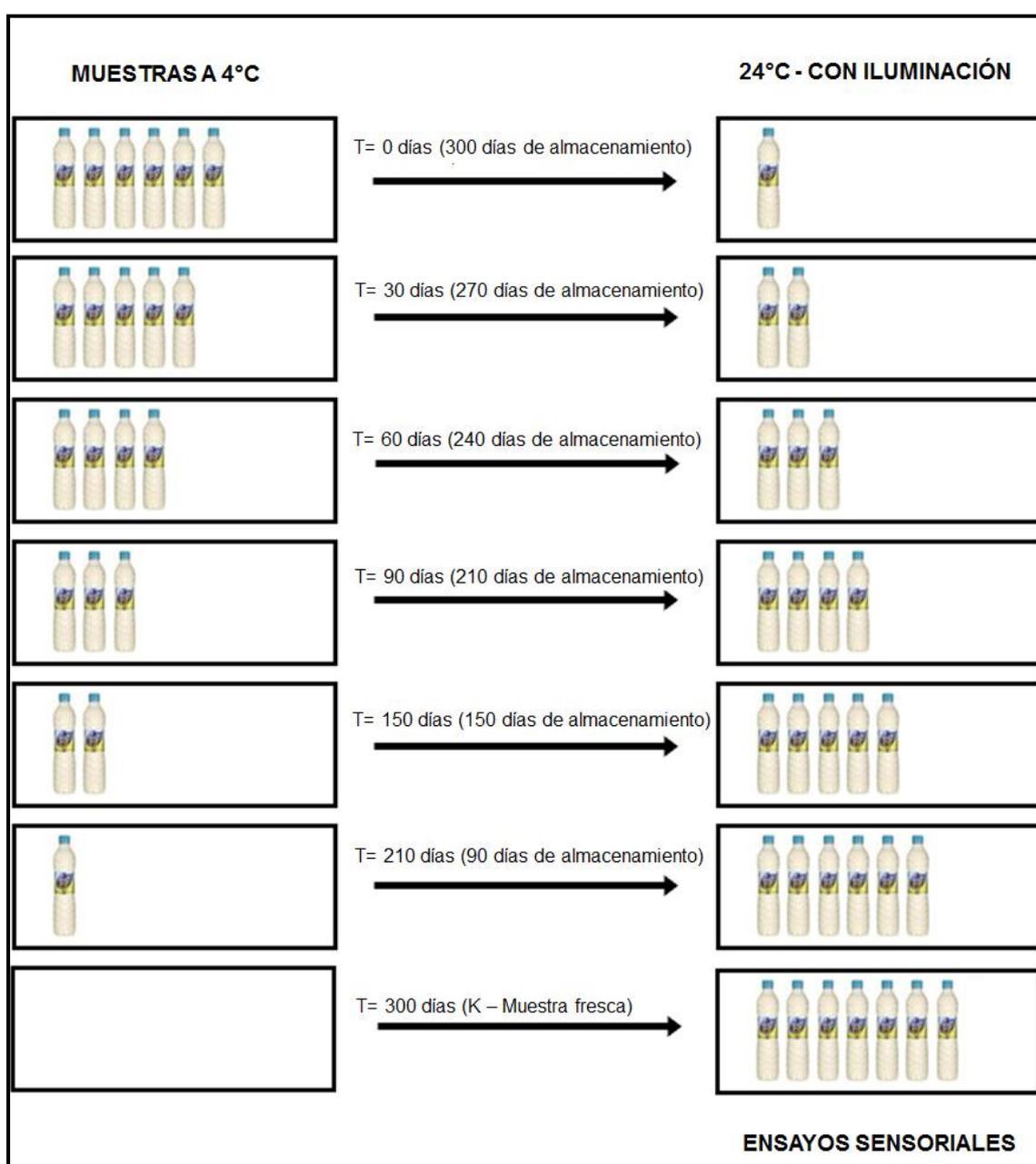


Figura 2. 1. Ejemplo del diseño escalonado utilizado para la condición "24 °C, 16 horas de iluminación por día"

Los resultados de las pruebas mencionadas permitieron definir los tiempos finales de almacenamiento. El mismo estuvo a cargo de la empresa y del departamento de evaluación sensorial (DESA) y al igual que en las pruebas preliminares se utilizó un diseño escalonado coordinado por este último.

Se utilizó, entonces, un único lote refrigerado a 4°C (en la empresa), a partir del cual se tomaron las muestras que fueron almacenadas bajo las siguientes condiciones:

- ✓ 24 °C, 16 horas de iluminación por día (almacenadas en la empresa)
- ✓ 24 °C, sin iluminación (almacenadas en el DESA)
- ✓ 37 °C, 16 horas de iluminación por día (DESA)
- ✓ 37 °C, sin iluminación (empresa)
- ✓ 45 °C, 16 horas de iluminación por día (DESA)
- ✓ 45 °C, sin iluminación (empresa)

La iluminación se realizó con tubos fluorescentes “luz de día” para simular las condiciones de las botellas en los estantes de los supermercados. Para estimar los luxes recibidos, se realizaron mediciones en tres supermercados en la ciudad de 9 de Julio. Los tres supermercados pertenecían a una cadena nacional, una cadena regional y una empresa local. Se utilizó un luxómetro (TES-1330A Digital Light Meter, TES Electrical Electronic Corp., Neihu Taipei, Taiwán) y se consideraron tres estantes de la góndola: bajo, medio y alto; tomando la medida adyacente al pasillo. Las mediciones promedio en los tres supermercados fueron: 60, 125 y 240 luxes para los estantes inferior, medio y superior, respectivamente. A la vista de estas medidas, se ajustó la iluminación de las cámaras de almacenamiento entre 160 y 190 luxes; se consideró este rango debido a que la iluminación no era perfectamente uniforme. Las botellas se rotaron cada 10 días.

En la Tabla 2. 1. se detallan los tiempos de almacenamiento para cada condición.

Finalizado el almacenamiento, la empresa envió al DESA las condiciones que estaban a su cargo, más el resto de la muestra refrigerada a 4°C que fue considerada en el estudio como tiempo inicial (T0) o muestra control (K).

Tabla 2. 1. Tiempos de almacenamiento para cada condición ensayada.

Unidad experimental	Condición ensayada		Tiempo de almacenamiento (Días)
	Temperatura de almacenamiento °C	Iluminación (16 hs/160-190 lux)	
T1	24	CON	90
		SIN	
	37	CON	35
		SIN	
	45	CON	14
		SIN	
T2	24	CON	150
		SIN	
	37	CON	59
		SIN	
	45	CON	28
		SIN	
T3	24	CON	210
		SIN	
	37	CON	80
		SIN	
	45	CON	42
		SIN	
T4	24	CON	240
		SIN	
	37	CON	94
		SIN	
	45	CON	49
		SIN	
T5	24	CON	270
		SIN	
	37	CON	108
		SIN	
	45	CON	55
		SIN	
T6	24	CON	300
		SIN	
	37	CON	119
		SIN	
	45	CON	60
		SIN	

Referencias: (*): Esta unidad (T3-45°C sin iluminación) fue omitida en el almacenamiento.

2.3.2.1. Congelamiento de las muestras

Debido al gran número de ensayos a desarrollar se decidió realizar algunas pruebas de congelamiento y evaluar la posibilidad de almacenar muestras de ASLI a -18°C con la seguridad de que en esta temperatura no se producirían cambios sensoriales significativos. Esto permitiría utilizar las muestras por

etapas de acuerdo a lo que se necesitara para desarrollar cada objetivo en particular.

Para este ensayo se utilizaron muestras recién elaboradas que en forma paralela fueron almacenadas bajo diferentes condiciones:

- en heladera a 4°C (K)
- en freezer a -18°C (muestra fresca congelada)
- en estufa a 60°C

En diferentes tiempos de almacenamiento un panel reducido de 4 evaluadores sensoriales entrenados evaluó la diferencia global de las muestras (empleando la metodología de diferencia con un control) con la muestra almacenada a 4°C (K).

Para asegurar de que al momento de evaluar las muestras todas presenten una temperatura uniforme de evaluación ($12^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) se tomaron las siguientes precauciones antes de cada prueba:

- Las muestras congeladas a 18°C fueron retiradas del freezer 48 horas antes de ser evaluadas, colocadas a temperatura ambiente por 24 horas y refrigeradas a 4°C por otras 24 horas.
- Las muestras almacenadas a 60°C fueron retiradas, colocadas a temperatura ambiente por 24 horas y refrigeradas a 4°C por otras 24 horas.
- 2 horas previas a la evaluación, las muestras fueron retiradas del refrigerador y colocadas a temperatura ambiente para alcanzar la temperatura recomendada por la empresa para ser probadas ($12^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$).

Las evaluaciones realizadas fueron las siguientes:

4 días de almacenamiento

- Muestra K vs. muestra fresca congelada en freezer a -18°C : no se encontraron diferencias sensoriales entre las muestras.

9 días de almacenamiento

- Muestra K vs. muestra fresca congelada en freezer a -18°C : no se encontraron diferencias sensoriales entre las muestras.

- Muestra almacenada 9 días a 60°C vs. muestra K: se percibieron diferencias en sabor.

Finalizada la evaluación la muestra almacenada 9 días a 60 ° C se colocó en freezer a -18°C.

16 días de almacenamiento

- Muestra K vs. muestra fresca congelada en freezer a -18°C: no se encontraron diferencias sensoriales entre las muestras.
- Muestra almacenada 16 días a 60°C vs. muestra K: se percibieron diferencias en sabor y color.
- Muestra almacenada 9 días a 60°C y congelada vs. muestra K: se percibieron diferencias en sabor y color en la misma intensidad que en el ensayo realizado a los 9 días.
- Muestra almacenada 9 días a 60°C y congelada vs. muestra almacenada 16 días a 60°C: se percibieron diferencias en la intensidad de color y sabor.

Los resultados encontrados a lo largo de las distintas evaluaciones demostraron que las muestras pueden congelarse, sin que se produzcan cambios sensoriales significativos en los atributos del producto.

2.3.3. Metodología sensorial

2.3.3.1. Perfil sensorial con panel de evaluadores entrenados

Para el desarrollo del perfil sensorial se emplearon las muestras de las 6 condiciones descritas en la Sección 2.3.2, es decir se trabajó con 36 muestras resultantes de la combinación de tres temperaturas, dos tipos de iluminación y seis tiempos de almacenamiento.

Se trabajó con un panel de 9 evaluadores seleccionados y entrenados mediante la Norma ISO-8586-1 (2012) "*Sensory analysis – General guidance for the selection, training and monitoring of assessors*".

Las etapas de entrenamiento y medición de las muestras se realizaron empleando el Análisis Descriptivo Cuantitativo (sigla en inglés "QDA") y siguiendo los lineamientos de la Norma ISO 13299 (2003) "*Sensory analysis. Methodology - General guidance for establishing a sensory profile*".

Los atributos evaluados en cada muestra fueron cuantificados utilizando una escala de 0 a 10. Tanto para el entrenamiento como para la medición, para el atributo Aroma las muestras fueron presentadas en vasos plásticos descartables de 70 ml. de color blanco tapados para evitar la pérdida de los volátiles y codificados con un número de tres dígitos escogido al azar. Para el atributo sabor las muestras fueron presentadas en vasos plásticos descartables de 110 ml. de color blanco codificados con un número de tres dígitos escogido al azar. Se tomó la decisión de presentar la muestra en un vaso para cada atributo para evitar la pérdida de temperatura y sobre todo en la muestra control, utilizada como patrón de referencia, tener disponible mayor volumen para evaluar los descriptores de Sabor. De igual modo que en las pruebas preliminares (Sección 2.3.2.1), la muestra control fue identificada con la letra K, en ambos atributos. Se sirvieron 30 ml de muestra para Aroma y 60 ml para Sabor. Las muestras, que se encontraban ya descongeladas para la sesión y refrigeradas a 4°C. Se colocaron a temperatura ambiente 2 horas antes de iniciar la sesión de panel y 40 minutos antes se sirvieron para lograr que estén a una temperatura de 12 ± 2 °C.

Se utilizaron 10 sesiones de entrenamiento de panel, para realizar la definición de los descriptores críticos de las muestras de agua saborizada.

Con el objetivo de lograr el reconocimiento y cuantificación de los descriptores, los evaluadores recibieron como referencias la muestra K y la muestra expuesta a la condición más extrema y con el mayor tiempo de almacenamiento (45°C/con iluminación – 60 días). La intensidad de la muestra K fue posicionada en las escalas como parámetro de referencia. Los valores asignados se encuentran detallados en la Tabla 2.2.

La Figura 2.2 presenta el modelo de planilla empleado para la evaluación de las muestras durante el entrenamiento.

Los evaluadores emplearon como agente neutralizante agua mineralizada “Ivess” a temperatura ambiente y un minuto de espera entre muestra y muestra.

Tabla 2.2. Definición de descriptores críticos y valores asignados a K.

AROMA		
Descriptor	Definición	Valores de K
LIMÓN	Intensidad del aroma asociado a limón. (*)	K: 10
DESINFECTANTE DE LIMÓN	Intensidad del aroma asociado a desinfectante/producto de limpieza de fragancia limón. (**)	K: 0
SABOR		
Descriptor	Definición	Valores de K
LIMÓN	Intensidad del sabor asociado a limón.	K: 10
ÁCIDO	Sabor característico del gusto básico (ácido cítrico)	K: 6
DESINFECTANTE DE LIMÓN	Intensidad del sabor asociado a desinfectante/producto de limpieza de fragancia limón	K: 0
ASTRINGENTE	Sabor característico del gusto básico (sulfato de aluminio y potasio dodecahidratado)	K: 3
Referencias: (*): Para identificar este descriptor se presentó la esencia de limón enviada por la empresa (0.54g/L). (**): Este descriptor se identificó con la muestra expuesta a la condición más extrema y con el mayor tiempo de almacenamiento (45°C/con luz – 60 días).		



Figura 2.3. Panel computarizado, sesión de medición.

2.3.3.2. Panel de consumidores

Ensayo en local centralizado

Reclutamiento

Se reclutaron 120 consumidores habituales del producto en estudio; hombres y mujeres, mayores de 18 años de edad, de la ciudad de 9 de Julio. El reclutamiento se realizó en primera instancia mediante una encuesta filtro como la que se muestra en la Figura 2. 4 y luego, a aquellos que indicaron consumir agua saborizada se le realizó un filtro más ajustado al producto en estudio (Figura 2.5).

El número de consumidores se eligió en base a trabajos de VUS ya publicados y considerando una presentación balanceada, es decir, que cada muestra sea probada en primer lugar, segundo y así sucesivamente hasta el último lugar, igual número de veces (Hough, Calle, Serrat y Curia, 2007).



ISETA
INSTITUTO SUPERIOR EXPERIMENTAL DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



D.E.S.A.

¿TE GUSTARÍA PROBRAR DISTINTOS ALIMENTOS EN EL ISETA?

POR FAVOR, COMPLETA TUS DATOS

NOMBRE Y APELLIDO _____ TELEFONO _____
 E-MAIL _____ DIRECCIÓN _____
 EDAD 18 A 30 31 A 45 46 A 60 + DE 60

A CONTINUACIÓN, MARCA CON UNA CRUZ AQUELLOS ALIMENTOS QUE CONSUMIS O COMPRAS.
 POR ÚLTIMO, COLOCÁ ESTA ENCUESTA EN EL BUZÓN. EL PERSONAL DE ISETA LO RETIRARÁ Y SE PONDRA EN CONTACTO CON VOS.

Leche entera	Harina	Jugos en polvo
Espicias	Mate cocido	Queso crema entero
Ketchup	Mayonesa light	Puré de tomate
Leche descremada	Frutas	Pollo
Jugos en caja	Mayonesa regular/entera	Hamburguesas congeladas
Prepizza	Aguas Saborizadas	Yogur entero
Galletitas dulces	Aceite	Yogur light
Dulce de leche	Queso cremoso	Embutidos
Galletitas saladas	Galletitas con cereales	Chicles
Arvejas congeladas	Pan lactal	Pastas frescas
Yerba	Manteca	Salchichas
Café	Queso crema light	Arroz
Arvejas enlatadas	Pastas secas	Barritas de cereal
Premezclas para bizcochuelos	Vino	Chicles bajos en azúcar
Atún	Papas fritas	Verduras
Vinagre	Mostaza	Gaseosas light
Gaseosas	Tostadas	Carne vacuna

¡GRACIAS! PERSONAL DEL DESA-ISETA

Figura 2. 4. Encuesta filtro utilizada para el reclutamiento de consumidores.



D.E.S.A.

INSTITUTO SUPERIOR EXPERIMENTAL DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
Departamento de Evaluación Sensorial de Alimentos

NOMBRE Y APELLIDO..... TELEFONO

¿Ud. Consume aguas saborizadas light? SI No

Por favor, de la siguiente lista, marque los sabores de aguas saborizadas que consume con mayor frecuencia

<input type="checkbox"/> Manzana	<input type="checkbox"/> Pera
<input type="checkbox"/> Citrus	<input type="checkbox"/> Pomelo rosado
<input type="checkbox"/> Frutos rojos	<input type="checkbox"/> Limón
<input type="checkbox"/> Naranja	<input type="checkbox"/> Ananá
<input type="checkbox"/> Pomelo	<input type="checkbox"/> Otro: _____

De los sabores antes mencionados, Ud. rechaza alguno? SI No

Si marco SI, por favor, indique cual: _____

¿Quiere participar en una degustación? SI No

Figura 2.5. Encuesta filtro específica para el producto en estudio.

Ensayo sensorial

Para el desarrollo de este ensayo se emplearon las mismas muestras que para el ensayo con panel entrenado. La evaluación se diseñó en 3 sesiones, por lo que los consumidores reclutados accedieron a la sala de prueba del DESA en tres oportunidades y en cada una de ellas evaluaron 2 de las 6 condiciones, es decir, 12 muestras por sesión con un descanso de 10 minutos después de evaluar las 6 primeras muestras. La selección de las dos condiciones que se presentaron en cada oportunidad y el orden de las mismas fueron al azar.

De igual modo que la evaluación sensorial efectuada por el panel entrenado, las muestras se encontraban ya descongeladas para el ensayo y refrigeradas a 4°C, se colocaron a temperatura ambiente 2 horas antes de iniciar la sesión y 40 minutos antes se sirvieron para lograr que estén a una temperatura de $12 \pm 2^\circ\text{C}$.

Los consumidores se ubicaron en cabinas individuales iluminadas con luz blanca de forma tal de evitar interacciones (Figura 2.6). Se presentaron 50 ml de muestra en vasos plásticos descartables de 70 ml. de color blanco codificados con un número de tres dígitos escogido al azar. El orden de presentación dentro de cada condición fue balanceado.



Figura 2.6. Ensayo con consumidores

Cada consumidor recibió las instrucciones para la evaluación de las muestras y para completar las planillas correspondientes. Evaluaron el puntaje global (PG) en una escala de 1 a 10 y contestaron si consumirían o no el producto que acababa de evaluar. La Figura 2.7 muestra la planilla empleada en el ensayo.

 <p>D·E·S·A</p>	<p>INSTITUTO SUPERIOR EXPERIMENTAL DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS Departamento de Evaluación Sensorial de Alimentos</p>
<p><u>Ensayo de agua saborizada light de limón</u></p>	
<p>Consumidor N°: Fecha: Edad:</p>	
<p><u>SESIÓN 3</u></p>	
<p>En esta sesión, usted recibirá 12 muestras de agua saborizada light sabor limón, sin gas, las cuales están codificadas con números de 3 dígitos. Por favor, pruebe las muestras indicando, en las siguientes escalas, su opinión.</p>	
<p>MUESTRA N°</p>	
<p>Por favor pruebe la muestra, y coloque un puntaje global de 1 a 10, donde 1=me disgusta mucho y 10=me gusta mucho</p>	
<p>PUNTAJE GLOBAL</p>	<input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>
<p>-----</p>	
<p>¿Consumiría habitualmente la muestra que acaba de probar?</p>	
<p>SI <input type="checkbox"/></p>	<p>NO <input type="checkbox"/></p>

Figura 2.7. Modelo de planilla empleado por el panel de consumidores en el ensayo en local centralizado.

Para la condición “24°C, con iluminación” se incluyó en la evaluación una escala TICO (tilde lo que corresponda) con 22 frases, donde el consumidor luego de evaluar la muestra, debió tildar aquellas frases que, según su criterio, asociaba o describía la muestra evaluada. También se incluyó una encuesta sobre hábitos de consumo. En la Figura 2.8 puede observarse la escala TICO incluida en esta condición y en la Figura 2.9 la encuesta sobre hábitos de consumo.

Como neutralizante se utilizó agua mineral “IVESS” y se alentó su consumo entre muestra y muestra.

Una vez concluida la evaluación, a modo de gratificación, los consumidores recibieron un regalo por su participación en cada sesión.

Por favor, marque con una cruz todas las frases que asocia a esta muestra:

<input type="checkbox"/> Muy dulce	<input type="checkbox"/> No parece light
<input type="checkbox"/> Sólo para mujeres	<input type="checkbox"/> Poco sabor a limón
<input type="checkbox"/> Acidez ideal	<input type="checkbox"/> Sabor agradable
<input type="checkbox"/> Limón artificial	<input type="checkbox"/> Para acompañar diferentes comidas
<input type="checkbox"/> Para ocasiones especiales	<input type="checkbox"/> Muy ácido
<input type="checkbox"/> Dulce ideal	<input type="checkbox"/> La asocio a una bebida barata
<input type="checkbox"/> Sabor desagradable	<input type="checkbox"/> Sabor artificial
<input type="checkbox"/> Metálico	<input type="checkbox"/> No asocio el sabor a un agua saborizada
<input type="checkbox"/> La tomo cuando tengo mucha sed	de limón
<input type="checkbox"/> Para toda la familia	<input type="checkbox"/> Aroma desagradable
<input type="checkbox"/> Para tomar en verano	<input type="checkbox"/> Sabor ideal
<input type="checkbox"/> Sólo para los chicos	<input type="checkbox"/> Otro: _____

Figura 2.8. Escala TICO incluida en el ensayo con consumidores en local centralizado para la condición “24 °C, con iluminación”.

 <p>D·E·S·A</p>	<p>INSTITUTO SUPERIOR EXPERIMENTAL DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS Departamento de Evaluación Sensorial de Alimentos</p>
<p>Para finalizar, complete una breve encuesta sobre hábitos de consumo.</p>	
<p>1. Por favor, de la siguiente lista, tilde qué marcas de aguas saborizada consume habitualmente.</p>	
<input type="checkbox"/> H2 OH! <input type="checkbox"/> Ser <input type="checkbox"/> Aquarius <input type="checkbox"/> Awafruit <input type="checkbox"/> Baggio Fresh	<input type="checkbox"/> Villa de Sur Levité <input type="checkbox"/> Ivess <input type="checkbox"/> Sierra de los padres <input type="checkbox"/> Otro: _____
<p>2. De la siguiente lista, marque los sabores de aguas saborizada que consume.</p>	
<input type="checkbox"/> Manzana <input type="checkbox"/> Citrus <input type="checkbox"/> Frutos rojos <input type="checkbox"/> Naranja <input type="checkbox"/> Pomelo	<input type="checkbox"/> Pera <input type="checkbox"/> Pomelo rosado <input type="checkbox"/> Limón <input type="checkbox"/> Ananá <input type="checkbox"/> Otro: _____
<p>3. Marque con qué frecuencia consume aguas saborizada</p>	
<input type="checkbox"/> Todos los días <input type="checkbox"/> 2-3 veces por semana <input type="checkbox"/> 1 vez semana <input type="checkbox"/> Cada 10 días <input type="checkbox"/> Una vez por mes	
<p>4. ¿Por qué motivos consume aguas saborizada?</p>	
<input type="checkbox"/> Sabor <input type="checkbox"/> Marca <input type="checkbox"/> Envase <input type="checkbox"/> Precio <input type="checkbox"/> Recomendación <input type="checkbox"/> Considera que es más saludable <input type="checkbox"/> Otro. Cuál?.....	

Figura 2.9. Modelo de encuesta sobre hábitos de consumo empleado por el panel de consumidores en el ensayo en local centralizado para la condición “24 °C, con iluminación”.

Ensayo en el ambiente real

Para este ensayo se emplearon solo las muestras correspondientes a los 6 tiempos de almacenamiento de la condición “24°C, con iluminación” (Sección 2.3.2). Para el diseño se aplicó la metodología de tiempos actuales (Shiboski, 1998), que consiste en que un consumidor pruebe un alimento con un solo tiempo de almacenamiento. Con esta metodología cada consumidor realiza una sola evaluación que puede llevarse a cabo tanto en un local centralizado como en el ambiente real de consumo.

Este estudio se llevó a cabo en los hogares, es decir el ambiente real de consumo. Para esto, se reclutaron 300 consumidores utilizando la misma metodología y criterio de selección que para el ensayo en local centralizado. Se dividieron en 6 grupos de 50 consumidores, un grupo por cada uno de los 6 tiempos de almacenamiento (el tiempo 0 no es necesario evaluarlo en esta metodología).

A cada consumidor se le entregó una botella cerrada de 600cc de agua saborizada, sin etiqueta comercial y codificada con un número de tres dígitos. Las muestras se encontraban ya descongeladas y refrigeradas a 4°C, hasta el momento de la entrega.

Al consumidor, se le pidió que, en el transcurso de dos días, tome todo el contenido de la muestra, a la temperatura que habitualmente lo hace, en el momento que desee y acompañada de la comida que quiera y luego complete la planilla entregada indicando, en las escalas, su opinión.

Tal como se realizó en el ensayo en local centralizado, debieron evaluar el PG en una escala de 1 a 10, contestar si consumirían o no el producto, evaluar la escala TICO (Figura 2.10) y realizar la encuesta sobre hábitos de consumo (Figura 2.9).

Pasados los dos días, el responsable del trabajo retiró la planilla de evaluación. Cada consumidor recibió una gratificación por su participación.

 <p>D·E·S·A</p>	<p>INSTITUTO SUPERIOR EXPERIMENTAL DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS Departamento de Evaluación Sensorial de Alimentos</p>
<p>Ensayo de agua saborizada light de limón</p>	
<p>Consumidor N°: Fecha: Edad:</p>	
<p>Le entregamos una botella de 600 cc de agua saborizada light sabor limón, sin gas, la cual está codificada con un número de 3 dígitos. En el transcurso de dos días tome todo el contenido de la misma, a la temperatura que habitualmente lo hace, en el momento que desee y acompañada de la comida que quiera, pero por favor no la comparta con otros miembros del hogar. Complete la planilla indicando, en las siguientes escalas, su opinión. Luego, retiraremos la planilla junto con la botella.</p>	
<p>MUESTRA N°</p>	
<p>Por favor pruebe la muestra, y coloque un puntaje global de 1 a 10, donde 1=me disgusta mucho y 10=me gusta mucho</p>	
<p>PUNTAJE GLOBAL <input style="width: 40px; height: 30px; border: 1px solid black;" type="text"/></p>	
<p>-----</p>	
<p>¿Consumiría habitualmente la muestra que acaba de probar?</p>	
<p>SI <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="checkbox"/> NO <input style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="checkbox"/></p>	
<p>Por favor, marque con una cruz todas las frases que asocia a esta muestra:</p>	
<p><input type="checkbox"/> Muy dulce</p> <p><input type="checkbox"/> Sólo para mujeres</p> <p><input type="checkbox"/> Acidez ideal</p> <p><input type="checkbox"/> Limón artificial</p> <p><input type="checkbox"/> Para ocasiones especiales</p> <p><input type="checkbox"/> Dulce ideal</p> <p><input type="checkbox"/> Sabor desagradable</p> <p><input type="checkbox"/> Metálico</p> <p><input type="checkbox"/> La tomo cuando tengo mucha sed</p> <p><input type="checkbox"/> Para toda la familia</p> <p><input type="checkbox"/> Para tomar en verano</p> <p><input type="checkbox"/> Sólo para los chicos</p>	<p><input type="checkbox"/> No parece light</p> <p><input type="checkbox"/> Poco sabor a limón</p> <p><input type="checkbox"/> Sabor agradable</p> <p><input type="checkbox"/> Para acompañar diferentes comidas</p> <p><input type="checkbox"/> Muy ácido</p> <p><input type="checkbox"/> La asocio a una bebida barata</p> <p><input type="checkbox"/> Sabor artificial</p> <p><input type="checkbox"/> No asocio el sabor a un agua saborizada de limón</p> <p><input type="checkbox"/> Aroma desagradable</p> <p><input type="checkbox"/> Sabor ideal</p> <p><input type="checkbox"/> Otro: _____</p>

Figura 2.10. Modelo de planilla empleado por el panel de consumidores en el ensayo en el ambiente real para la condición “24 °C, con iluminación”.

2.4. Análisis estadístico

2.4.1. **Objetivo particular: Determinar el punto de corte (PC) de un alimento aplicando estadística de supervivencia.**

2.4.1.1. Perfil sensorial con Panel de evaluadores entrenados

Monitoreo de los evaluadores

Con los datos de las mediciones del análisis QDA, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA).

Para aquellos descriptores en los que se encontraron diferencias significativas entre las muestras, se analizó el poder de discriminación de cada evaluador. Se considera que el evaluador discrimina entre las muestras si en el ANDEVA individual obtiene una probabilidad $P \leq 0.30$ (Pastor, Costell, Izquierdo, y Durán 1996).

El desempeño de los evaluadores fue monitoreado empleando un Análisis de Procrustes Generalizado (APG) y analizando la interacción ***evaluador x muestra*** en cada uno de los descriptores.

Se utilizó el paquete estadístico Genstat 18th edition (VSN International Ltd., Hampstead, UK).

Comportamiento de los descriptores a través del tiempo de almacenamiento

Para cada descriptor se realizó un ANDEVA a fin de determinar diferencias significativas entre los tiempos de almacenamiento (muestras). Se trabajó con un nivel de significación del 5%.

Para la comparación de promedios, cuando se hallaron diferencias significativas, se utilizó el método de mínima diferencia significativa (MDS) de Fisher (O' Mahony, 1986).

Se utilizó el paquete estadístico Genstat 18th edition (VSN International Ltd., Hampstead, UK).

Comportamiento de los descriptores considerando ambos factores de aceleración: iluminación y temperatura

A fin de determinar diferencias significativas entre las condiciones ensayadas, se empleó un modelo que contempla los distintos tiempos de almacenamiento sujetos a las temperaturas ensayadas.

Para la comparación de promedios, cuando se hallaron diferencias significativas, se empleó el método MDS.

Se utilizó el paquete estadístico Genstat 18th edition (VSN International Ltd., Hampstead, UK).

2.4.1.2. Estimación del punto de corte (PC) mediante estadística de supervivencia

Se empleó el modelo desarrollado por Langohr, Gómez y Hough (2013) para estimar el PC. Se correlacionaron las intensidades de los descriptores críticos obtenidos del panel entrenado con los datos de aceptación/rechazo de los consumidores obtenidos a partir de la pregunta: ¿consumiría habitualmente la muestra que acaba de probar?

Considerando que en el análisis estadístico es suficiente contar con una condición que asegure el deterioro sensorial a través del tiempo de almacenamiento del producto en cuestión, en este estudio se utilizaron las dos condiciones más extremas (45°C con y sin iluminación).

Los datos se analizaron con las herramientas estadísticas de supervivencia. Esta metodología aplicada a estudios de VUS evalúa los tiempos hasta que se produce un evento de interés, es decir, evalúa el tiempo en el que un consumidor rechaza una muestra, siendo entonces la variable explicativa el tiempo (T). En este ensayo el evento de interés también fue el rechazo del consumidor, pero se evaluó la intensidad del descriptor crítico (ID) al que se produjo el rechazo, por lo que la variable explicativa fue la intensidad del descriptor crítico (ID).

Definimos entonces la variable ID como la intensidad del descriptor crítico en la cual el consumidor rechaza la muestra.

El rechazo de cada consumidor está sujeto a variaciones aleatorias, por lo que ID es una variable aleatoria y no debe ser negativa. Para interpretarla podemos usar la función de supervivencia $S(id)$ o su complemento, la función de rechazo $R(id) = 1 - S(id)$.

La función de rechazo $R(id)$ se define como la probabilidad de que un consumidor rechace un producto antes de la intensidad del descriptor crítico id , y se representa como: $R(id)=P (ID\leq id)$.

Una dificultad propia de este tipo de análisis en los estudios de VUS es el hecho de que la información sobre el momento en el que un consumidor rechaza una muestra depende de los tiempos de almacenamiento del producto, por lo que, el tiempo hasta que se produce el rechazo, no se observa exactamente dando lugar a los tiempos censurados (Klein y Moeschberger, 1997). Si sabemos que este tiempo es superior al tiempo observado, decimos que el dato está censurado a la derecha; si sabemos que este tiempo es menor al observado, este está censurado a la izquierda. La censura en un intervalo se da cuando el evento de interés se produce entre dos tiempos, dando lugar al intervalo de censura. Este mismo concepto se aplica en la determinación del PC, en lugar de tiempos utilizamos la intensidad del descriptor crítico.

Para ilustrar la naturaleza de los datos censurados se presentan a modo de ejemplo, en la Tabla 2.3, datos de aceptación/rechazo obtenidos de 5 consumidores en un estudio de vida útil de yogur batido (Hough, 2010) para muestras cuyos tiempos de almacenamiento fueron 0, 4, 8, 12, 24, 36 y 48 horas. A continuación, se explica el tipo de censura que se aplicaría en cada caso.

Tabla 2.3. Datos de aceptación/rechazo para 5 consumidores, los cuales evaluaron las muestras de yogur con diferentes tiempos de almacenamiento a 42°C.

Consumidor	Tiempo de almacenamiento (hs)							Censura
	0	4	8	12	24	36	48	
1	0	0	0	0	1	1	1	Intervalo: 12 – 24
2	0	0	0	0	0	0	0	derecha: > 48
3	0	0	1	0	1	1	1	Intervalo: 4 - 24
4	0	1	0	0	1	1	1	Izquierda: ≤ 24
5	1	1	0	0	0	0	1	No considerado

Referencias: (0) Aceptación; (1) Rechazo

El consumidor 1 acepta las muestras hasta un cierto tiempo de almacenamiento y luego las rechaza consistentemente. Los datos están

censurados en un intervalo entre 12 y 24 horas, es decir, entre 12 y 24 horas el consumidor comienza a rechazar el producto.

El consumidor 2 acepta todas las muestras. Se supone que a un tiempo > 48 horas, las muestras serían rechazadas, por lo que los datos están censurados a la derecha.

El consumidor 3 fue inconsistente: rechazó la muestra con 8 horas, aceptó la de 12 horas y rechazó la de 24 horas y todas las siguientes. La censura podría interpretarse de diferentes formas. Una es como lo realiza el software que utiliza el DESA, contemplando intervalos con límites amplios (como se muestra en la Tabla 2.3), datos censurados en un intervalo entre 4 y 24 horas. Otra posibilidad consideraría a los datos censurados en un intervalo entre 4 y 8 horas (ignorando las respuestas después de la primera vez que rechazó la muestra).

El consumidor 4 también fue algo inconsistente, estos datos se consideraron censurados a la izquierda. La censura a la izquierda puede ser considerada como un caso especial de censura en un intervalo, con un límite inferior o igual a tiempo = 0 (Meeker y Escobar, 1998). En este caso podría considerarse como $T \leq 4$ horas o $T \leq 24$. Al igual que en el caso anterior, el software utilizado en el DESA contempla trabajar con intervalos más amplios.

El consumidor 5 rechazó la muestra fresca. Pudo haber pasado que: fue reclutado por error, es decir no le gustaba el producto; prefirió el producto almacenado en lugar del producto fresco o no entendió la prueba. No sería razonable considerar los resultados de este tipo de consumidores para establecer la VU de un producto.

Para estimar la función de rechazo se maximiza la función de verosimilitud (V). Dicha función describe la probabilidad conjunta de obtener los datos observados experimentalmente, sobre los sujetos en estudio, como una función de los parámetros desconocidos del modelo considerado. (Klein y Moescheberger, 1997; Garitta y otros, 2004). Esta ecuación muestra como cada tipo de censura contribuye a la función de verosimilitud.

$$V = \prod_{i \in D} (1 - R(d_i)) \prod_{i \in IZ} R(iz_i) \prod_{i \in I} R(iz_i) - R(d_i) \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Donde, D es el conjunto de observaciones censuradas a la derecha, IZ el conjunto de observaciones censuradas a la izquierda e I es el conjunto de observaciones censuradas en un intervalo.

Modelos paramétricos

Si se asume un determinado modelo paramétrico que ajuste razonablemente bien los datos, la función de verosimilitud en la Ecuación 2.1 dependerá solo de unos pocos parámetros y proporcionará una estimación más precisa tanto de la función de rechazo como de otros parámetros de interés que las estimaciones halladas por métodos no paramétricos.

Teniendo en cuenta que usualmente la distribución de los tiempos de rechazo está sesgada a la derecha, consideramos este mismo criterio para la distribución de la intensidad del descriptor crítico. El modelo normal no es adecuado. Klein y Moescheberger (1997) o Meeker y Escobar (1998) proponen diferentes distribuciones, por ejemplo, la distribución lognormal o de Weibull. Una manera práctica de representar estas distribuciones es mediante un modelo Log-lineal:

$$Y = \ln(ID) = \mu + \sigma W \quad \text{Ecuación 2.2}$$

donde ID es la intensidad del descriptor crítico en la cual un consumidor rechaza la muestra, μ y σ son los parámetros del modelo y W es la distribución del error. Es decir, en lugar de plantear un modelo para ID , se modela su transformación logarítmica. Para la Log-normal W es la distribución normal estándar; en el caso de la distribución de Weibull, W es la distribución del valor extremo.

Si la distribución Log-normal es elegida para ID , la función de rechazo está dada por:

$$R(id) = 1 - \Phi\left(\frac{\ln(id) - \mu}{\sigma}\right) \quad \text{Ecuación 2.3}$$

donde $\Phi(\cdot)$ es la función de distribución acumulativa de la curva normal, y μ y σ son los parámetros del modelo.

Si la distribución de Weibull es elegida, la función de rechazo está dada por:

$$R(id) = 1 - \exp \left[- \exp \left(\frac{\ln id - \mu}{\sigma} \right) \right] \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Donde $\exp [- \exp]$, es la función de rechazo de la distribución del valor extremo; y μ y σ son los parámetros del modelo.

Para estimar μ y σ de cualquiera de las distribuciones se maximiza la función de verosimilitud sustituyendo $R(id)$ en la Ecuación 2.1. por las expresiones dadas en la Ecuación 2.3 ó 2.4.

Tal como se ha comentado, la función de verosimilitud describe la probabilidad conjunta de obtener los datos observados experimentalmente, sobre los sujetos en estudio, como una función de los parámetros desconocidos del modelo considerado. Una vez que está determinada para un modelo dado, un software especializado puede ser usado para estimar los parámetros (μ y σ) que maximizan la función de verosimilitud para los datos experimentales dados. Klein y Moeschberger (1997) o Lindsey (1998), presentan una discusión completa sobre distintas distribuciones.

En estudios de VUS, se debe adoptar una probabilidad de rechazo aceptable para estimar el tiempo de almacenamiento. Un valor generalmente aceptado (Hough, 2010) es la probabilidad de rechazo del 50% al final de la vida útil del producto. Por ejemplo, si se está interesado en saber, cuantos días se puede almacenar un alimento para que menos del 50% de los consumidores rechacen el producto, o bien, se quiere conocer la diferencia en días de almacenamiento, si solo se permite que el 25% de los consumidores rechace el alimento al final de su VUS. Aunque la primera impresión es que no se puede tolerar que un 50% de los consumidores estén rechazando el producto, se ha de tener en cuenta que se refiere al 50% de los pocos consumidores que prueban el producto al final de su VUS, y no del 50% del total de los consumidores.

Siguiendo esta línea para estimar el PC de ASLI se consideró un 50% de rechazo.

Para el análisis estadístico se utilizó el software estadístico R (programa de acceso libre: <http://www.r-project.org/>), que cuenta con un procedimiento para cálculos de censura en un intervalo y funciones que contemplan las desviaciones estándar de los datos del panel entrenado.

2.4.2. Objetivo particular: Estimar la vida útil sensorial (VUS) de un alimento a partir del punto de corte (PC).

Se correlacionaron las intensidades de los descriptores críticos obtenidas a partir del panel de evaluadores entrenados versus el tiempo de almacenamiento. Utilizando el valor de PC se calculó la VUS para las 6 condiciones ensayadas. Los datos se analizaron con el paquete estadístico Genstat 18th edition (VSN International Ltd., Hampstead, UK).

2.4.3. Objetivo particular: Comparar el comportamiento de los consumidores cuando evalúan la vida útil sensorial (VUS) de un alimento en el ambiente real vs. la evaluación en un local centralizado.

2.4.3.1. Vida útil sensorial (VUS) – comparación de emplazamientos

Para comparar la VUS en el local centralizado y en el ambiente real se utilizaron los datos de aceptación/rechazo obtenido de los consumidores que evaluaron la condición “24° C, con iluminación”.

El análisis estadístico fue básicamente el mismo desarrollado en la sección 2.4.1.2, pero en este caso se evaluó el tiempo hasta que se produjo el rechazo de una muestra por parte del consumidor. La función de rechazo $R(t)$ se define como la probabilidad de que un consumidor rechace una muestra antes del tiempo t ($R(t)=P(T \leq t)$). Las ecuaciones descritas en la sección mencionada, se aplican de la misma forma, pero considerando en este caso a la variable aleatoria T como el tiempo en el cual el consumidor rechaza la muestra.

Por ejemplo, si la distribución de Weibull es elegida, la función de rechazo está dada por:

$$R(t) = 1 - \exp \left[- \exp \left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right) \right] \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Donde $\exp[-\exp]$, es la función de rechazo de la distribución del valor extremo; y μ y σ son los parámetros del modelo.

El análisis estadístico de los datos obtenidos del ensayo en el ambiente real es básicamente el mismo que el utilizado en la metodología convencional, pero en este caso no existe la censura en intervalo, sólo hay dos tipos de censura, a la derecha y a la izquierda, debido a que cada consumidor solo evaluó un tiempo de almacenamiento.

Para ilustrar la naturaleza de los datos censurados en este tipo de metodología se presenta a modo de ejemplo la Tabla 2.4 con datos obtenidos en un ensayo de galletitas tipo crackers realizado por Hough, 2010.

En dicha tabla puede observarse que si un consumidor prueba, por ejemplo, una muestra con 4 horas de almacenamiento, hay dos alternativas:

- Que acepte la muestra: lo que significa que sus datos están censurados a la derecha. Es decir, el rechazo de este consumidor estará dado después de las 4 horas.
- Que rechace la muestra: lo que significa que sus datos están censurados a la izquierda. Es decir, el rechazo de este consumidor está dado en un tiempo igual o inferior a las 4 horas.

Tabla 2.4. Datos de aceptación/rechazo para 15 consumidores, los cuales evaluaron muestras de galletitas tipo crackers metodología de tiempos actuales.

Consumidores	Tiempos de almacenamiento (horas)							Censura	
	0.3	1	2	4	7	9	14		
1	0							> 0.3	Derecha
2	0							> 0.3	Derecha
3	0							> 0.3	Derecha
4	0							> 0.3	Derecha
5	0							> 0.3	Derecha
151				1				≤ 4	Izquierda
152				1				≤ 4	Izquierda
153				0				> 4	Derecha
154				0				> 4	Derecha
155				0				> 4	Derecha
346							1	≤ 14	Izquierda
347							1	≤ 14	Izquierda
348							0	> 14	Derecha
349							1	≤ 14	Izquierda
350							1	≤ 14	Izquierda

Referencias: (0) Aceptación; (1) Rechazo.

La función de verosimilitud (V) será entonces:

$$V = \prod_{i \in D} (1 - R(d_i)) \prod_{i \in IZ} R(iz_i) \quad \text{Ecuación 2.6}$$

Donde, D es el conjunto de observaciones censuradas a la derecha y IZ el conjunto de observaciones censuradas a la izquierda.

Para determinar si existieron diferencias cuando se evaluó la VUS del ASLI en el ambiente real y en el local centralizado, se utilizaron los datos de aceptación/rechazo de ambos ensayos, considerando al emplazamiento como covariable.

Los datos se analizaron con las herramientas estadísticas de Supervivencia.

Para ello se utilizó el paquete estadístico TIBCO Spotfire S+ statistical software (TIBCO Inc., Seattle, WA).

2.4.3.2. Puntaje Global (PG)

Ensayo en el local centralizado

Con los datos de PG de todas las condiciones evaluadas en local centralizado, se aplicó un ANDEVA para determinar diferencias significativas entre las muestras, considerando el efecto de la temperatura y la iluminación.

Ensayo en el ambiente real

Con los datos de PG de la condición evaluada en el ambiente real (24°C, con iluminación) se aplicó un ANDEVA para determinar diferencias significativas a través del tiempo de almacenamiento.

En ambos casos se trabajó con un nivel de significación del 5%. Para la comparación de promedios cuando se hallaron diferencias significativas se utilizó el método de MDS. Se utilizó el paquete estadístico Genstat 18th edition (VSN International Ltd., Hampstead, UK).

2.4.3.3. Tilde lo que corresponda (TICO)

El cuestionario TICO se realizó tanto en el ensayo en local centralizado como en el ambiente real durante la evaluación de la condición “24°C con iluminación”.

Este tipo de cuestionario se ha utilizado en estudios con consumidores para determinar los atributos que un consumidor relaciona con un determinado producto alimenticio (Ares, Deliza, Barreiro, Giménez y Gámbaro, 2010).

En este estudio se utilizaron términos que surgieron del perfil sensorial realizado con el panel entrenado y términos asociados a criterios hedónicos y de hábitos.

Se utilizó Análisis por Correspondencias (AC) (Meyners, Castura y Carr, 2013; Ng, Chaya y Hort, 2013) que incluyó además los datos de PG obtenidos para esta condición. Con el objetivo de que los resultados sean visualmente claros, se realizaron dos AC para cada emplazamiento, uno que incluyó las frases sensoriales y otro con aquellas frases relacionadas con hábitos de consumo.

Se utilizó el paquete estadístico Genstat 18th edition (VSN International Ltd., Hampstead, UK).

2.4.3.4. Encuesta de hábitos de consumo

Se realizaron 4 preguntas sobre hábitos de consumo. Tanto para el ensayo en el ambiente real como para el ensayo en local centralizado, los datos correspondientes a cada pregunta fueron contabilizados y se realizaron gráficos, en algunos casos de barra y en otros circulares o de torta.

2.4.4. Objetivo particular: Predicciones de vida útil sensorial (VUS) mediante estadística de supervivencia contemplando la temperatura y la iluminación como factores de aceleración.

Para realizar este análisis se emplearon los datos de aceptación/rechazo de los consumidores de las 6 condiciones ensayadas (Sección 2.3.2).

El análisis se basó en el modelo de Meeker y Escobar (1998), donde suponemos que el tiempo de almacenamiento en el cual un consumidor rechaza una muestra (T) tiene una distribución logarítmica en la pendiente y ordenada al origen (Log-location-scale distribution), considerando en este modelo ambos factores estudiados: iluminación y temperatura.

También se realizaron estimaciones de los tiempos de almacenamiento correspondientes a diferentes porcentajes de rechazo, según la temperatura y condición de iluminación utilizada. Se consideraron tres modelos paramétricos diferentes: Weibull, log-logístico y lognormal. El nivel de significación se estableció en $P < 0.05$.

2.4.5. Objetivo particular: Modelado de cambios sensoriales durante el almacenamiento bajo dos factores de aceleración: temperatura e iluminación.

Para realizar el análisis estadístico de este objetivo se emplearon los datos obtenidos del panel de evaluadores sensoriales entrenados de las 6 condiciones ensayadas (Sección 2.3.2).

Las ecuaciones clásicas de reacción de orden cero y Arrhenius fueron combinadas para obtener un modelo no lineal que contempla los cambios sensoriales durante el almacenamiento bajo dos factores de aceleración: temperatura e iluminación. Para estimar los parámetros del modelo obtenido se utilizó la función no lineal *nls* del software estadístico R mencionado anteriormente.

2.5. Resultados y Discusión

2.5.1. Objetivo particular: Determinar el punto de corte (PC) de un alimento aplicando estadística de supervivencia.

2.5.1.1. Perfil sensorial con Panel de evaluadores entrenados

Los resultados del ensayo QDA desarrollado por Stone y Sidel en 1974 (Stone y Sidel, 2004) comprenden una descripción completa de los productos y proveen la base para determinar las características sensoriales que son importantes para la aceptabilidad; permiten relacionar variables de proceso (o de formulación) con cambios puntuales en las características sensoriales. En la realización de pruebas de almacenamiento, provee la base para comparar productos y determinar si existen cambios durante el almacenamiento. Cuando se realiza QDA se monitorea el desempeño de los evaluadores seleccionados para el ensayo. Los sujetos deben demostrar habilidad para percibir diferencias dentro del tipo de productos que se van a analizar regularmente. Asimismo,

deben tener habilidad para verbalizar sus impresiones sensoriales y ser capaces de trabajar en grupo. Los descriptores críticos pueden identificarse evaluando muestras con diferentes tiempos de almacenamiento (Gámbaro, Giménez, Ares y Gilardi, 2006) o bien, almacenando muestras a mayor temperatura para acelerar el deterioro sensorial (Garitta y otros, 2004; Lareo, Ares, errand, Lema, Gámbaro y Soubes, 2009).

Una de las virtudes del QDA es la posibilidad de verificar que cada evaluador está diferenciando los productos en la mayoría de los descriptores. La confiabilidad de cada evaluador se mide obteniendo respuestas repetidas para cada producto.

El análisis QDA, utilizado en el ensayo de punto de corte (PC), nos permitió identificar los descriptores críticos del producto en estudio, es decir, el defecto sensorial que aparece como resultado del almacenamiento prolongado bajo diferentes condiciones y que es responsable del rechazo del producto por parte del consumidor.

Monitoreo de evaluadores

Ningún evaluador fue excluido del análisis debido a que presentaron un comportamiento satisfactorio similar al obtenido en el consenso.

Comportamiento de los descriptores a través del tiempo de almacenamiento

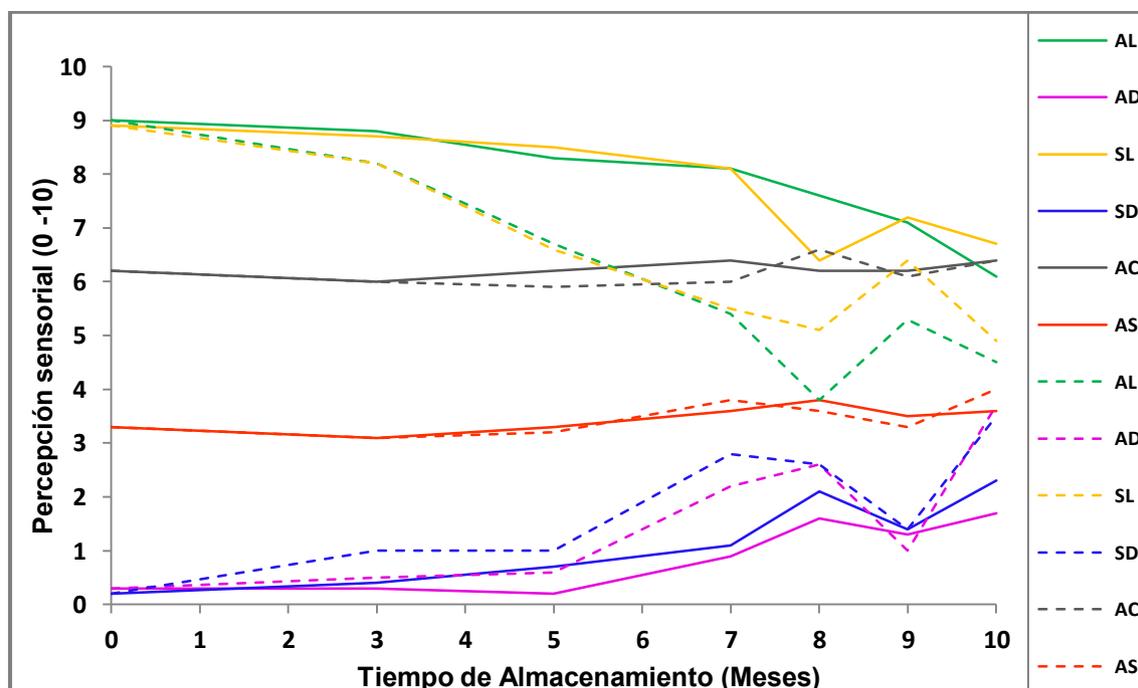
Se empleó el siguiente modelo que introduce al evaluador como efecto aleatorio:

Efecto al azar: Evaluador + Tiempo. Evaluador

Efecto fijo: Tiempo

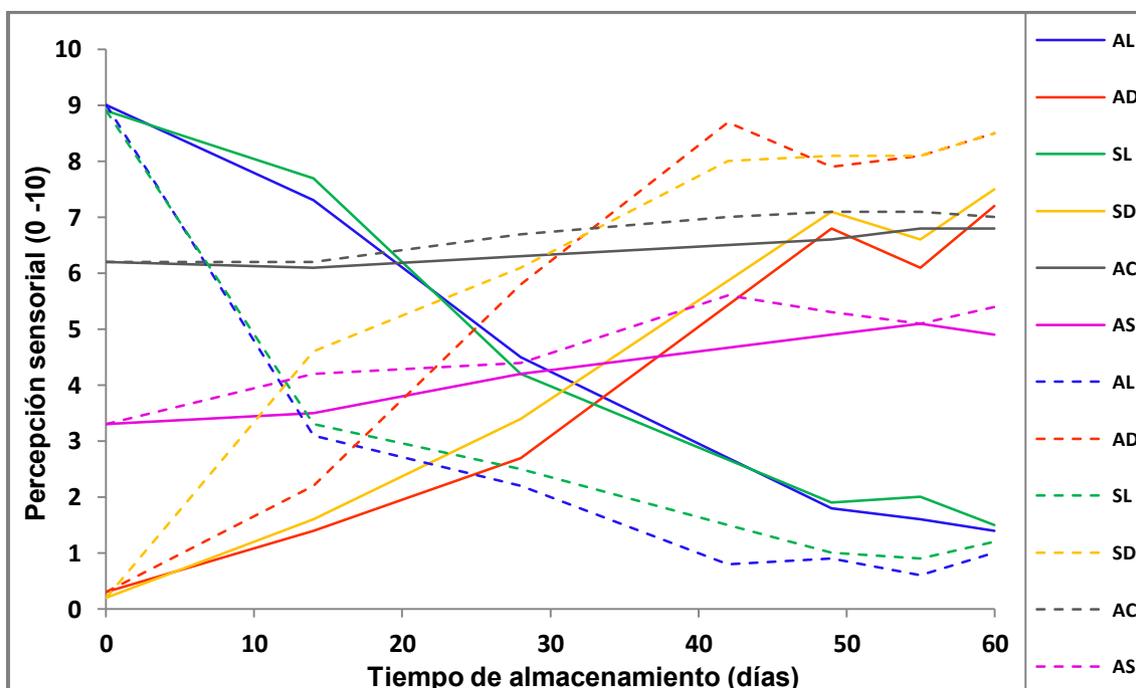
El modelo protege al análisis de efectos de interacción evaluador x muestra significativos. Este modelo se ha utilizado en varias investigaciones en el área de evaluación sensorial (Lundhal y McDaniel, 1988; Næs y Langsrud, 1996). Un factor es considerado al azar cuando los niveles presentes en el experimento podrían haber sido diferentes sin cambiar el propósito del experimento, como es en este ensayo el caso de los evaluadores. Cuando uno de los factores o efectos es aleatorio, el cuadrado medio del efecto fijo, en este caso la muestra, se divide por el cuadrado medio de la interacción y no del error (O' Mahony, 1986).

Todos los descriptores evaluados presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$). Aunque los cambios más pronunciados a través del tiempo de almacenamiento se dieron para aroma y sabor a limón y para aroma y sabor a desinfectante. Esto se observa en la Figura 2.11 y Figura 2.12, las cuales muestran los cambios en la percepción sensorial durante el tiempo de almacenamiento para dos de las condiciones (24°C y 45°C), en ambos casos “con” y “sin” iluminación.



Referencias: (AL) aroma a limón; (AD) aroma a desinfectante; (SL) sabor a limón; (SD) sabor a desinfectante; (AC) ácido; (AS) astringente. Las líneas continuas representan la condición “Sin iluminación” y las líneas punteadas la condición “con iluminación”.

Figura 2.11. Percepción sensorial versus tiempo de almacenamiento a 24°C con y sin iluminación.



Referencias: (AL) aroma a limón; (AD) aroma a desinfectante; (SL) sabor a limón; (SD) sabor a desinfectante; (AC) ácido; (AS) astringente. Las líneas continuas representan la condición "Sin iluminación" y las líneas punteadas la condición "con iluminación".

Figura 2.12. Percepción sensorial versus tiempo de almacenamiento a 45°C con y sin iluminación.

Comportamiento de los descriptores considerando ambos factores de aceleración: iluminación y temperatura

A fin de determinar diferencias significativas entre las condiciones ensayadas, (evaluar el efecto de la temperatura y la iluminación) se consideraron los 4 descriptores que presentaron los cambios más pronunciados a través del tiempo. Los mismos fueron: Aroma y Sabor a Limón y, Aroma y Sabor a Desinfectante. Se empleó el siguiente modelo que contempla a los distintos tiempos de almacenamiento que están sujetos a las temperaturas ensayadas:

Efecto al azar: $Evaluador * (Temp/Tiempo) * Ilumin - (Temp/Tiempo) * Ilumin$

Efecto fijo: $(Temp/Tiempo) * Ilumin$

Para los 4 descriptores se encontraron diferencias significativas tanto para los efectos principales como para las interacciones. La Tabla 2.5 muestra los promedios obtenidos junto al valor de MDS, considerando la interacción temperatura X Iluminación.

Tabla 2.5. Promedios obtenidos para los descriptores aroma a limón, aroma a desinfectante, sabor a limón y sabor a desinfectante considerando la interacción temperatura x Iluminación.

Temperatura (°C)	Aroma a limón		Aroma a desinfectante		Sabor a limón		Sabor a desinfectante	
	Con Luz	Sin Luz	Con luz	Sin Luz	Con Luz	Sin Luz	Con Luz	Sin Luz
24	6.1	7.8	1.6	0.8	6.5	7.7	1.8	1.1
37	3.2	3.2	5.5	5.0	3.3	3.7	5.9	5.1
45	2.5	3.9	5.9	4.5	2.7	4.1	6.2	4.6
MDS	0.8		0.9		0.8		0.9	

A modo ilustrativo la Figura 2.13 y Figura 2.14 muestra lo datos graficados para los descriptores, aroma a desinfectante y sabor a limón.

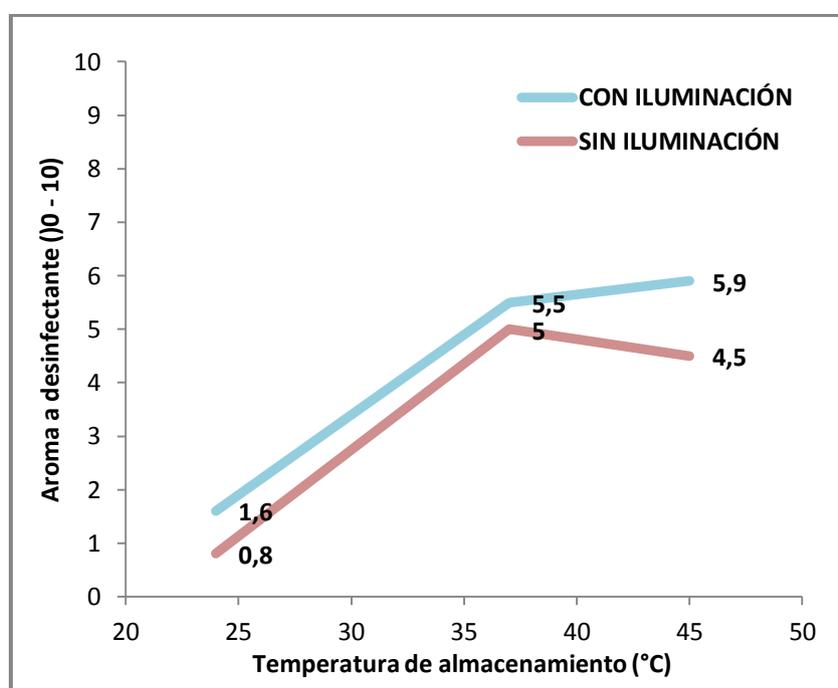


Figura 2.13. Promedios obtenidos para el descriptor aroma a desinfectante, considerando la interacción temperatura x Iluminación.

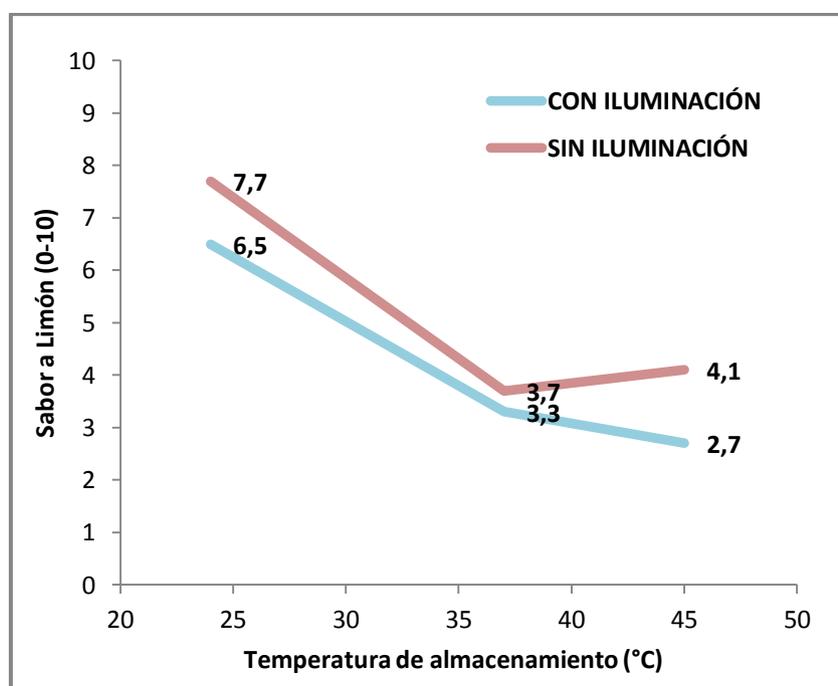


Figura 2.14. Promedios obtenidos para el descriptor sabor a limón, considerando la interacción temperatura x Iluminación.

Puede observarse el efecto de la iluminación sobre las temperaturas. Para los 4 descriptores la iluminación produjo un efecto significativo cuando las muestras fueron expuestas a 45° C. Esto no sucedió a 37°C, temperatura en la cual la iluminación no produjo efectos significativos en ninguno de los 4 descriptores evaluados. En el caso de 24°C, la iluminación produjo un efecto significativo solo para los descriptores de aroma y sabor a limón.

La Tabla 2.6 muestra los promedios obtenidos y el valor de MDS para las 6 condiciones ensayadas a través del tiempo de almacenamiento, para los 4 descriptores.

Tabla 2.6. Promedios obtenidos para los descriptores aroma a limón, aroma a desinfectante, sabor a limón y sabor a desinfectante para las 6 condiciones ensayadas a través del tiempo de almacenamiento. Es decir, considerando la interacción Temperatura x Tiempo x Iluminación.

Temperatura (°C)	Tiempos	Aroma a limón		Aroma a desinfectante		Sabor a limón		Sabor a desinfectante	
		Iluminación		Iluminación		Iluminación		Iluminación	
		Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin
24	0	9.0	9.0	0.3	0.3	8.9	8.9	0.2	0.2
	90	8.2	8.7	0.5	0.3	8.2	8.6	1.0	0.3
	150	6.6	8.3	0.6	0.2	6.5	8.4	1.0	0.6
	210	5.3	8.0	2.2	0.9	5.5	8.0	2.8	1.1
	240	3.8	7.6	2.6	1.5	5.1	6.3	2.5	2.1
	270	5.3	7.1	1.6	0.8	6.4	7.1	1.8	1.1
	300	4.4	6.0	3.6	1.7	4.8	6.6	3.5	2.3
37	0	9.0	9.0	0.3	0.3	8.9	8.9	0.2	0.2
	35	5.3	6.9	3.1	1.2	5.1	7.1	5.3	1.7
	59	2.8	1.7	6.4	6.2	3.6	3.3	5.7	5.3
	80	1.5	2.0	6.9	4.3	1.5	2.6	7.4	5.4
	94	1.6	0.7	7.7	8.3	1.6	1.1	7.8	8.1
	108	1.0	1.4	7.4	6.8	1.2	1.7	7.4	7.1
	119	1.4	0.6	7.1	7.8	1.4	1.0	7.6	8.2
45	0	9.0	9.0	0.3	0.3	8.9	8.9	0.2	0.2
	14	3.1	7.3	2.2	1.3	3.3	7.7	4.6	1.5
	28	2.2	4.5	5.7	2.6	2.4	4.1	6.1	3.3
	42	0.7	2.2	8.6	7.2	1.5	2.9	7.9	6.4
	49	0.8	1.8	7.8	6.7	0.9	1.8	8.0	7.0
	55	0.5	1.5	8.1	6.0	0.9	1.9	8.1	6.5
	60	0.9	1.4	8.4	7.2	1.1	1.5	8.4	7.4
MDS		1.57		1.58		1.53		1.43	

Puede observarse la disminución del aroma y sabor a limón de las muestras y el aumento de la intensidad del aroma y sabor a desinfectante a lo largo del almacenamiento.

Los cambios en las intensidades de los 4 descriptores fueron más pronunciados en temperaturas más elevadas. Por ejemplo, la intensidad de aroma a limón para la condición 24°C con iluminación disminuyó 4.6 puntos (en una escala de 0 a 10) y para la misma condición de iluminación a 45°C la intensidad disminuyó 8.1 puntos.

También puede observarse como el efecto de la iluminación modifica el comportamiento de las muestras a través del tiempo de almacenamiento: para la condición 24°C con iluminación, la disminución en el aroma a limón comenzó a partir de los 150 días, en cambio para la misma condición de temperatura, pero sin iluminación, la disminución recién comienza a partir de los 270 días.

En el caso del descriptor crítico sabor a desinfectante el cambio en la condición 24°C con iluminación comenzó a los 210 días, pero para la misma condición de temperatura sin iluminación el cambio comenzó a los 300 días. Para el mismo descriptor (sabor a desinfectante), a 37°C y 45°C los cambios se dieron en tiempos similares, pero fueron mucho más pronunciados en la condición con iluminación.

Si bien, todos los descriptores siguieron patrones similares de aumento o disminución de intensidad de acuerdo a la condición evaluada, pueden observarse algunos comportamientos particulares, en cuanto a las diferencias que ocurren con y sin iluminación, por ejemplo, en el aroma a limón para la condición 45°C con iluminación el cambio se produce bruscamente a los 14 días y a partir de ahí se mantiene sin diferencia significativa. En cambio, en la condición sin iluminación esto es diferente, si bien el cambio se nota a los 14 días, no es tan brusco y luego sigue disminuyendo la intensidad paulatinamente hasta mantenerse estable luego de los 42 días.

2.5.1.2. Estimación del punto de corte (PC) mediante estadística de supervivencia

Tal como se mencionó, de los descriptores evaluados por el panel de evaluadores sensoriales entrenados se consideraron críticos 4: aroma y sabor a limón y, aroma y sabor a desinfectante.

Los descriptores aroma y sabor a limón tuvieron un comportamiento similar (ver Tabla 2.6), pero el aroma a limón fue percibido con mayor intensidad, sobre todo en la condición más extrema, por lo que se escogió este descriptor para realizar el cálculo de PC.

Aroma y sabor a desinfectante presentaron un comportamiento similar, se seleccionó sabor a desinfectante para realizar el cálculo de PC.

Entonces, para estimar el PC se correlacionaron los datos de:

- el descriptor crítico aroma a limón y los datos de aceptación/rechazo obtenidos de los consumidores de la condición 45°C sin iluminación,
- el descriptor crítico sabor a desinfectante y los datos de aceptación/rechazo obtenidos de los consumidores de la condición 45°C con iluminación.

Ambos descriptores presentaron un orden monótonico para esas condiciones de almacenamiento, necesario para realizar los cálculos.

Se consideraron tres modelos paramétricos diferentes: Weibull, log-logístico y lognormal, seleccionando la distribución con el valor absoluto de verosimilitud más bajo, ya que una forma de definir el mejor ajuste es comparar los valores del logaritmo de la verosimilitud (log-likelihood), el modelo con el menor valor de log-likelihood será el que mejor ajusta los datos (Hough, 2010). En base a esto se decidió utilizar el modelo de Weibull, obteniéndose los siguientes parámetros:

Aroma a limón

$\mu = 2.22$

$\sigma = 0.37$

Sabor a desinfectante

$\mu = 2.15$

$\sigma = 0.34$

Con estos parámetros se construyó la curva de rechazo en función de la intensidad de aroma a limón (Figura 2.15) y de sabor a desinfectante (Figura 2.16).

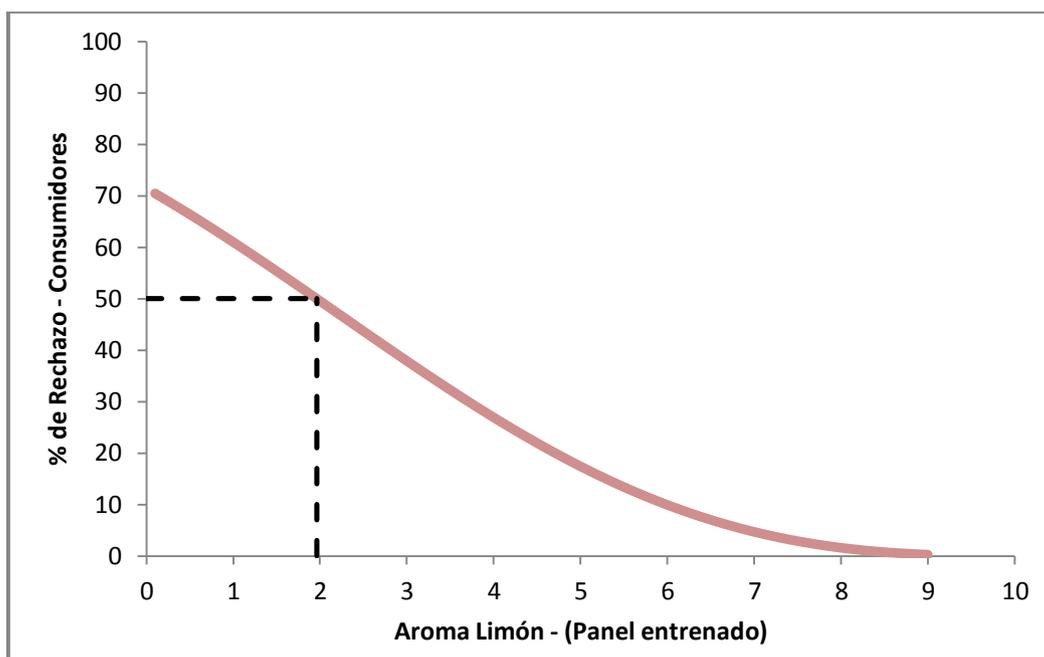


Figura 2.15. Punto de corte (PC), porcentaje de rechazo versus aroma a limón.

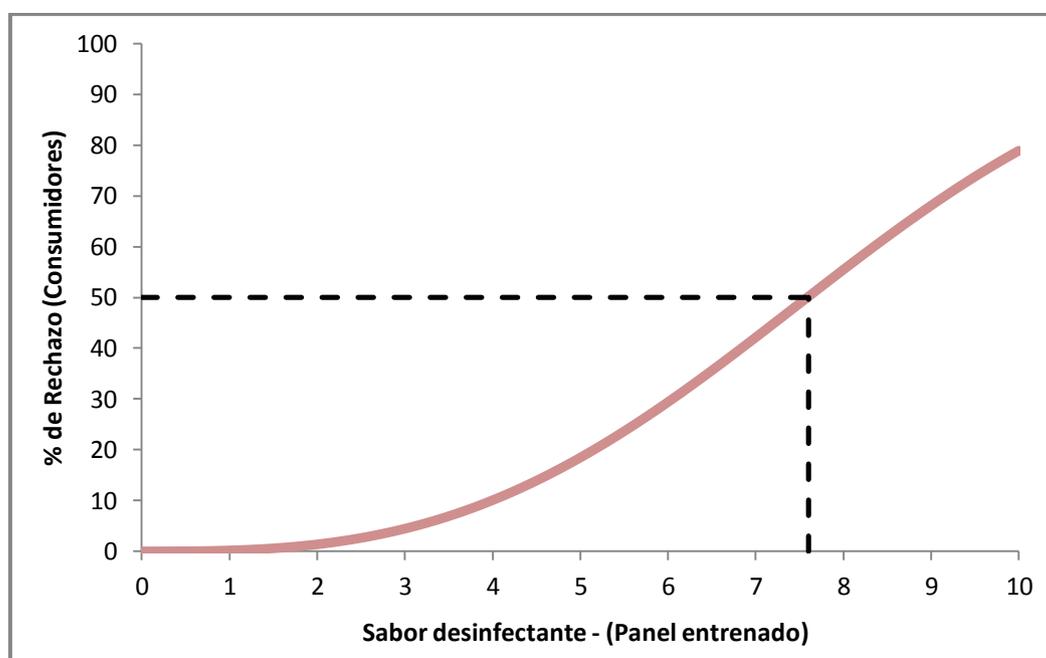


Figura 2.16. Punto de corte (PC), porcentaje de rechazo versus sabor a desinfectante.

Para obtener el valor de PC se consideró un 50% de rechazo. El valor obtenido fue de 2.0 ± 0.9 para aroma a limón y de 7.6 ± 0.8 para sabor a desinfectante.

Los valores obtenidos de PC tienen el valor práctico de que, si se desea realizar un cambio de ingredientes o un nuevo envase y determinar cómo este cambio influye en la VU del producto, se debería solamente volver a almacenar las muestras, analizarlas con un panel de evaluadores sensoriales entrenados en uno o en ambos descriptores críticos y determinar el valor de VU simplemente empleando el valor de PC ya calculado.

2.5.2. Objetivo particular: Estimar la vida útil sensorial (VUS) de un alimento a partir del punto de corte (PC).

Los datos de los descriptores críticos aroma a limón y sabor a desinfectante versus el tiempo de almacenamiento, para cada condición ensayada, fueron adaptados a una regresión lineal.

Para la mayoría de las condiciones de almacenamiento, los cambios sensoriales en función del tiempo de almacenamiento podrían aproximarse a una línea recta como se muestra en la Figura 2.17.

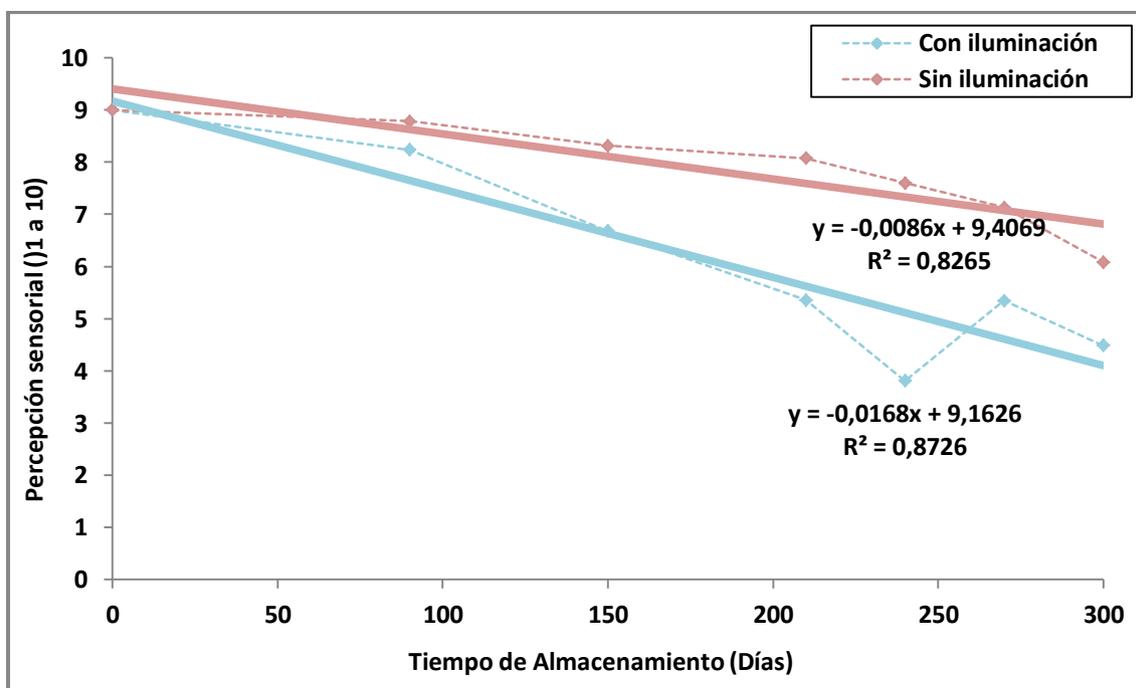


Figura 2.17. Aroma a limón a través del tiempo de almacenamiento para las condiciones; 24°C con y sin iluminación. La línea recta representa la regresión lineal a través de los datos experimentales.

La regresión lineal ajustó mejor los datos para 5 de las 6 condiciones de almacenamiento (3 temperaturas x 2 iluminaciones); adoptándose así una reacción de orden cero (Labuza, 1982). Para algunos casos, como el sabor a desinfectante a 45 °C con iluminación, una regresión exponencial pudo haber sido más apropiada, pero un ajuste lineal no fue completamente inadecuado, como se muestra en la Figura 2.18. Por otro lado, para el desarrollo del modelo correspondiente al quinto objetivo particular de este capítulo era necesario que las 6 condiciones de almacenamiento estén adaptadas a una misma regresión.

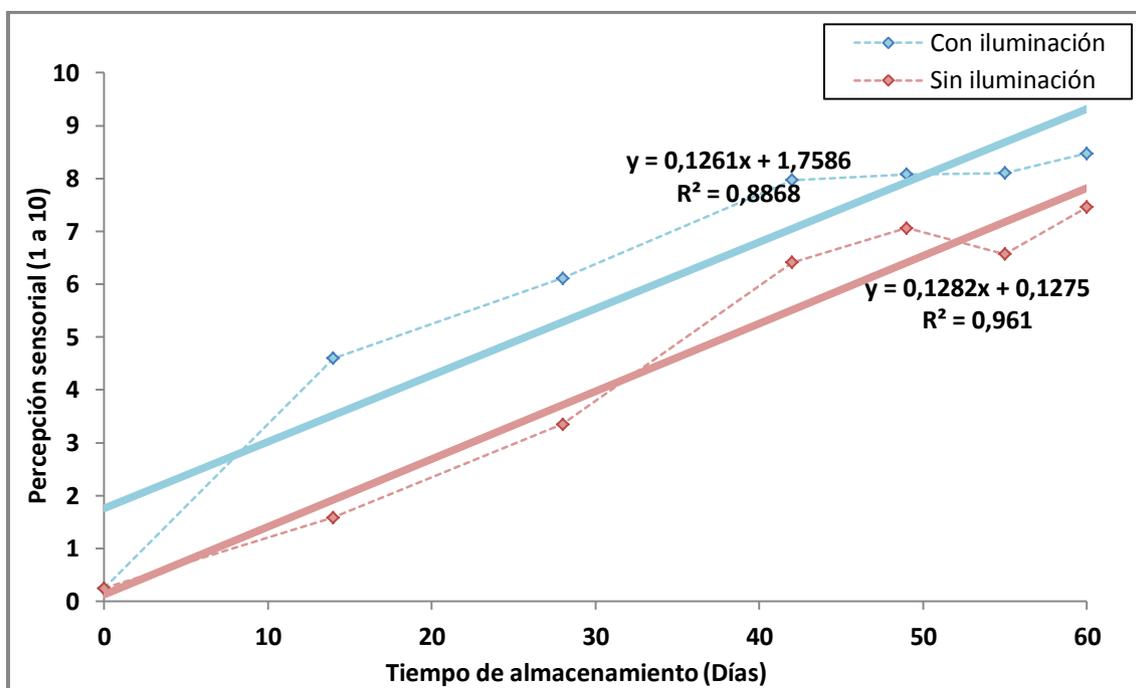


Figura 2.18. Sabor a desinfectante a través del tiempo de almacenamiento para las condiciones: 45°C con y sin iluminación. La línea recta representa la regresión lineal a través de los datos experimentales.

Entonces, las rectas de regresión fueron interceptadas con los valores de PC calculados anteriormente (2.0 y 7.6), para obtener así el tiempo de vida útil sensorial en el eje de las X.

La VUS para las muestras de ASLI, considerando el descriptor crítico aroma a limón fue (ver Figura 2.19):

- 50 ± 5 días a 45°C sin iluminación
- 40 ± 20 días a 45°C con iluminación
- 88 ± 18 días a 37°C sin iluminación
- 90 ± 15 días a 37°C con iluminación
- A 24°C con y sin iluminación la VUS fue mayor al año de almacenamiento. No se pudo determinar un valor exacto debido a que el valor de PC (2.0) no interceptó las rectas de regresión en los tiempos experimentales ensayados.

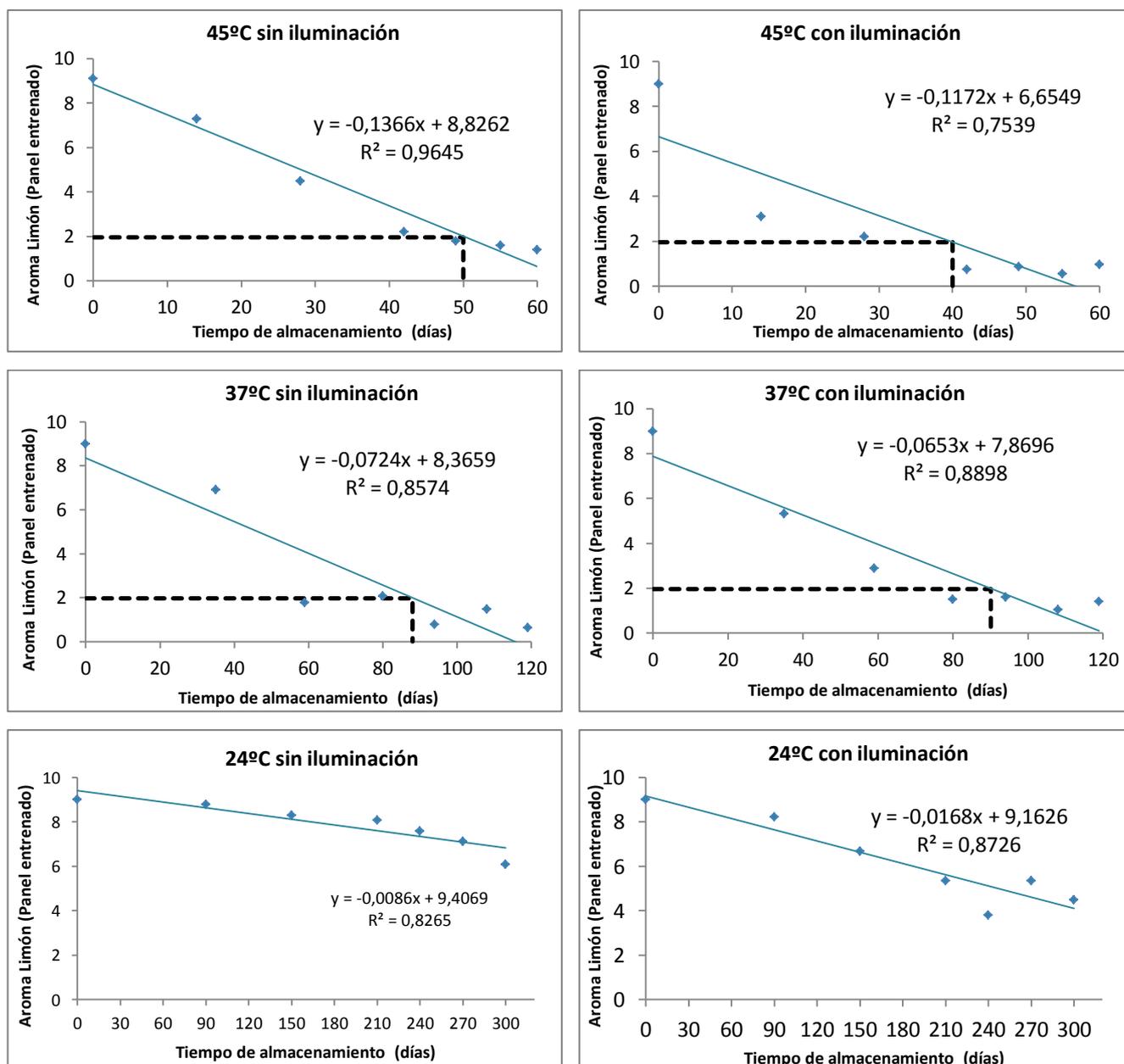


Figura 2.19. Vida útil sensorial (VUS) dada por el descriptor aroma a limón

La VUS para las muestras de ASLI, considerando el descriptor crítico sabor a desinfectante fue (ver Figura 2.20):

- 58 ± 7 días a 45°C sin iluminación
- 46 ± 10 días a 45°C con iluminación
- 99 ± 25 días a 37°C sin iluminación
- 105 ± 13 días a 37°C con iluminación
- A 24°C con y sin iluminación la VUS fue mayor al año de almacenamiento. No pudo determinarse un valor exacto debido a que el valor de PC (7.6) no interceptó las rectas de regresión en los tiempos experimentales ensayados

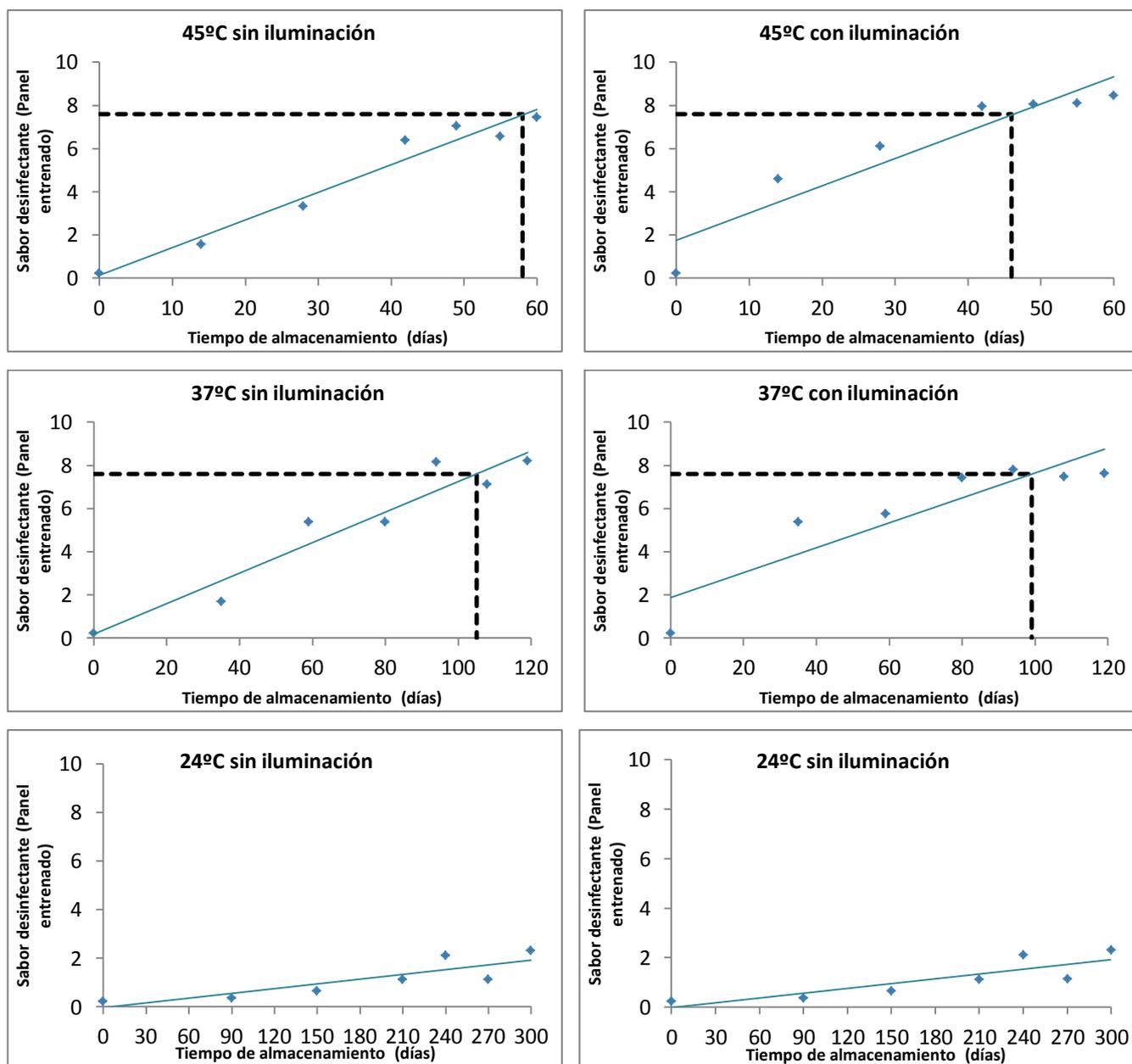


Figura 2.20. Vida útil sensorial (VUS) dada por el descriptor aroma a desinfectante.

Puede observarse que, con ambos descriptores críticos, los valores obtenidos de VUS, fueron similares, es decir, que en estimaciones de VUS futuras de esta bebida, se puede optar por uno de ellos para realizar nuevos cálculos.

2.5.3. Objetivo particular: Comparar el comportamiento de los consumidores cuando evalúan la vida útil sensorial (VUS) de un alimento en el ambiente real vs. la evaluación en un local centralizado.

2.5.3.1. Vida útil sensorial (VUS) – comparación de emplazamientos

Para estimar la VUS en el ambiente real y en el local centralizado se aplicó un modelo de regresión lineal con inclusión de covariable (Klein y Moeschger, 1997; Meeker y Escobar, 1998).

$$Y = \ln(T) = \mu + \sigma W = \beta_0 + \beta_1 \cdot Z_{emp} + \sigma W \quad \text{Ecuación 2.7}$$

Donde,

T= tiempo en el cual el consumidor rechaza la muestra;

β_0 y β_1 = coeficientes de regresión;

Z_{emp} = covariable que indica si un consumidor pertenece al grupo que evaluó la muestra en el hogar ($Z = 0$) o pertenecen al grupo que evaluó las muestras en el local centralizado ($Z = 1$);

σ = pendiente, la cual no depende de la covariable y;

W = es el error de la distribución

Se consideraron tres modelos paramétricos diferentes: Weibull, log-logístico y lognormal. La distribución de Weibull fue la que ajustó mejor los datos, por lo que la función de rechazo fue la siguiente:

$$R(t) = 1 - \exp \left[- \exp \left(\frac{\ln(t) - (\beta_0 + \beta_1 \cdot Z)}{\sigma} \right) \right] \quad \text{Ecuación 2.8}$$

siendo R(t) la variable dependiente-y; t la variable independiente-x. Los parámetros a estimar fueron: β_0 , β_1 , y σ ; los cuales fueron obtenidos maximizando la función de verosimilitud.

No se encontraron diferencias significativas cuando se evaluó la VUS del ASLI en el Hogar y en el Local Centralizado, es decir el covariable emplazamiento no fue significativa, dando un valor de $p= 0.77$.

A partir de los datos ajustados utilizando el modelo de Weibull se obtuvieron los parámetros $\mu= 6.02$ y $\sigma= 0.63$, con los que se construyó la curva de rechazo en función del tiempo de almacenamiento (Figura 2.21).

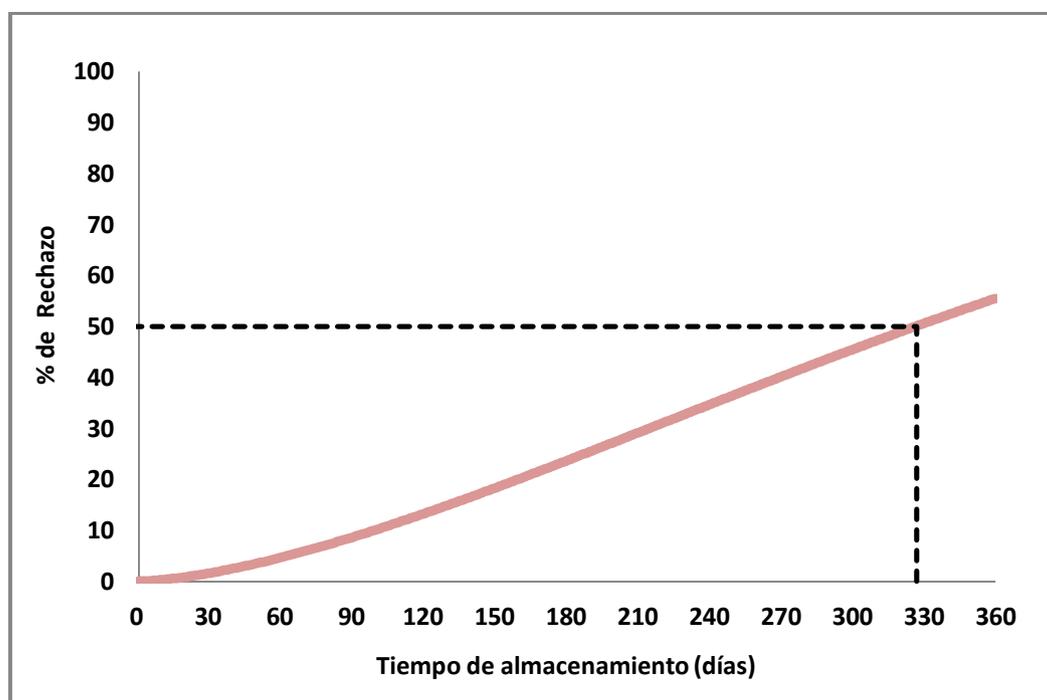


Figura 2.21. Vida útil sensorial (VUS) en Hogar y Local Centralizado. Porcentaje de rechazo versus tiempo de almacenamiento.

Para obtener el tiempo de VUS se consideró un 50% de rechazo. Con este porcentaje, la vida útil sensorial en ambos emplazamientos, para la condición de 24°C con iluminación, fue de 327 ± 42 días.

2.5.3.2. Puntaje global (PG)

Ensayo en el local centralizado

El modelo de ANDEVA utilizado contempló a los distintos tiempos de almacenamiento sujetos a las temperaturas ensayadas:

Efecto al azar: $Consumidor * (Temp/Tiempo) * Ilumin - (Temp/Tiempo) * Ilumin$

Efecto fijo: $(Temperatura/Tiempo) * Iluminación$

En la Tabla 2.7 pueden observarse los promedios de PG obtenidos y el valor de MDS para las 6 condiciones ensayadas a través del tiempo de almacenamiento.

Tabla 2.7. Promedios de puntaje global (PG) obtenidos para las 6 condiciones ensayadas a través del tiempo de almacenamiento.

		Iluminación	
Temperaturas	Tiempos	Con	Sin
24	0	7.3	7.3
	90	6.8	7.2
	150	6.4	7.3
	210	6.3	7.1
	240	6.5	6.9
	270	6.1	6.9
	300	6.3	6.7
37	0	7.3	7.3
	35	6.4	6.8
	59	6.3	6.7
	80	6.1	6.1
	94	6.0	6.4
	108	5.4	6.2
	119	5.8	6.0
45	0	7.3	7.3
	14	6.3	6.8
	28	5.9	6.4
	42	5.6	5.9
	49	5.6	5.6
	55	5.0	5.9
	60	5.4	5.4
MDS= 0.49 (Temperatura/Tiempo)*Iluminación			

Se encontraron diferencias significativas tanto para los efectos principales como para la interacción (Temperatura/Tiempo)*Iluminación.

A pesar de que hubo algunos cambios significativos a través del tiempo de almacenamiento, sobre todo en las temperaturas más elevadas, la aceptabilidad de las muestras varió levemente, disminuyó solo dos puntos, en una escala de 1 a 10, en la temperatura de 45°C. En esta temperatura el efecto de la iluminación provocó una disminución en la aceptabilidad en los tiempos más cercanos a la muestra fresca (14 y 28 días) en relación a las muestras que no fueron sometidas a iluminación.

Ensayo en el ambiente real

El modelo de ANDEVA utilizado fue:

Efecto al azar: Consumidores

Efecto fijo: Muestras

Se encontraron diferencias significativas en el PG a lo largo del tiempo de almacenamiento. Los promedios obtenidos y el valor de MDS se presentan en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8. Promedios de puntaje global (PG) obtenidos para condición de 24°C con iluminación a través del tiempo de almacenamiento

Tiempo de almacenamiento (días)	PG (1-10)
90	7.5
150	7.2
210	6.9
240	7.2
270	6.7
300	6.2
MDS	0.81

El comportamiento fue similar al obtenido a partir de los datos del ensayo en el local centralizado para la misma condición. Si bien hubo algunos cambios significativos a través del tiempo de almacenamiento, la aceptabilidad de las muestras tuvo poca variación, las muestras recibieron puntuaciones entre 7.5 y 6.2 en una escala de 1 a 10.

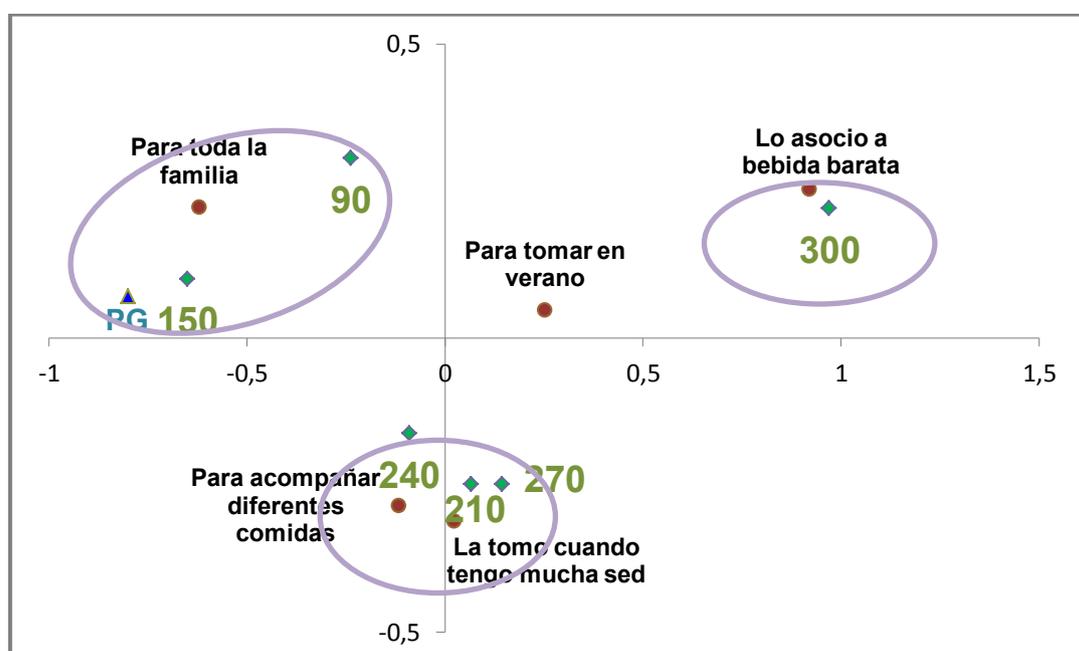
2.5.3.3. Tilde lo que corresponda (TICO)

En general, las frases que conformaron la encuesta TICO tuvieron un mayor porcentaje de menciones en el ambiente real que en local centralizado y aquellas relacionadas a características sensoriales tuvieron un mayor porcentaje de menciones que las relacionadas a los hábitos de consumo.

En el AC que incluyó frases sensoriales, en ambos emplazamientos el PG más alto se asoció a las muestras más frescas y a las frases “*Dulce ideal*”, “*Acidez ideal*” y “*Sabor agradable*”. A su vez, la muestra con mayor tiempo de almacenamiento estuvo más alejada de los valores más altos de PG y se asoció a frases como: “*Aroma y Sabor desagradable*”, “*Muy dulce*” y “*Metálico*” (Figura 2.22 y Figura 2.23).

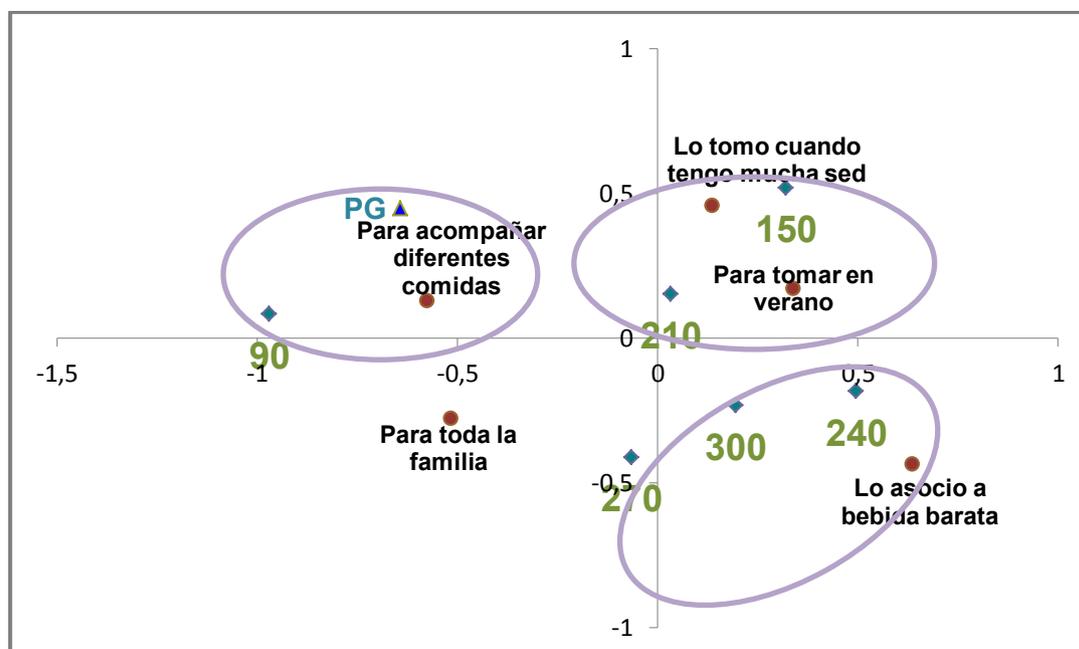
En el AC que incluyó frases relacionadas a hábitos de consumo, el PG más alto se asoció a la muestra más fresca, y se relacionó a la frase “*Para acompañar diferentes comidas*” en el local centralizado y “*Para toda la familia*” en el ensayo en el ambiente real (Figura 2.24 y Figura 2.25).

En ambos análisis, la muestra con mayor tiempo de almacenamiento se asoció a la frase “*la asocio a una bebida barata*”.



Referencias. Tiempos de almacenamiento: 90 días (90), 150 días (150), 210 días (210), 240 días (240), 270 días (270), 300 días (300).

Figura 2.24. Análisis por correspondencia de frases relacionadas con hábitos de consumo. Ensayo en el Hogar.



Referencias: Tiempos de almacenamiento: 90 días (90), 150 días (150), 210 días (210), 240 días (240), 270 días (270), 300 días (300).

Figura 2.25. Análisis por correspondencia de frases relacionadas con hábitos de consumo. Ensayo en el Local Centralizado.

2.5.3.4. Encuesta de hábitos de consumo

Pregunta: “Marcas de agua saborizada que consume”

La Figura 2.26 muestra las menciones que recibieron cada una de las marcas de agua saborizada en el ensayo en local centralizado y en el ambiente real. En ambos casos, tanto la marca Levité como H2O, fueron las que recibieron mayor número de menciones, seguidas por Sierra de los Padres y Ser.

Pregunta: “Sabores de aguas saborizada que consume”

La Figura 2.27 muestra las menciones que recibieron cada uno de los sabores de agua saborizada en el ensayo en local centralizado y en el ambiente real. En ambos casos tanto el sabor citrus como pomelo fueron los que recibieron mayor número de menciones, seguidos de: Limón, naranja y manzana. El sabor que recibió menor número de menciones fue frutos rojos.

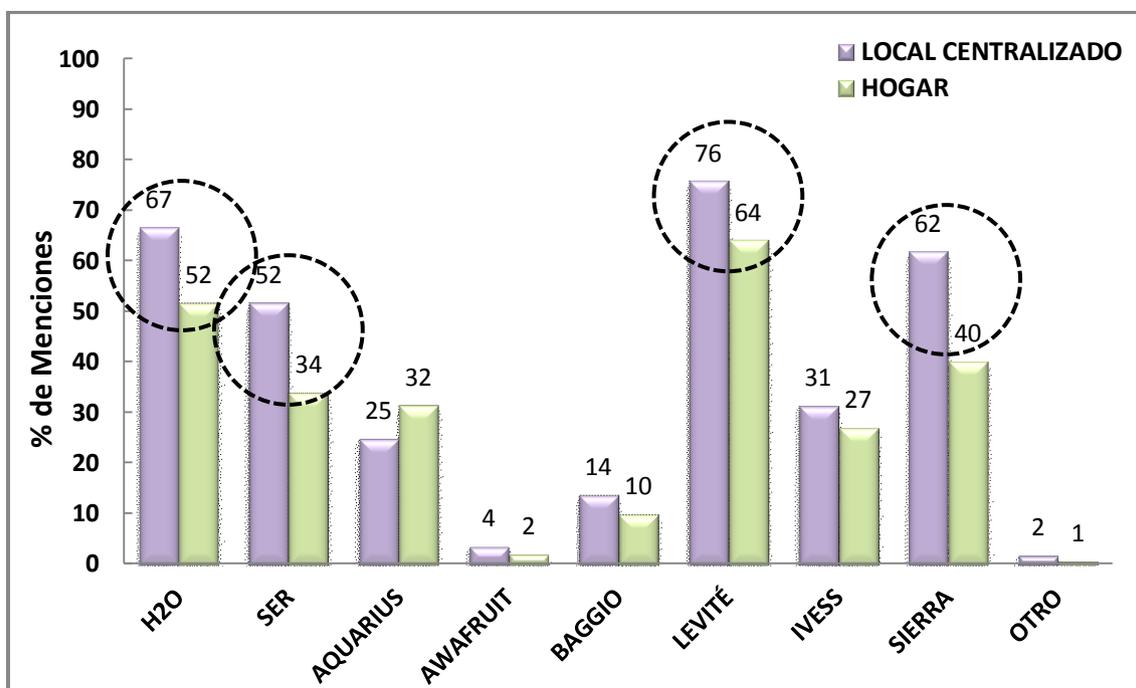


Figura 2.26. Marcas de aguas saborizada consumidas.

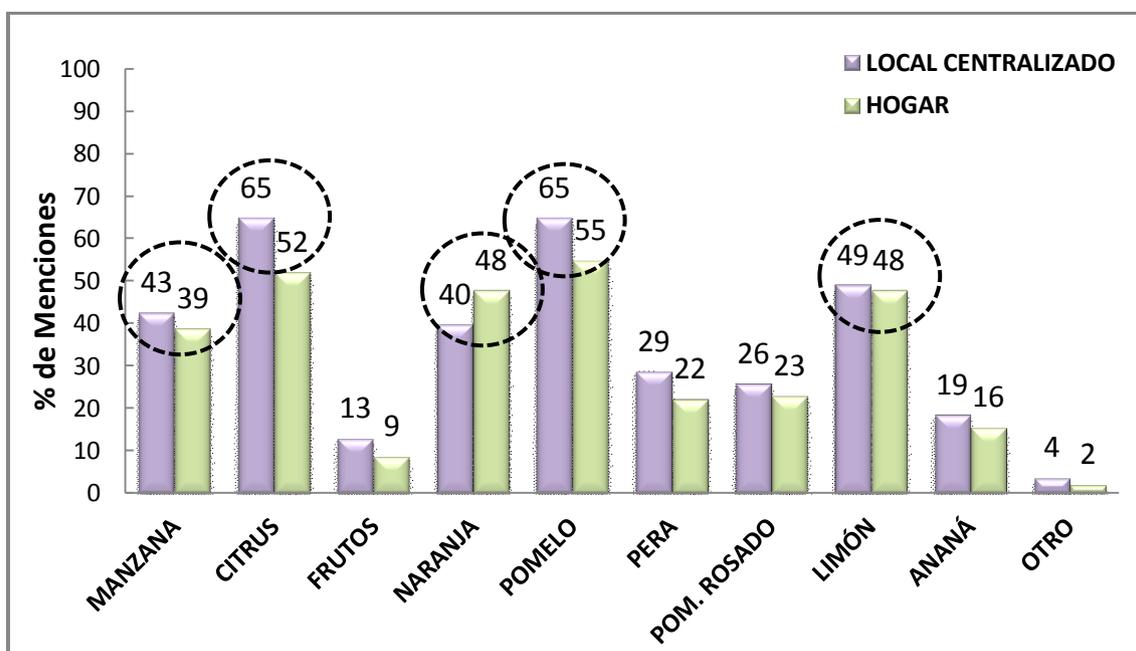


Figura 2.27. Sabores de aguas saborizadas consumidos.

Pregunta: “Frecuencia de consumo de agua saborizada”

La Figura 2.28 muestra los porcentajes de cada una de las opciones de frecuencias de consumo en el ensayo en local centralizado y en el hogar. La mayor parte de los consumidores, consumen agua saborizada 2 a 3 veces por semana.

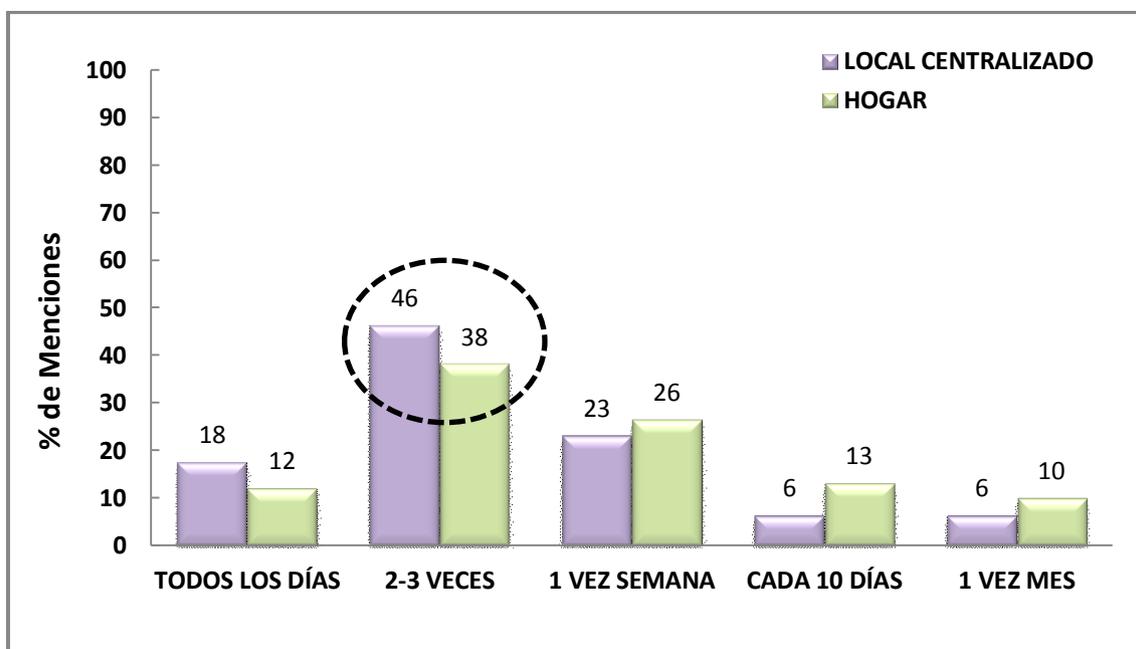


Figura 2.28. Frecuencia de consumo de aguas saborizada.

Pregunta: “Motivos de consumo de agua saborizada”

La Figura 2.29 muestra las menciones que recibieron cada uno de los motivos de consumo en el ensayo en local centralizado y en el hogar. En ambos casos *Sabor* fue el motivo de consumo con mayor número de menciones seguido en menor medida por el motivo: *Considera que es más saludable*.

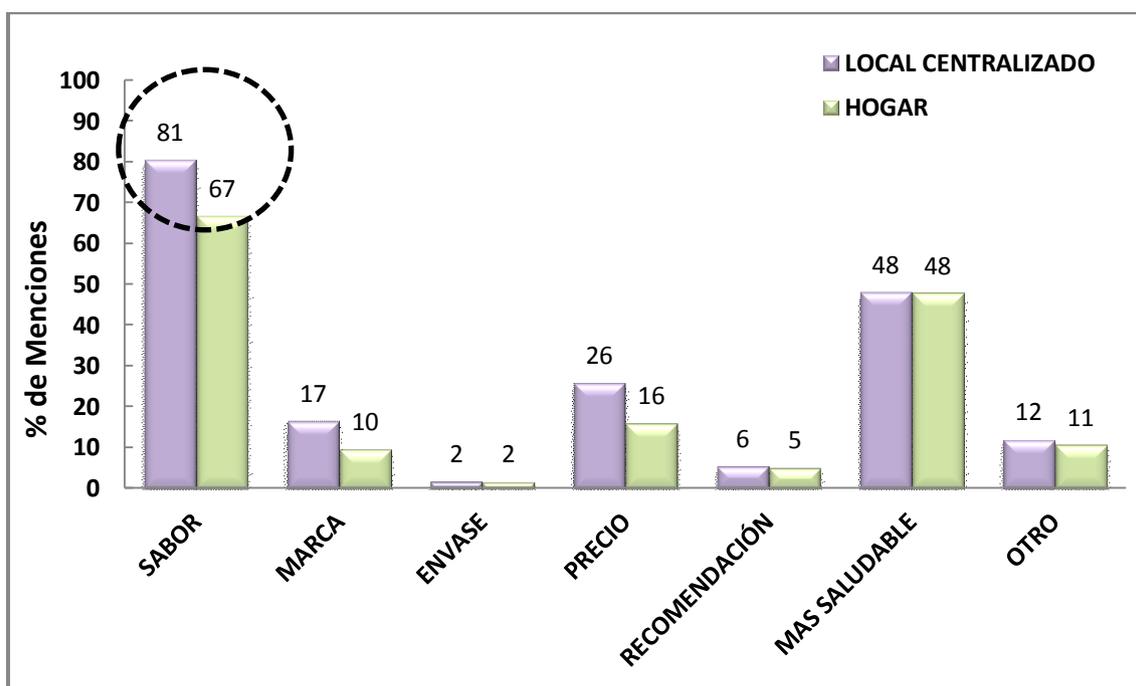


Figura 2.29. Motivos de consumo de aguas saborizada.

2.5.4. Objetivo particular: Predicciones de vida útil sensorial (VUS), mediante estadística de supervivencia, contemplando la temperatura y la iluminación como factores de aceleración.

Cuando se realiza un ensayo que involucra la aceptación o el rechazo de muestras de un solo producto almacenado a diferentes tiempos, el primer paso en el análisis de supervivencia es establecer el tipo de censura de cada consumidor (Hough, 2010). Por ejemplo, si 100 participantes realizaron el ensayo, podría haber 10 datos que no se consideren porque rechazaron la muestra fresca, y los 90 restantes tendrán datos con censura a la izquierda, derecha o en un intervalo. Las 90 filas, cada una correspondiente a un solo consumidor, serán sometidas a los procedimientos de estadística de supervivencia con un software específico, como puede ser R, para estimar la VU del producto.

Hay proyectos que involucran diferentes formulaciones del producto o diferentes condiciones de almacenamiento del mismo producto. Por ejemplo, en el estudio acelerado realizado por Hough y otros (2006) sobre carne picada, las muestras fueron almacenadas a 2°C, 9°C y 19°C. Para cada temperatura, hubo 7 muestras correspondientes a diferentes tiempos de almacenamiento; es decir que se trabajó con un total de 21 muestras resultantes de la combinación de 3 temperaturas y 7 tiempos de almacenamiento.

En estos casos, puede ser conveniente que el mismo consumidor pruebe varios grupos de muestras. Una forma de manejar el efecto de bloque o de no independencia es utilizar un enfoque de independencia en el ensayo para estimar los parámetros del modelo y con el estimador de Sandwich realizar el cálculo de los errores estándar correspondientes. Este enfoque se conoce como una ecuación de estimación generalizada en modelos lineales generalizados (Hardin y Hilbe, 2013). Este es preferible a un modelo de efectos mixtos ya que el interés está dado en los efectos promedio y no específicos de las covariables (Gardiner, Luo y Roman, 2009).

El modelo propuesto fue entonces:

$$Y = \ln(T) = \beta_0 + \frac{E_\alpha}{R} \times \frac{1}{Temp} + \beta_1 \times I + \beta_2 \times I \times \frac{1}{Temp} + \sigma W \quad \text{Ecuación 2.9}$$

Dónde:

T= tiempo de almacenamiento en el cual un consumidor rechaza una muestra;

β_0 , β_1 y β_2 = coeficientes de regresión;

E_a = energía de activación, cal/mol;

R= constante de los gases= 1.98 cal/(mol.°K)

Temp= temperatura de almacenamiento en °K;

I= covariable Iluminación, 0 para sin iluminación y 1 con iluminación.

σ = es la pendiente y no depende de las covariables; W es el error de la distribución.

Denominamos T al tiempo de almacenamiento en el cual un consumidor rechaza una muestra.

La función de rechazo R(t) será la probabilidad de que un consumidor rechace una muestra antes del tiempo t, es decir: **$R(\text{tiempo})=P(\text{Tiempo}_R \leq \text{tiempo})$** .

La Ecuación 2.9 fue combinada con el modelo de Weibull y la probabilidad de rechazo es expresada como:

$$R(t) = 1 - \exp \left[- \exp \left(\frac{\ln(t) - \mu}{\sigma} \right) \right] = 1 - \exp \left[- \exp \left(\frac{\ln(t) - \left(\beta_0 + \frac{E_a}{R} \times \frac{1}{\text{Temp}} + \beta_1 \times I + \beta_2 \times I \times \frac{1}{\text{Temp}} \right)}{\sigma} \right) \right] \quad \text{Ecuación 2.10}$$

La Ecuación 2.10 es un modelo log-lineal, siendo R(t) la variable dependiente- y; t e I las variables independientes-x. Los parámetros a estimar fueron: β_0 , β_1 , β_2 , E_a y σ ; los cuales fueron obtenidos maximizando la función de verosimilitud (sección 2.4.3.3), esto fue realizado mediante el software estadístico R, utilizando la función **survreg** perteneciente al paquete de supervivencia (Therneau, 2017). Teniendo en cuenta que cada una de las condiciones de almacenamiento fue evaluada por el mismo grupo de consumidores, se agregó en el análisis al consumidor como efecto de variación, para reducir de esta manera la magnitud del error en los términos. La función **survreg** permite incluir a los consumidores utilizando la función de cluster o agrupamiento dentro del modelo.

Para determinar cuáles de los términos de la Ecuación 2.9 fueron significativos, se estimaron los valores de verosimilitud (log-likelihood), aplicando el test de chi-cuadrado.

En las 6 condiciones ensayadas los efectos principales temperatura e iluminación fueron significativas, pero no así su interacción.

Esta conclusión fue la misma aplicando cualquiera de las tres distribuciones: Weibull, lognormal o log-logística.

Comparando los valores de verosimilitud de las 3 distribuciones mencionadas arriba, cada una con temperatura + iluminación como covariables, se observó que el modelo de Weibull presentó el mejor valor y por ello fue elegido. La estimación de los parámetros correspondientes al Modelo de la Ecuación 2.9 excluyendo la interacción, se muestra en la Tabla 2.9. El signo positivo de E_a y el signo negativo de β_1 indican, respectivamente, que, en promedio, los tiempos de almacenamiento en los que se produce el rechazo disminuyen a medida que aumenta la temperatura de almacenamiento y son más cortos en el caso de estar bajo el efecto de la iluminación.

Tabla 2.9. Estimaciones de los parámetros correspondientes a la distribución de Weibull con la inclusión de la temperatura y la iluminación como covariables (Ecuación 2.9).

Parámetros	Estimación	Error estándar con cluster
β_0	-23.66	1.412
E_a	17.584	865
β_1	-0.15	0.0705
σ	0.596	0.0543

Con estos parámetros, la Ecuación 2.10 se puede utilizar para estimar el porcentaje de rechazo en función del tiempo de almacenamiento para una temperatura e iluminación dada. Por ejemplo, si consideramos una temperatura de almacenamiento de 24°C, las probabilidades de rechazo para la condición sin iluminación y con iluminación pueden expresarse como:

Sin iluminación:

$$R(t) = 1 - \exp \left[-\exp \left(\frac{\ln(t) - \left(-23.66 + \frac{8881}{(273+24)} - 0.15 \cdot 0 \right)}{0.596} \right) \right] = 1 - \exp \left[-\exp \left(\frac{\ln(t) - 6.242}{0.596} \right) \right] \quad \text{Ecuación 2.11}$$

Con iluminación:

$$R(t) = 1 - \exp \left[-\exp \left(\frac{\ln(t) - \left(-23.66 + \frac{8881}{(273+24)} - 0.15 \cdot 1 \right)}{0.596} \right) \right] = 1 - \exp \left[-\exp \left(\frac{\ln(t) - 6.092}{0.596} \right) \right] \quad \text{Ecuación 2.12}$$

En la Figura 2.30 puede verse que, como era de esperar, para un mismo tiempo de almacenamiento, el porcentaje de rechazo estimado bajo la condición de iluminación es mayor que bajo la condición de sin iluminación. Por ejemplo, si consideramos un tiempo de 250 días el porcentaje de rechazo para la condición con iluminación será 32% y su equivalente para la condición sin iluminación será de 26%.

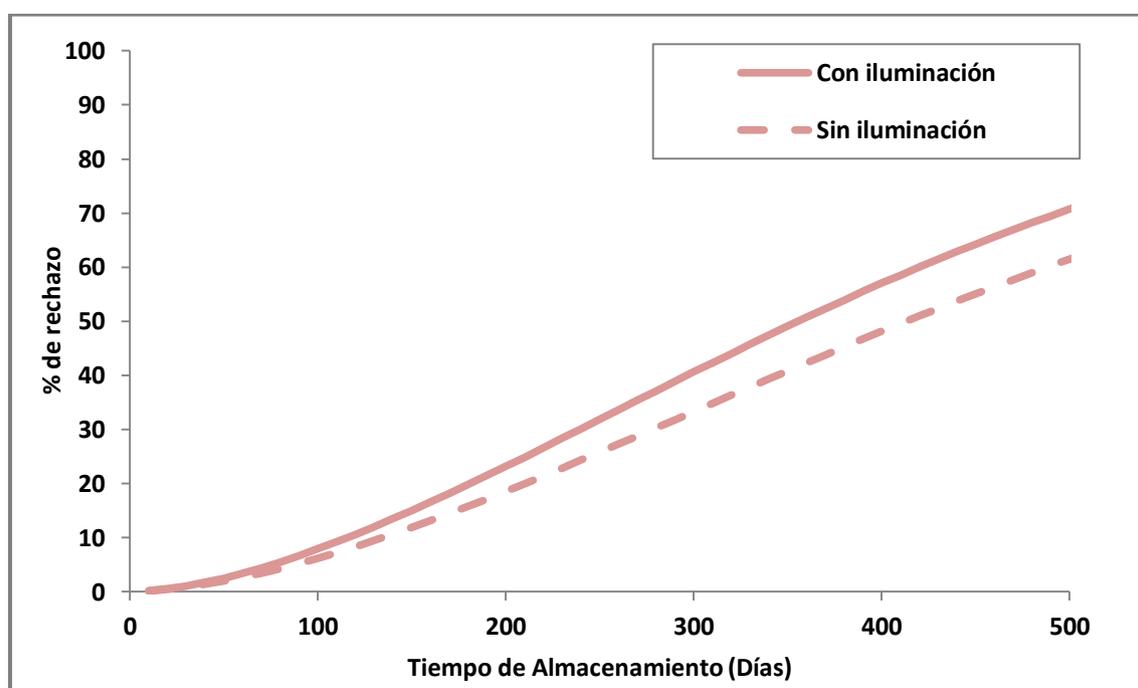


Figura 2.30. Porcentaje de rechazo versus tiempo de almacenamiento a 24°C para la condición: sin iluminación y con iluminación.

Se realizaron estimaciones de los tiempos de almacenamiento correspondientes al 25% y 50% de rechazo, según la temperatura y condición de iluminación utilizada.

La Tabla 2.10 presenta las estimaciones correspondientes a las 6 condiciones ensayadas para el 25% y 50% de rechazo.

Tabla 2.10. Estimaciones de vida útil sensorial (VUS) (días ± error estándar) correspondiente a un 25% y 50% de rechazo para las condiciones ensayadas de temperatura e iluminación.

Temperatura (°C)	Sin iluminación		Con iluminación	
	25%	50%	25%	50%
24	244 ± 21	412 ± 34	210 ± 20	354 ± 29
37	67 ± 6	117 ± 7	60 ± 5	101 ± 6.4
45	34 ± 3	57 ± 4	29 ± 3	49 ± 3.8

Como puede observarse, a medida que aumenta la temperatura de almacenamiento se produce una disminución de la VUS del producto, en ambas condiciones y esa disminución es aún mayor con iluminación. Por ejemplo, si consideramos un 50% de rechazo para la condición 24°C con iluminación, la VUS será de 412 ± 34 días y este tiempo disminuye a 57 ± 4 a una temperatura de 45°C.

La Figura 2.30 y la Tabla 2.10 muestran que la vida útil se redujo cuando el producto estuvo expuesto a la iluminación.

Si se considera un 50% de rechazo, los valores obtenidos fueron muy similares a los obtenidos con la metodología de punto de corte. La única diferencia que presentaron estos métodos es que con la metodología de estadística de supervivencia se pudo determinar la VUS a 24°C con y sin iluminación, dando un valor de 354 días y 412 días, respectivamente.

En situaciones prácticas, es de interés conocer cómo la velocidad de deterioro cambia de una condición de temperatura e iluminación a otra.

Esto se puede expresar como el factor de aceleración (FA) (Meeker y Escobar, 1998) definido como:

$$FA = \frac{\text{velocidad de reacción para la condición de temperatura e iluminación acelerada } I_a}{\text{velocidad de reacción para la condición de temperatura e iluminación de uso } I_u}$$

Refiriéndonos a la Ecuación 2.9, FA puede expresarse como:

$$FA = \frac{\exp\left[\frac{E_a}{R} \times \frac{1}{Temp_a} + \beta_1 \times I_a + \beta_2 \times I_a \times \frac{1}{Temp_a}\right]}{\exp\left[\frac{E_a}{R} \times \frac{1}{Temp_u} + \beta_1 \times I_u + \beta_2 \times I_u \times \frac{1}{Temp_u}\right]} \quad \text{Ecuación 2.13}$$

Cuando las condiciones de iluminación son las mismas (para acelerada y de uso), y la diferencia de temperatura $Temp_a - Temp_u = 10$ °C, La Ecuación 2.13 se reduce al clásico Q10 (Labuza, 1982) que expresa el cambio en la velocidad de reacción con una diferencia de temperatura de 10 °C y con frecuencia se prefiere a la energía de activación (E_a) ya que es más fácil de interpretar:

$$Q_{10} = e^{\frac{E_a}{R} \times \frac{10}{Temp(Temp+10)}} \quad \text{Ecuación 2.14}$$

Al usar la Ecuación 2.14, el Q10 tiene valores diferentes según la temperatura elegida. Dentro del rango de este trabajo, los valores de Q10 se estimaron en 2.59 y 2.44, a 30°C y 40°C, respectivamente. Por lo tanto, por cada reducción de 10 °C en el tiempo de almacenamiento la VUS se duplica.

2.5.5. Objetivo particular: Modelado de cambios sensoriales durante el almacenamiento bajo dos factores de aceleración: temperatura e iluminación.

Como fue explicado en la Sección 2.5.1.1, los descriptores aroma y sabor a limón presentaron cambios pronunciados a través del tiempo de almacenamiento con el efecto de la iluminación, en dos de las temperaturas ensayadas (24°C y 45°C). A su vez, como se puede observar en la Tabla 2.5, el cambio para el aroma fue algo más pronunciado que para el sabor. Para aroma y sabor a desinfectante los cambios más pronunciados a través del tiempo de almacenamiento, se vieron con el efecto de la iluminación, pero solo a la temperatura de 45°C.

Considerando lo desarrollado anteriormente, se seleccionó el descriptor crítico aroma a limón para ilustrar el modelo.

Se adoptó una reacción de orden cero, para una única temperatura e iluminación y el aroma a limón (AL) fue:

$$AL = AL_0 - k_{Temp.I} \times t \quad \text{Ecuación 2.15}$$

Dónde:

AL= aroma a limón para el tiempo de almacenamiento t; AL fue medido en una escala de 0-10

AL₀=aroma a limón para el tiempo cero (0 días)

K_{Temp.I}=constante de velocidad de reacción correspondiente a una temperatura e iluminación de almacenamiento dadas, 1 días

t=tiempo de almacenamiento en días

En la Ecuación 2.15 el parámetro k_{Temp.I} varía en relación a la condición de temperatura de almacenamiento e iluminación. La variación propuesta sigue la ecuación clásica de Arrhenius con la inclusión del efecto de la iluminación:

$$k_{Temp,I} = k_{TempR,no} \exp \left[\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{Temp} - \frac{1}{TempR} \right) + \eta_1 \times I + \eta_2 \times I \left(\frac{1}{Temp} - \frac{1}{TempR} \right) \right] \quad \text{Ecuación 2.16}$$

Dónde

$k_{TempR,no}$ = constante de velocidad de reacción correspondiente a Temperatura de referencia sin iluminación, 1/días

E_a/R = energía de activación dividida por la constante de los gases, °K

Temp= temperatura, °K

$TempR$ = temperatura de referencia, °K

η_1, η_2 = parámetros de la regresión

I= Iluminación, 0 para sin iluminación y 1 con iluminación

La Ecuación 2.15 y 2.16 fueron combinadas:

$$AL = AL_0 + k_{TempR,no} \times t \times \exp \left[-\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{Temp} - \frac{1}{TempR} \right) + \eta_1 \times I + \eta_2 \times I \left(\frac{1}{Temp} - \frac{1}{TempR} \right) \right] \quad \text{Ecuación 2.17}$$

La Ecuación 2.17 es no lineal para los parámetros E_a/R , η_1 y η_2 ; y lineal para AL_0 y $k_{TempR,no}$. Estos parámetros fueron estimados utilizando los datos del panel entrenado.

El resultado de la estimación de los parámetros de la Ecuación 2.17 se encuentra en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11. Estimaciones no lineales de los parámetros con sus errores estándar obtenidos a partir de la función nls de R.

Parámetro	Estimación	EE_nls
AL_0	8.603	0.168
$k_{TempR,no}$	- 0.0159	0.0013
E_a/R	11840	450
η_1	0.331	0.0803
η_2	1270	520

La estimación para AL_0 (8.6) presentó un valor muy similar al percibido por el panel entrenado para este descriptor en el tiempo cero (9). El signo negativo de la constante de velocidad de reacción correspondiente a Temperatura de referencia sin iluminación, 1/días ($k_{TempR,no}$) y el positivo de E_a/R , indican que la intensidad del aroma a limón disminuye a medida que aumenta la temperatura y las muestras son sometidas a iluminación.

La Ecuación 2.17 tiene el valor práctico de poder estimar la intensidad del aroma a limón para muestras de aguas saborizada que son almacenadas bajo condiciones de tiempo, temperatura, e iluminación dadas.

Por ejemplo, si consideramos 150 días de almacenamiento a una temperatura de 24°C, la intensidad del aroma a limón bajo ambas condiciones de iluminación podría expresarse de la siguiente manera:

“Sin iluminación”

$$AL = 8,6 + (-0.0159) \times 150 \times \exp \left[-11840 \left(\frac{1}{297} - \frac{1}{300} \right) + 0.331 \times 0 + 1270 \times 0 \left(\frac{1}{297} - \frac{1}{300} \right) \right]$$

“Con iluminación”

$$AL = 8,6 + (-0.0159) \times 150 \times \exp \left[-11840 \left(\frac{1}{297} - \frac{1}{300} \right) + 0.331 \times 1 + 1270 \times 1 \left(\frac{1}{297} - \frac{1}{300} \right) \right]$$

Los intervalos de confianza de estas estimaciones también resultan de interés. Dentro de R existe la función *nlsint* (<https://rpubs.com/trjohns/nlsint>) que calcula el error estándar de las predicciones y los intervalos de confianza correspondientes.

La Tabla 2.12 presenta las estimaciones para 150 días de almacenamiento a 24°C con y sin iluminación, junto a los intervalos de confianza.

Tabla 2.12. Estimaciones de aroma a limón para una bebida almacenada durante 150 días a 24°C con y sin iluminación y sus correspondientes intervalos de confianza.

Iluminación	Aroma a limón	Estimación del error estándar	Intervalo inferior. 95% de confianza	Intervalo superior. 95% de confianza
Sin	7.00	0.14	6.72	7.28
Con	6.28	0.15	5.99	6.56

Puede observarse que, para un mismo tiempo de almacenamiento y una misma temperatura, existe un efecto de la iluminación sobre la intensidad del AL, haciendo que esta disminuya.

Considerando que el PC del aroma a limón correspondiente a un porcentaje de rechazo del 50% fue de 2 en la escala de 0 a 10 (Sección 2.5.1.2), puede observarse que este valor no es alcanzado en las condiciones de almacenamiento dadas.

2.6. Conclusiones

- ✓ Se obtuvieron dos valores de PC que permitieron determinar la vida útil sensorial de las muestras del ASLI. A su vez, estos valores podrán ser utilizados para mediciones de VU futuras.
- ✓ Se estimó la VUS para 4 de las 6 condiciones ensayadas. Los valores obtenidos con los dos descriptores críticos utilizados (aroma a limón y sabor a desinfectante) fueron muy similares.
- ✓ No se encontraron diferencias significativas cuando se evaluó la VUS de ASLI en el hogar (ambiente real) y en el local centralizado. Considerando este resultado la VUS para este tipo de bebidas se puede estimar realizando el ensayo en el local centralizado, donde es más fácil controlar las condiciones de evaluación y algo más económico.
- ✓ Si bien se encontraron diferencias significativas en el PG, tanto en el ensayo en el local centralizado como en el hogar, la aceptabilidad de las muestras tuvo poca variación en relación al tiempo de almacenamiento.
- ✓ Con respecto a la escala TICO, en general, el porcentaje de menciones de las diferentes frases fue mayor en el ensayo realizado en el hogar que en el local centralizado. Con respecto a la encuesta de hábitos de consumo, se encontraron resultados similares en ambos ensayos.
- ✓ A partir de los datos de aceptación/ rechazo obtenidos de los consumidores para las 6 condiciones ensayadas, se lograron estimar los valores de VUS para distintos porcentajes de rechazo, a 24°C con y sin iluminación. Se introdujo un modelo basado en dos factores de aceleración que afectan a un producto alimenticio, temperatura e iluminación, y que no ha sido considerado en trabajos anteriores.
- ✓ Se aplicó la función de verosimilitud clásica para analizar la importancia de cada uno de los términos del modelo; para el caso en particular de ASLI, los efectos principales temperatura e iluminación fueron significativos, pero no su

interacción. Se calculó la energía de activación correspondiente al rechazo dado por los consumidores, considerando el producto almacenado a diferentes temperaturas, acompañada del valor de Q10 de fácil interpretación.

✓ Para el ASLI, producto en particular utilizado para probar el modelo, tanto la temperatura como la iluminación aceleraron el deterioro, dando lugar a una mayor probabilidad de rechazo respecto de la condición sin iluminación. A su vez los valores de VUS estimados se pueden obtener del modelo con sus correspondientes errores estándar.

✓ Se desarrolló un modelo que tiene la practicidad de poder estimar la intensidad del aroma a limón, por ejemplo, para muestras de aguas saborizada que son almacenadas bajo condiciones de tiempo, temperatura, e iluminación dadas. El modelo propuesto puede ser utilizado para variables sensoriales, como es el caso de este estudio, o también para variables físico-químicas de interés en la VU de un producto/alimento.



CAPITULO III

Vida útil sensorial secundaria de un alimento

3. Capítulo 3 - Vida útil sensorial secundaria

3.1. Introducción

Está claro que la VUSs es un tema poco estudiado, quizás por la falta de una regulación específica respecto de la VUs, así como la dificultad tanto de las industrias como de los grupos de investigación de enfrentar estudios de este tipo.

La apertura de un envase inicia cambios en las características de los alimentos, principalmente por la abrupta modificación de las condiciones ambientales (es decir, cambios en la composición de la atmósfera, mayor disponibilidad de oxígeno o humedad, fluctuaciones de temperatura, pérdida de esterilidad, etc.). Estos cambios son responsables de una fuerte aceleración de la tasa de deterioro de la calidad del producto (Nicoli, 2012).

De acuerdo con lo desarrollado por Nicoli y Calligaris (2018), desde el punto de vista de VUs, los productos alimenticios podrían clasificarse en función del deterioro probable que se produce después de la apertura del paquete. Pudiendo considerarse para esto la actividad del agua del producto (A_w) y el pH. Como es sabido, la reducción de a_w reduce el número de bacterias viables y, por lo tanto, la posibilidad de deterioro y el riesgo de que los alimentos se vuelvan peligrosos. Al mismo tiempo, un pH superior a 4.5 es necesario para el crecimiento de bacterias patógenas. Por lo tanto, los productos con $A_w > 0,94$ (o 0,86 considerando *Staphylococcus aureus*) y $pH > 4.5$ pueden ayudar al crecimiento de patógenos, lo que conduce a posibles problemas de seguridad en caso de contaminación después de la apertura del envase, son los productos que llamamos comúnmente perecederos o de VU corta (ejemplos son leche fluida, carnes, queso fresco). Para otras categorías de alimentos con A_w entre 0,6 y 0,84, el deterioro por microorganismos, mohos y levaduras alterativos podría esperarse como los eventos principales que conducen a la inaccesibilidad de alimentos abiertos (ejemplos son frutos secos, los cereales, mermeladas o quesos curados). Finalmente, en productos abiertos con A_w inferior a 0,6, las reacciones químicas o los cambios físicos podrían ser los principales eventos de deterioro (ejemplos en este caso son: leche en polvo, galletitas, miel, aceite, productos con VU media y larga).

La evaluación correcta de la VUSs podría ser estratégica desde el punto de vista de las industrias alimenticias, así como de los consumidores. Una correcta

estimación de la VUSs como complemento de la VUs sería de mucha utilidad para el manejo doméstico de los consumidores y en este contexto, es que un punto importante a tener en cuenta para comenzar un estudio de VUSs es el manejo que los consumidores hacen de los alimentos después de abrirlos ya que las prácticas de almacenamiento doméstico son el paso más significativo que influye en la VUs y VUSs de los alimentos (Farr-Wharton, Forth y Choi, 2014; Manzocco, Alongi, Sillani y Nicoli, 2016). Por ejemplo, en el estudio de Farr-Wharton y otros (2014) los participantes experimentaron dificultades para juzgar los alimentos de acuerdo a si consideraban que estaban aptos o no para consumirlos; eran propensos a descartar los alimentos antes de su deterioro porque no sabían si el producto almacenado todavía era seguro para su consumo.

La definición adecuada de VUSs por parte de la industria alimentaria podría contribuir a satisfacer las necesidades y expectativas de los consumidores, garantizar la lealtad del producto y minimizar el rechazo del producto debido a defectos sensoriales incluso después de la apertura del paquete. En este contexto el objetivo del presente estudio será estimar la VUSs de diferentes tipos de alimentos.

3.2. Objetivo específico

Estimación de la vida útil sensorial secundaria de diferentes alimentos.

3.2.1. Objetivos particulares

- ✓ Realizar encuestas en el hogar a consumidores de alimentos de alta, media y baja vida útil.
- ✓ Determinar la vida útil sensorial secundaria de los alimentos investigados mediante las encuestas realizadas en el hogar.

3.3. Materiales y métodos

3.3.1. Objetivo particular: Realizar encuestas en el hogar a consumidores de alimentos de alta, media y baja vida útil.

3.3.1.1. Muestras

Para el desarrollo de este objetivo cada consumidor respondió una encuesta en su hogar relacionada con la compra/consumo habitual de productos de alta, media y baja VU, en este caso: aceite de girasol, leche entera en sachet y galletitas con cereales, respectivamente. Las muestras entonces, fueron los productos habituales que el consumidor tenía en su hogar, los cuales no requirieron de almacenamiento programado. Incluso la marca y el tamaño de cada producto la eligió el consumidor de acuerdo a lo que habitualmente compraba/consumía en su hogar.

3.3.1.2. Reclutamiento de consumidores

Mediante una encuesta filtro (Figura 2.4) se reclutaron 126 consumidores, seleccionando aquellos que indicaron consumir los 3 productos en estudio (aceite de girasol, leche entera en sachet y galletitas con cereales). Hombres y mujeres, de 25 a 60 años de edad, de la ciudad de 9 de Julio.

Estos mismos consumidores luego realizaron el ensayo en laboratorio, por lo que el número (126 consumidores) se eligió en base a trabajos de VUS publicados y considerando para el desarrollo del ensayo sensorial de dicho objetivo, una presentación balanceada por cada producto evaluado.

3.3.1.3. Metodología de trabajo

Se utilizó el sistema de encuestas semipersonales en el hogar, lo cual consiste en distribuir las encuestas personalmente entre los individuos muestreados y luego de un período acordado las encuestas se recopilan y se entrega una gratificación en agradecimiento. Mucci, Hough y Ziliani (2004) estudiaron bajo este sistema la percepción de alimentos genéticamente modificados.

Los consumidores respondieron en sus hogares, una encuesta sobre los 3 productos mencionados anteriormente que compran/consumen en su hogar. Cada encuesta se entregó al consumidor en su hogar, se le recomendó colocar la misma en un lugar visible de la casa y que, cuando compren los productos

sobre los que se hacía referencia comienzen a completarla. Se hizo especial hincapié en que tanto la compra como el consumo no debía ser incitada por el llenado de la encuesta, sino que ambos hechos debían darse con normalidad, es decir de la forma que habitualmente lo realizaba, de manera de poder obtener datos lo mas reales posibles.

Para cada producto debieron registrar (Figura 3. 1 y Figura 3. 2): fecha de compra, marca, vencimiento, lugar de almacenamiento antes de la apertura, fecha de apertura, lugar y forma de almacenamiento luego de apertura, fecha de finalización. Tambien debieron responder preguntas sobre hábitos de compra.

No se indicó un límite de tiempo para completarla, ya que esto dependía del tiempo que llevaba a cada consumidor finalizar los productos.



DEPARTAMENTO
DE EVALUACIÓN
SENSORIAL
DE ALIMENTOS

CONSUMIDOR Nº..... NOMBRE.....
 EDAD..... DIRECCIÓN

TELÉFONO.....
 POR FAVOR, CONTESTE LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

1) ¿En qué tipo de comercio Ud. realiza las compras con mayor frecuencia?

- Supermercado
- Despensa
- Supermercado mayorista
- Otro ¿cuál?.....

2) ¿Con que frecuencia compra los siguientes productos?

Leche fluida entera (sachet)

- Nunca
- 1 vez por mes
- Cada 15 días
- 2 ó 3 veces por semana
- 1 vez por semana
- Todos los días

Aceite de Girasol

- Nunca
- 1 vez por mes
- Cada 15 días
- 2 ó 3 veces por semana
- 1 vez por semana
- Todos los días

Galletitas con Cereales

- Nunca
- 1 vez por mes
- Cada 15 días
- 2 ó 3 veces por semana
- 1 vez por semana
- Todos los días

3) ¿De cada uno de los siguientes productos, cual es la marca que compra con mayor frecuencia y de qué tamaño?

Leche fluida entera (sachet)

- La Serenisima
- La Chelita
- Argenlac
- Otro ¿Cuál?.....

TAMAÑO.....

Aceite de Girasol

- Natura
- Cocinero
- Cada día
- Otro ¿Cuál?.....

TAMAÑO.....

Galletitas con Cereales

- Paseo
- Arcor
- Quaker
- Cerealitas
- Bagley
- Otra ¿Cuál?

TAMAÑO.....

4) ¿Cuántos envases de estos productos consume en su casa en un mes?

Leche fluida entera

- De 1 a 5 envases
- de 6 a 10
- de 11 a 15
- mas de 15

Aceite de Girasol

- 1
- 2
- 3
- mas de 4

Galletitas con Cereales

- De 1 a 5 envases
- de 6 a 10
- de 11 a 15
- mas de 15

5) ¿Para que utiliza éstos productos?

Leche fluida entera (sachet)

- En desayuno y/o merienda
 - con café
 - con te
 - con mate cocido
 - leche sola con azúcar
 - leche con cereales
 - leche sola
 - con chocolate
- Elaboración de flan, postres, etc
- Elaboración de comidas
- Otro
- ¿Cuál?.....

Aceite de Girasol

- Frituras
- Ensaladas
- Elaboración de tortas
- Para realizar comidas en general
- Otro ¿Cuál?.....

Galletitas con Cereales

- Desayuno Y/o merienda
- Para acompañar almuerzo y/o cena
- Otro ¿Cuál?

Figura 3. 1. Encuesta realizada en el hogar

PRODUCTO: Leche entera (sachet)							
FECHA DE COMPRA	MARCA DEL PRODUCTO	FECHA DE VENCIMIENTO	LUGAR DE ALMACENAMIENTO ANTES DE APERTURA (marque con una cruz)	FECHA DE APERTURA DEL PRODUCTO	LUGAR DE ALMACENAMIENTO LUEGO DE APERTURA (marque con una cruz)	FORMA DE ALMACENAMIENTO LUEGO DE APERTURA	FECHA DE FINALIZACIÓN DEL PRODUCTO
			<input type="checkbox"/> Heladera <input type="checkbox"/> Freezer <input type="checkbox"/> Otro ¿Cuál?		<input type="checkbox"/> Heladera <input type="checkbox"/> Freezer <input type="checkbox"/> Otro ¿Cuál?	<input type="checkbox"/> En su envase original <input type="checkbox"/> Paso el producto a otro envase <input type="checkbox"/> Otro ¿Cuál?	
							SI TIRO EL PRODUCTO SIN FINALIZARLO COLOQUE LA FECHA Y MARQUE CON UNA CRUZ EL MOTIVO <input type="checkbox"/> Tenía olor, sabor o color desagradable <input type="checkbox"/> Se venció <input type="checkbox"/> No estaba feo pero hacia mucho que estaba abierto <input type="checkbox"/> Otro ¿Cuál?
PRODUCTO: Aceite de Girasol							
FECHA DE COMPRA	MARCA DEL PRODUCTO	FECHA DE VENCIMIENTO	LUGAR DE ALMACENAMIENTO ANTES DE APERTURA (marque con una cruz)	FECHA DE APERTURA DEL PRODUCTO	LUGAR DE ALMACENAMIENTO LUEGO DE APERTURA (marque con una cruz)	FORMA DE ALMACENAMIENTO LUEGO DE APERTURA	FECHA DE FINALIZACIÓN DEL PRODUCTO
			<input type="checkbox"/> Alacena <input type="checkbox"/> Bajo mesada <input type="checkbox"/> Heladera <input type="checkbox"/> Freezer <input type="checkbox"/> Otro ¿Cuál?		<input type="checkbox"/> Alacena <input type="checkbox"/> Bajo mesada <input type="checkbox"/> Heladera <input type="checkbox"/> Freezer <input type="checkbox"/> Otro ¿Cuál?	<input type="checkbox"/> En su envase original <input type="checkbox"/> Paso el producto a otro envase <input type="checkbox"/> En su envase original sin tapa <input type="checkbox"/> Otro ¿Cuál?	
							SI TIRO EL PRODUCTO SIN FINALIZARLO COLOQUE LA FECHA Y MARQUE CON UNA CRUZ EL MOTIVO <input type="checkbox"/> Tenía olor, sabor o color desagradable <input type="checkbox"/> Se venció <input type="checkbox"/> No estaba feo pero hacia mucho que estaba abierto <input type="checkbox"/> Otro ¿Cuál?
PRODUCTO: Galletitas con cereales							
FECHA DE COMPRA	MARCA DEL PRODUCTO	FECHA DE VENCIMIENTO	LUGAR DE ALMACENAMIENTO ANTES DE APERTURA (marque con una cruz)	FECHA DE APERTURA DEL PRODUCTO	LUGAR DE ALMACENAMIENTO LUEGO DE APERTURA (marque con una cruz)	FORMA DE ALMACENAMIENTO LUEGO DE APERTURA	FECHA DE FINALIZACIÓN DEL PRODUCTO
			<input type="checkbox"/> Alacena <input type="checkbox"/> Bajo mesada <input type="checkbox"/> Heladera <input type="checkbox"/> Freezer <input type="checkbox"/> Otro ¿Cuál?		<input type="checkbox"/> Alacena <input type="checkbox"/> Bajo mesada <input type="checkbox"/> Heladera <input type="checkbox"/> Freezer <input type="checkbox"/> Otro ¿Cuál?	<input type="checkbox"/> En su envase original bien cerrado <input type="checkbox"/> Paso el producto a otro envase <input type="checkbox"/> En su envase original sin cerrarlo <input type="checkbox"/> Otro ¿Cuál?	
							SI TIRO EL PRODUCTO SIN FINALIZARLO COLOQUE LA FECHA Y MARQUE CON UNA CRUZ EL MOTIVO <input type="checkbox"/> Tenía olor, sabor o color desagradable <input type="checkbox"/> Se venció <input type="checkbox"/> No estaba feo pero hacia mucho que estaba abierto <input type="checkbox"/> Otro ¿Cuál?

Figura 3. 2. Encuesta realizada en el hogar

3.3.2. Objetivo particular: Determinar la vida útil sensorial secundaria (VUSs) de los alimentos investigados mediante las encuestas realizadas en el hogar.

3.3.2.1. Muestras

Los resultados obtenidos a partir de las encuestas realizadas en el hogar durante el ensayo correspondiente al primer objetivo particular (Sección 3.3.1) sirvieron como base para la elección de los productos a utilizar en éste ensayo. Para cada producto se seleccionó la marca y tamaño de envase que presentó el mayor porcentaje de menciones.

Los producto utilizados fueron entonces:

- ✓ *Aceite de girasol*: Producto de VU alta, 2 años a partir de a fecha de elaboración según fabricante. Se utilizó marca *Natura* de 900ml.
- ✓ *Galletitas con cereales*: Producto de VU media, 10 – 12 meses a partir de la fecha de elaboración según fabricante. Se utilizó la línea 7 semillas de la marca *Arcor*, envase de 200gr.
- ✓ *Leche entera en sachet*: producto de VU baja, 30-45 días según fabricante. Se utilizó *La Serenísima*.

3.3.2.2. Almacenamiento

Pruebas preliminares para definir los tiempos de almacenamiento

Previo a iniciar el estudio se diseñó un cronograma que permitió definir criterios, tiempos de almacenamiento y condiciones finales para el ensayo. Para esto, fue necesario considerar la respuesta de los consumidores a las encuestas realizadas en el hogar respecto de los tiempos, lugares y formas de almacenamiento de los productos luego de la apertura. En base a lo antes mencionado se realizaron pruebas preliminares de almacenamiento para cada producto, en Laboratorio:

- ✓ *Aceite de girasol*: se almacenó durante 200 días, para cada tiempo de almacenamiento se simularon las condiciones de un envase de aceite abierto al cual se le retiró parte de su contenido (150 ml) y se lo guardo nuevamente tapado en una alacena a temperatura y humedad ambiente ($26\pm 3^{\circ}\text{C}$ y $53\pm 15\%\text{HR}$, respectivamente).

✓ *Galletitas*: se almacenaron durante 50 días. Para la evaluación de este producto, cada consumidor debía probar una galletita por cada tiempo de almacenamiento, por lo que se necesitó una gran cantidad de producto. En una prueba preliminar inicial se replicó la forma en que muchos consumidores indicaron guardar las galletitas en su hogar, que fue retirar la parte superior del paquete y colocarla de forma invertida simulando una “tapa”. Luego de algunos días de almacenamiento se presentó el inconveniente de que no todas las galletitas se encontraban en las mismas condiciones, sino que las más cercanas a la “tapa” estaban mucho más deterioradas sensorialmente que las más alejadas. Debido a lo antes mencionado se decidió realizar otra prueba en la que se simularon las condiciones de un paquete de galletitas abierto antes descrita, pero en este caso, se utilizaron contenedores plásticos en los cuales se colocaron las galletitas formando una sola capa y fueron cubiertas con una “tapa” realizada en el mismo material de su envase original (polipropileno) a temperatura y humedad ambiente ($26\pm 3^{\circ}\text{C}$ y $53\pm 15\%\text{HR}$, respectivamente).

✓ *Leche entera en sachet*: se almacenó durante 40 días. Para cada tiempo de almacenamiento se tomó un sachet fresco (muestra comprada en supermercado de la ciudad con la fecha de elaboración más reciente posible) al cual se le retiró 200 ml de leche, para simular que se había utilizado parte del producto y se almacenó refrigerada ($8\pm 2^{\circ}\text{C}$).

En todos los casos un panel reducido de evaluadores entrenados fue probando a diferentes tiempos las muestras y comparándolas con una muestra K. En el caso de aceite de girasol y galletitas la muestra K fue un envase abierto al momento de la evaluación, perteneciente al mismo lote de las muestras almacenadas. La muestra K de leche fue un sachet comprado el mismo día de la evaluación con la fecha de elaboración lo mas cercana posible dentro de las disponibles en el supermercado de la ciudad.

Una vez definidas las muestras entre las que se encontraban diferencias sensoriales a lo largo del tiempo de almacenamiento luego de la apertura, se diseñó el cronograma final de almacenamiento para cada producto.

Diseño de almacenamiento

Para todos los productos a estudiar se utilizó un diseño escalonado (como el ilustrado en la Figura 2. 1 cuya idea principal fue contar con todas las muestras,

cada una con un tiempo diferente (unidad experimental) de almacenamiento al momento de realizar el ensayo.

✓ *Aceite de Girasol*: Se utilizó un único lote que se mantuvo refrigerado ($8\pm 2^{\circ}\text{C}$), a partir del cual se tomaron 7 muestras o unidades experimentales. Para cada una, se simularon las condiciones descritas anteriormente en las pruebas preliminares: envase de aceite abierto al cual se le retiró parte de su contenido (150 ml) y se lo guardo nuevamente tapado en una alacena a temperatura y humedad ambiente ($26\pm 3^{\circ}\text{C}$ y $53\pm 15\%\text{HR}$, respectivamente). Se utilizaron dos envases por muestra o unidad experimental. El tiempo total de almacenamiento fue 191 días.

✓ *Galletitas con cereales*: Se utilizó un único lote que se mantuvo cerrado y guardado en alacena a temperatura y humedad ambiente ($26\pm 3^{\circ}\text{C}$ y $53\pm 15\%\text{HR}$, respectivamente), a partir del cual se tomaron 7 muestras o unidades experimentales. Por cada unidad experimental se utilizaron 4 paquetes. El almacenamiento se realizó de igual manera que las detalladas en las pruebas preliminares El tiempo total de almacenamiento fue de 46 días.

✓ *Leche entera en sachet*: En este caso, en el tiempo estipulado para cada una de las 7 muestras o unidades experimentales se compraban dos envases frescos o recientemente elaborados. Cada muestra era abierta y se le retiraba 200 ml de leche para simular que se había utilizado parte del producto, luego se almacenaba refrigerada ($8\pm 2^{\circ}\text{C}$) hasta el momento de la evaluación. El tiempo total de almacenamiento fue 29 días. Para este producto, una muestra de cada unidad experimental fue enviadas a un Laboratorio para su análisis microbiológico. Se realizó Recuento total a 30°C , coliformes totales y E. Coli. La Tabla 3. 1 muestra los tiempos de almacenamiento por producto para cada muestra o unidad experimental.

3.3.2.3. Reclutamiento de consumidores

Los consumidores que realizaron el ensayo fueron los mismos que los que realizaron la encuesta en el hogar (Sección 3.3.1.2).

Tabla 3. 1. Tiempos de almacenamiento para cada producto

Producto	Tiempos de almacenamiento (días)
Aceite de Girasol	0
	58
	128
	149
	168
	183
	191
Galletitas con cereales	0
	11
	22
	29
	36
	41
	46
Leche entera en sachet (La Serenísima)	0
	5
	11
	17
	22
	29

3.3.2.4. Metodología sensorial

La evaluación de las muestras se diseñó en 3 sesiones, una por cada producto por lo que los consumidores accedieron al laboratorio del DESA en 3 oportunidades.

Se ubicaron en cabinas individuales con luz blanca, de forma tal de evitar interacciones. El orden de presentación de las muestras por producto, fue balanceado, cuidando que cada muestra fuera servida igual número de veces en cada orden de presentación y cada muestra estuviera precedido igual número de veces por las demás muestras.

✓ *Galletitas con cereales*: a cada consumidor se le presentaron las muestras de galletitas, en bandejas plásticas codificadas con números de tres dígitos elegidos al azar, una a la vez. Se le pidió que pruebe el producto y responda si habitualmente lo consumiría o no.

✓ *Leche entera en sachet*: a cada consumidor se le presentaron las muestras de leche, una por vez. Para esto se colocaron 50ml de muestra en frascos de vidrio a los cuales se les colocó una cinta de papel en el exterior para evitar que el consumidor desvíe su atención hacia el color de las muestras

y de esta manera se centre sólo en el aroma de las mismas y se los codificó con un número de tres dígitos elegido al azar. Los frascos se taparon y mantuvieron refrigerados hasta el momento del ensayo. Al consumidor se le pidió que sólo evalúe el producto por aroma y responda si habitualmente lo consumiría o no. En este caso, debido a que la mayoría de las muestras estaban abiertas hacía más de 3 días (tiempo recomendado por el elaborador), se decidió que el consumidor no pruebe el producto por seguridad, más allá de que en el análisis microbiológico todas resultaron aptas para el consumo.

✓ *Aceite de girasol:* Considerando que este producto, por el tipo de deterioro que sufre una vez abierto podría llegar a ser rechazado antes de ser consumido debido a su aroma, se decidió que el consumidor evalúe las muestras por aroma y por sabor. Para la evaluación por aroma se presentaron 50ml de muestra de aceite de girasol, una por vez, en frascos de vidrio codificados con un número de tres dígitos elegido al azar. Los frascos permanecieron tapados hasta el momento de la evaluación. Al consumidor se le pidió que sólo evalúe el producto por aroma y responda si habitualmente lo consumiría o no.

Para la evaluación por sabor fue necesario utilizar un alimento como vehículo que posibilite probar el aceite sin generar el rechazo del consumidor por el hecho de probar aceite directamente. Se utilizaron cubos de papas hervidos y a cada consumidor se le presentaron las muestras de aceite condimentando dichos cubos, simulando una ensalada de papas. Las muestras se presentaron en vasos plásticos codificadas con números de tres dígitos elegidos al azar. A cada consumidor se le pidió que pruebe el producto, se centre en el sabor del aceite que condimentaba "la ensalada" y responda si habitualmente lo consumiría o no.

La Figura 3.3 muestra la planilla empleada en el ensayo de leche entera en sachet, el modelo fue el mismo para todos los productos.

Para el ensayo de galletitas y de aceite por sabor, como neutralizante se utilizó agua mineral "IVESS" y se alentó su consumo entre muestra y muestra.

Una vez concluida la evaluación, a modo de gratificación, los consumidores recibieron un regalo por su participación.


 DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE ALIMENTOS
 D·E·S·A·

CONSUMIDOR N°.....

SESIÓN 1

NOMBRE Y APELLIDO.....

EDAD..... DIRECCIÓN

TELÉFONO.....

Usted recibirá 7 muestras de leche. Debe olerlas e indicar para cada una si habitualmente consumiría o no ese producto.

MUESTRA N°

¿USTED HABITUALMENTE CONSUMIRIA ESTA LECHE? SI NO

Figura 3.3. Planilla empleado en el ensayo con consumidores

3.4. Análisis estadístico

3.4.1. Objetivo particular: Realizar encuestas en el hogar a consumidores de alimentos de alta, media y baja vida útil.

Se realizaron 5 preguntas sobre hábitos de compra/consumo y usos. Para cada pregunta los datos fueron contabilizados, llevados a porcentajes y se realizaron gráficos circulares.

En el caso de las preguntas específicas sobre fechas y datos de consumo en el hogar se analizaron de la siguiente forma:

- Promedio de los días transcurridos entre la fecha de compra y la fecha de apertura de cada producto.
- Diferencia entre la fecha de apertura y la fecha de finalización de cada producto. Con los datos porcentuales se realizaron gráficos de barra por producto.
- Los datos correspondientes a lugar de almacenamiento antes de la apertura, forma y lugar luego de la apertura, fueron contabilizados, llevados a porcentajes y se realizaron gráficos circulares.

3.4.2. Objetivo particular: Determinar la vida útil sensorial secundaria (VUSs) de los alimentos investigados mediante las encuestas realizadas en el hogar.

Los datos de aceptación/rechazo de los consumidores se analizaron mediante estadística de supervivencia. En el análisis de los datos de aceite de girasol se incluyó el covariable atributo evaluado (aroma y sabor) para conocer si existe una influencia de alguno de estos atributos en la estimación de la VUSs.

Para ello se utilizó el paquete estadístico TIBCO Spotfire S+ statistical software (TIBCO Inc., Seattle, WA).

En todos los casos para estimar el tiempo de VUSs se consideró un 50% de rechazo.

3.5. Resultados y Discusión

3.5.1. Objetivo particular: Realizar encuestas en el hogar a consumidores de alimentos de alta, media y baja vida útil.

3.5.1.1. Preguntas sobre hábitos de compra/ consumo y usos

La Figura 3.4 muestra los resultados obtenidos a partir de la pregunta: *¿En qué tipo de comercio Ud. Realiza las compras con mayor frecuencia?*

Puede observarse que el mayor porcentaje de consumidores respondieron que realizan sus compras en supermercados.

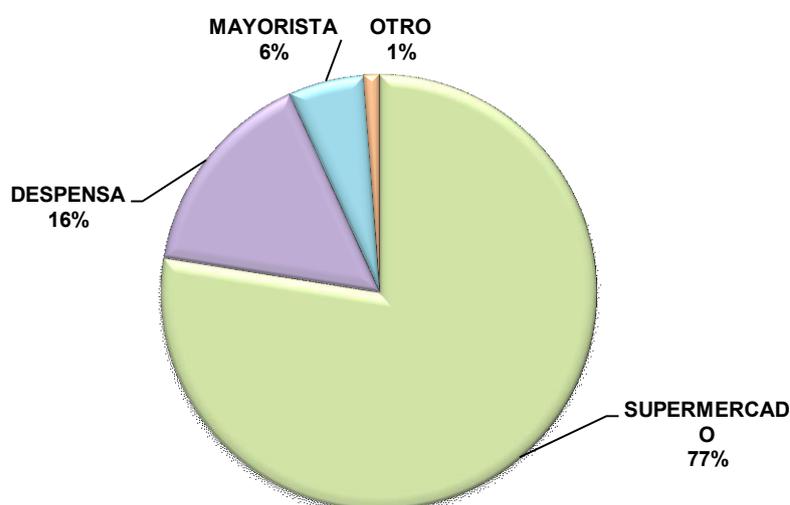


Figura 3.4. Comercio en el que los consumidores se realizan las compras con mayor frecuencia

A continuación se presentarán, por cada producto (leche entera en sachet, galletitas con cereales y aceite de girasol), los resultados obtenidos a partir de las preguntas:

¿Con qué frecuencia consume/compra los siguientes productos?

¿Cuál es la marca que compra con mayor frecuencia y de qué tamaño?

¿Cuánto envases consume en su casa por mes?

¿Para que utiliza este producto?

Leche fluida entera (sachet)

La mayor parte de los consumidores contestó que compra leche “1 vez por semana”, seguido por quienes los hacen “2 o 3 veces por semana” y “todos los días” (Figura 3.5).

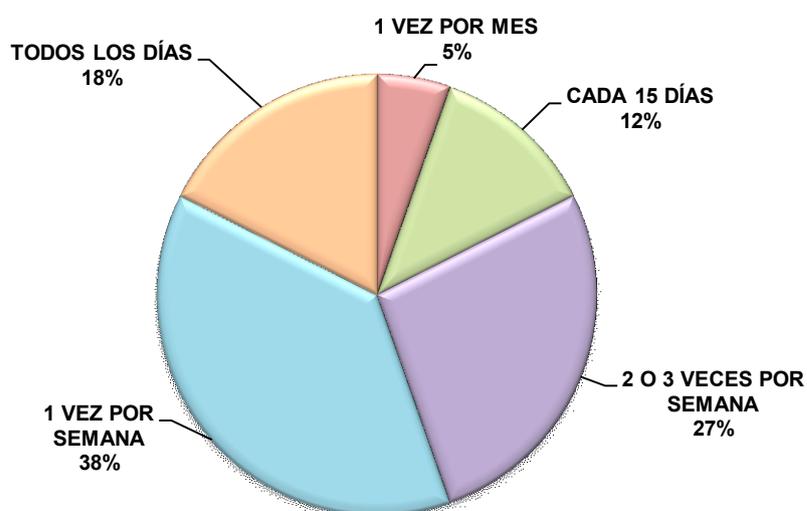


Figura 3. 5.Frecuencia de compra de leche entera en sachet

Lo observado tiene relación con la cantidad de envases consumidos al mes. Los mayores porcentajes se dieron para “de 1 a 5 envases” seguidos por “+ de 15” y “11 a 15” (Figura 3.6).

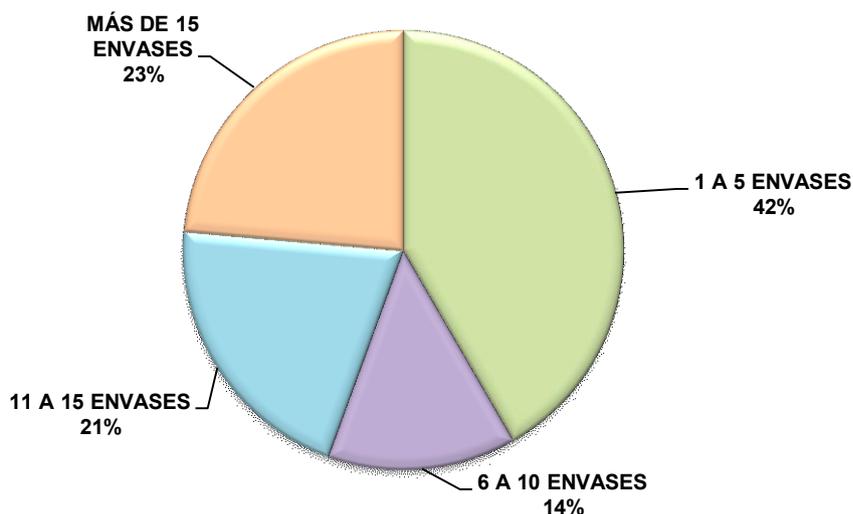


Figura 3.6. Envases de leche entera en sachet consumidos durante 1 mes

El tamaño de envase en todos los casos fue de 1 litro. La marca con mayor porcentaje de menciones fue “*La Serenísima*”, seguida por “*La suipachense*” (marca mencionada en la opción “otra”), ver Figura 3.7.

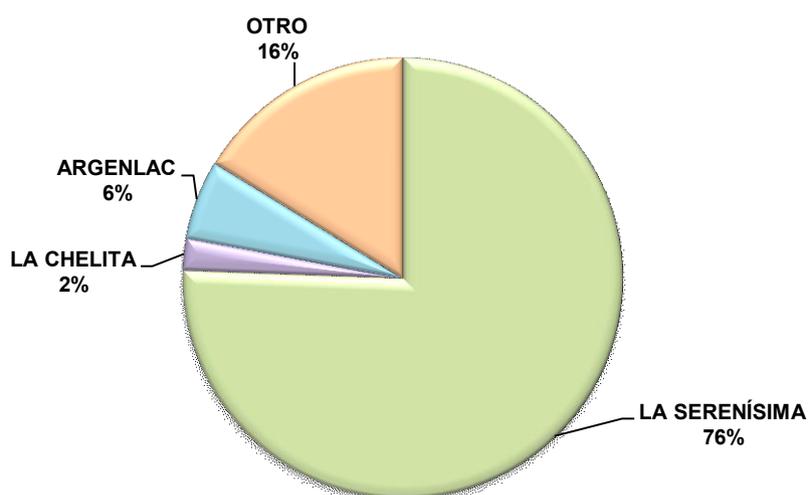


Figura 3.7. Marcas de leche entera en sachet más frecuentemente compradas por los consumidores

En cuanto a la pregunta en la que debían indicar para que utilizan el producto, las respuestas estuvieron divididas entre todas las opciones presentadas (Figura 3.8).

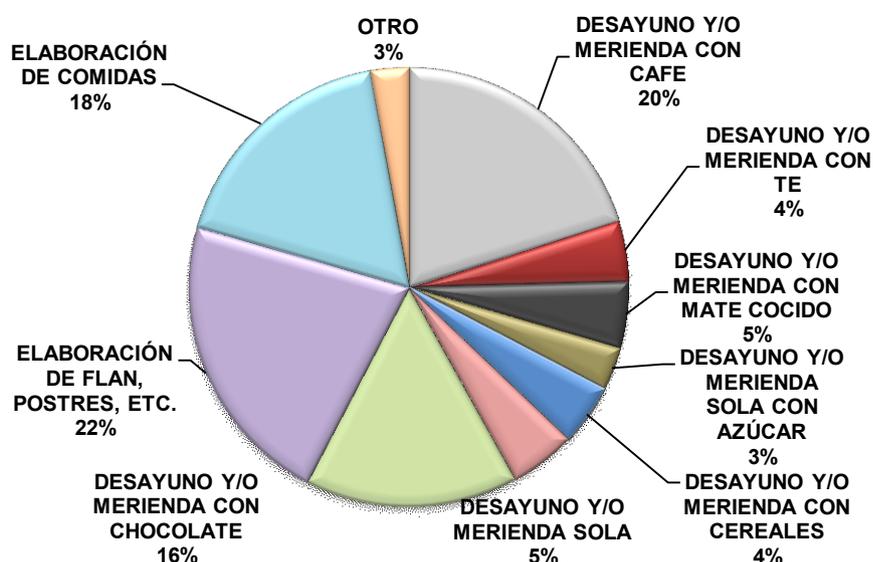


Figura 3.8. Para que utiliza el consumidor leche entera en sachet

Aceite de girasol

La mayor parte de los consumidores contestó que compra aceite de girasol “1 vez por mes”, seguido por quienes los hacen “cada 15 días” (Figura 3.9), lo que, a simple vista parece tener relación con la cantidad de envases consumidos durante un mes (“1 envase por mes”, seguido por “2 envases por mes”) y el tamaño de envase más utilizado (“900ml” y “1.5lt”), Figura 3.10 y Figura 3.11.

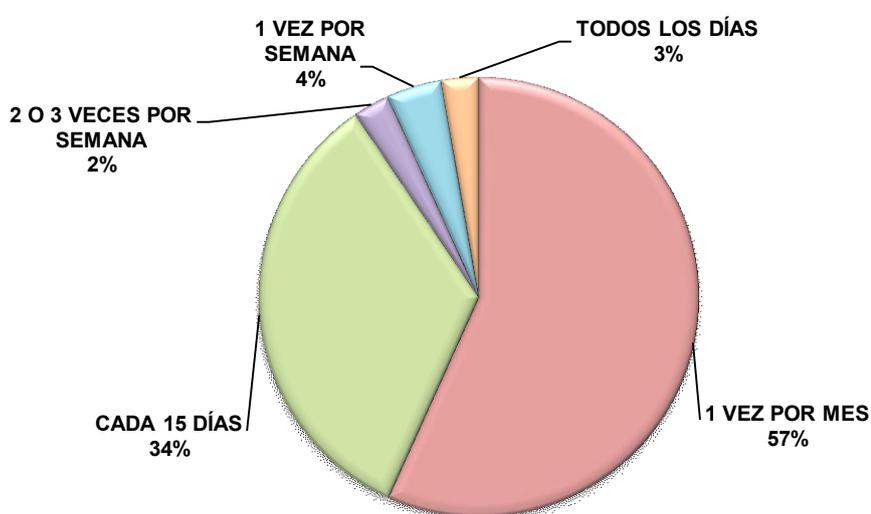


Figura 3.9. Frecuencia de compra de Aceite de Girasol

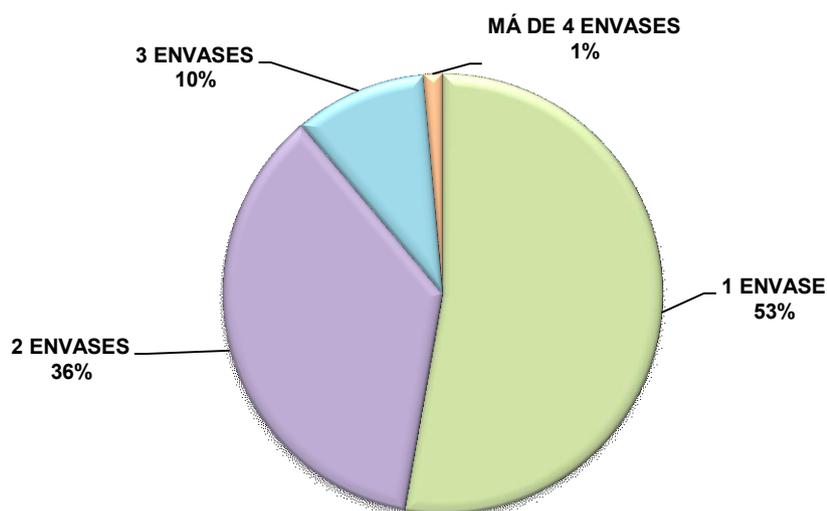


Figura 3.10. Envases de aceite de girasol consumidos durante 1 mes

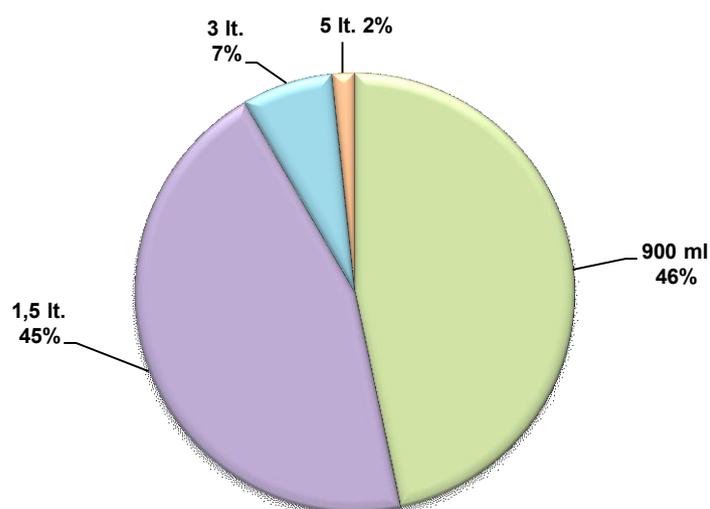


Figura 3.11. Tamaño de envases de aceite que los consumidores compran con mayor frecuencia

La marca más mencionada fue “*Natura*” (Figura 3.12), seguida por “*Cañuelas*” (marca mencionada en la opción “otra”).

En cuanto a la pregunta en la que debían indicar para que utilizan el producto, los mayores porcentajes estuvieron repartidos entre “frituras,” “ensaladas” y “comidas en general” (Figura 3.13).

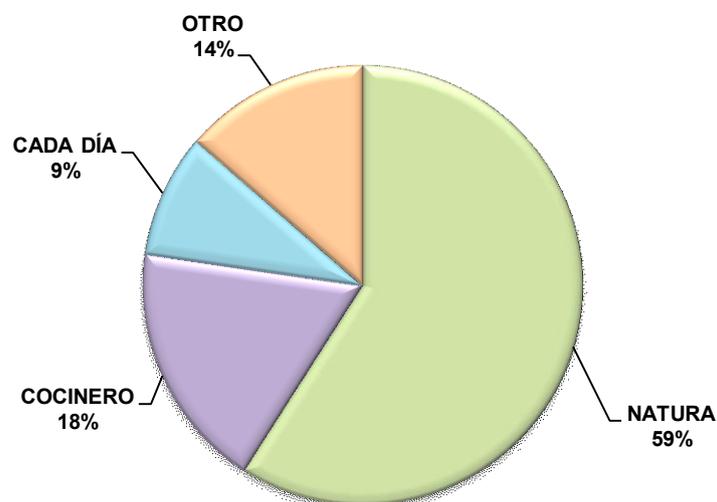


Figura 3.12. Marcas de aceite de girasol más frecuentemente compradas por los consumidores

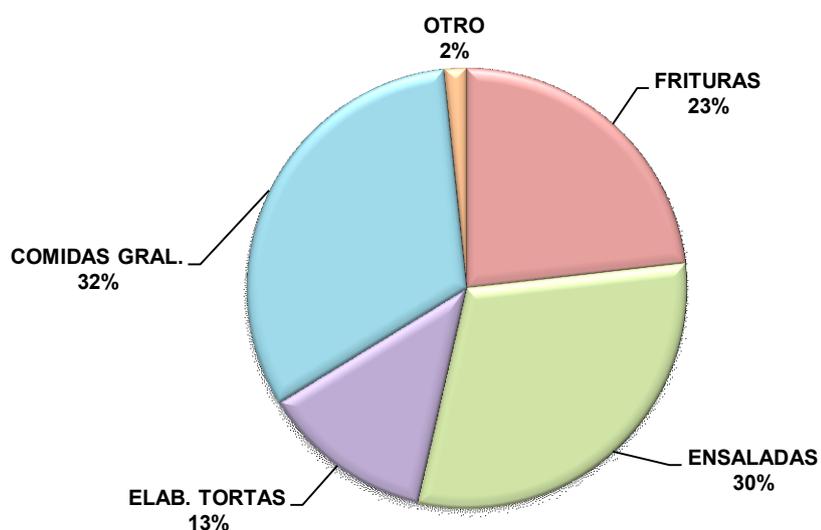


Figura 3.13. Para que utiliza el consumidor aceite de girasol

Galletitas con cereales

El mayor porcentaje de respuesta respecto de la frecuencia de compra de galletita fue “1 vez por semana”, seguido por “2 o 3 veces por semana” (Figura 3.14) y en cuanto a la cantidad de envases consumidor por mes, el mayor porcentaje respondió consumir entre “1 y 5 envases” (Figura 3.15.).

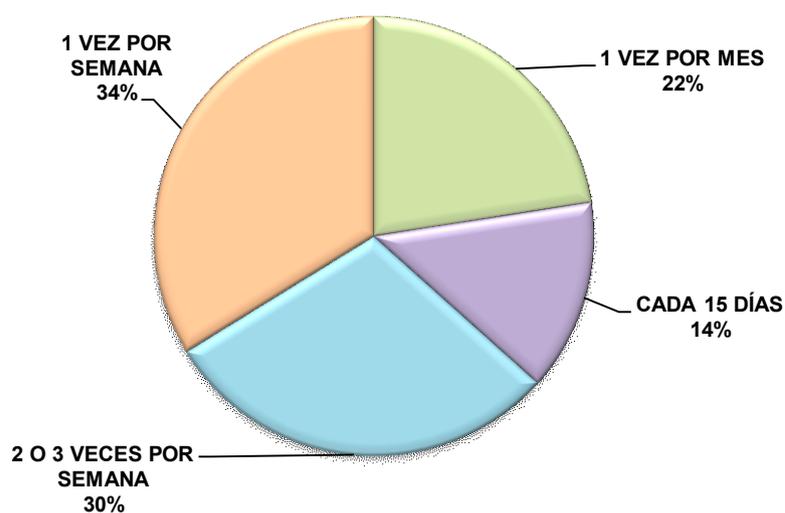


Figura 3.14. Frecuencia de compra de galletitas con cereales

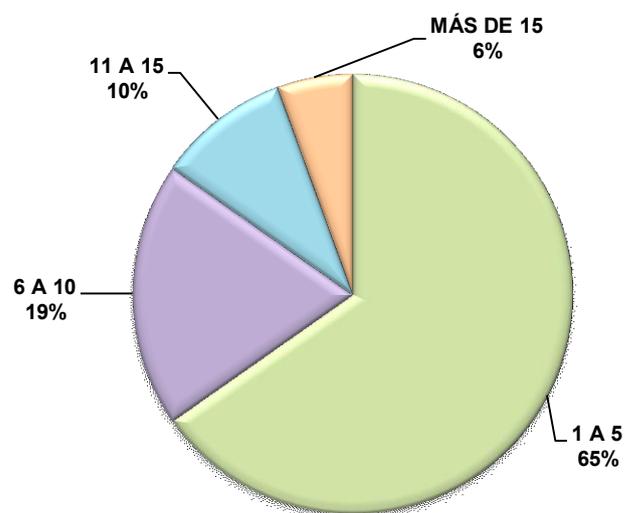


Figura 3.15. Envases de galletitas con cereales consumidos durante 1 mes

Los tamaños con mayor porcentaje de menciones estuvieron entre “186 y 260 gr” (Figura 3.16).

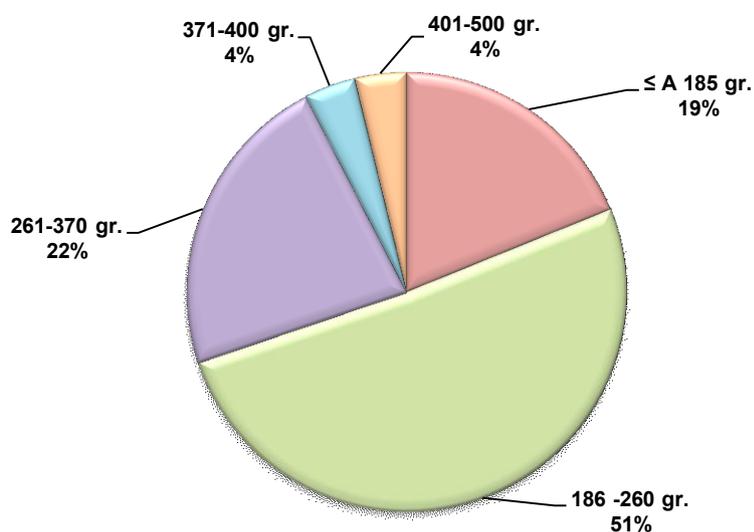


Figura 3.16. Tamaño de envases de galletitas con cereales que los consumidores compran con mayor frecuencia

La marca más consumida fue “Arcor” seguida por “Bagley” (Figura 3.17) y, en cuanto a para qué utilizan el producto, la mayoría respondió “para desayuno y/o merienda” (Figura 3.18).

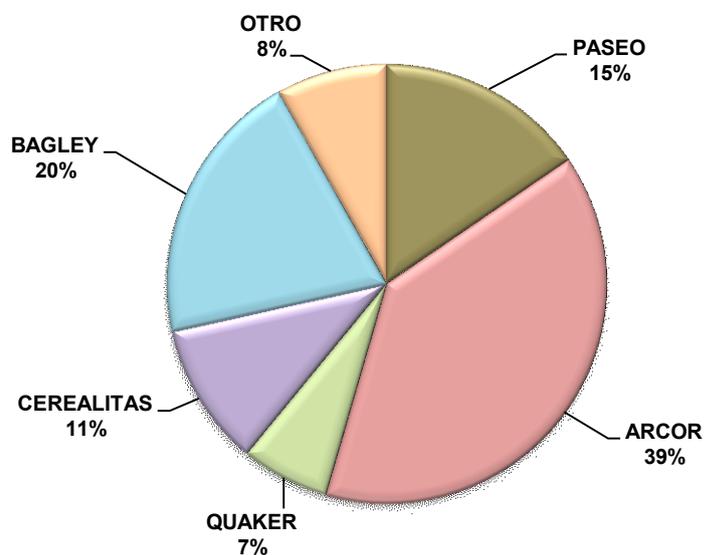


Figura 3.17. Marcas de galletitas con cereales más frecuentemente compradas por los consumidores

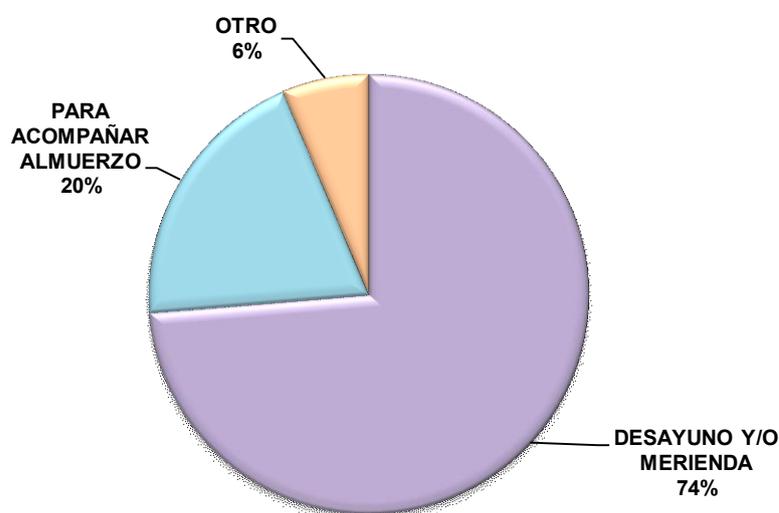


Figura 3.18. Para que utiliza el consumidor galletitas con cereales

3.5.1.2. Preguntas específicas sobre el consumo de los productos en estudio

Días entre la compra y la apertura del producto

De acuerdo a los datos registrados por los consumidores, el promedio de días que transcurren entre la fecha de compra y la de apertura de cada producto fue

- ✓ leche entera en sachet: 1 día
- ✓ aceite de girasol: 6 días
- ✓ galletitas con cereales: 3 días.

Tiempo entre la apertura y finalización del producto

✓ leche entera en sachet: el mayor porcentaje de consumidores registró el tiempo máximo entre la apertura y la finalización del producto entre 1 y 3 días. (Figura 3.19).

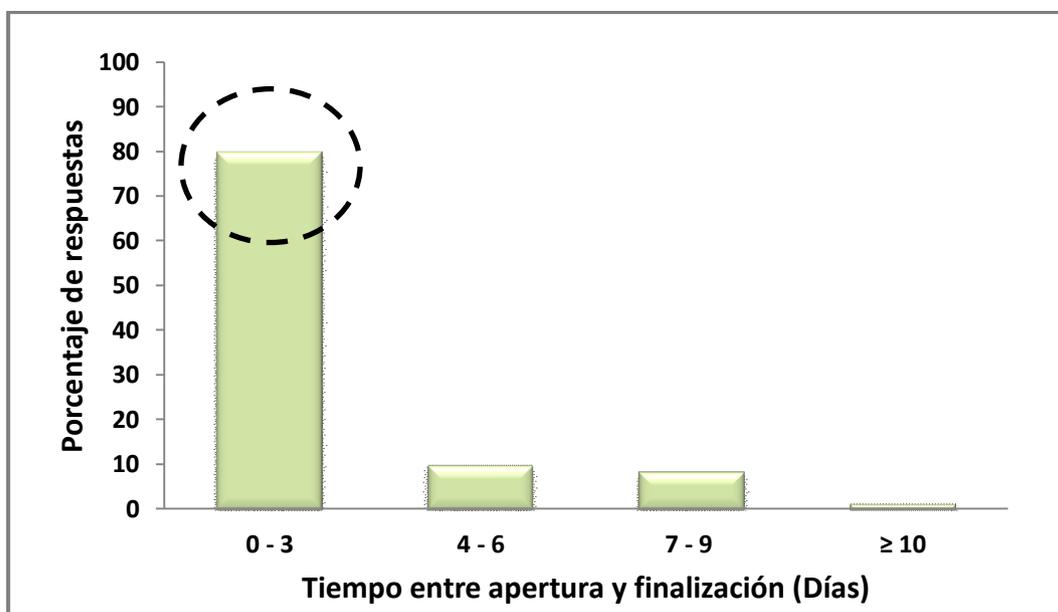


Figura 3.19. Tiempo entre apertura y finalización de un envase de leche

✓ aceite de girasol: el tiempo estuvo entre 11 y 30 días. (Figura 3.20)

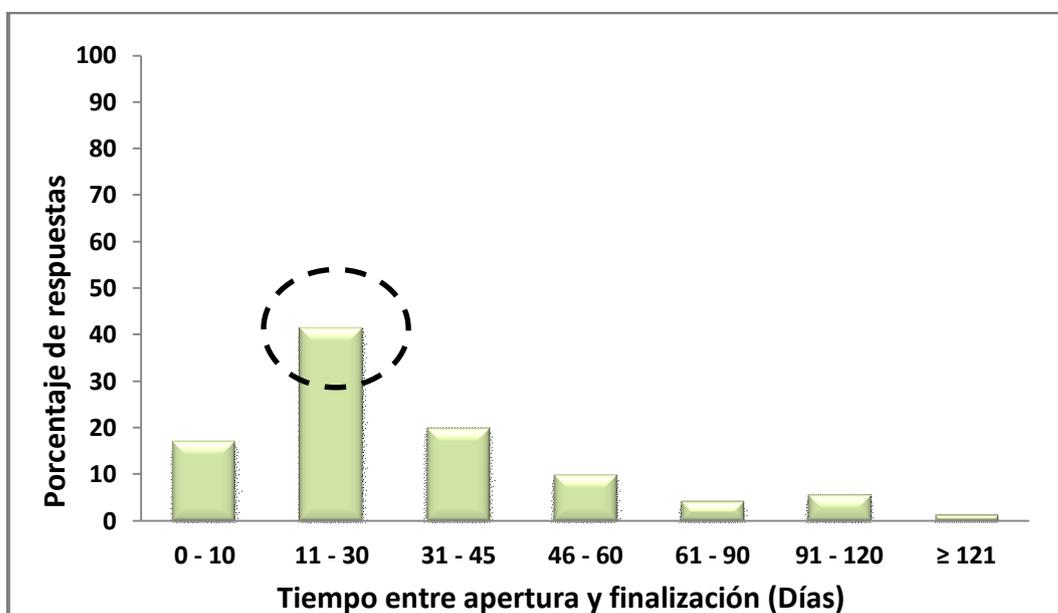


Figura 3.20. Tiempo entre apertura y finalización de un envase de aceite

✓ galletitas con cereales: el mayor porcentaje de consumidores registró finalizar el producto el mismo día de la apertura. (Figura 3.21)

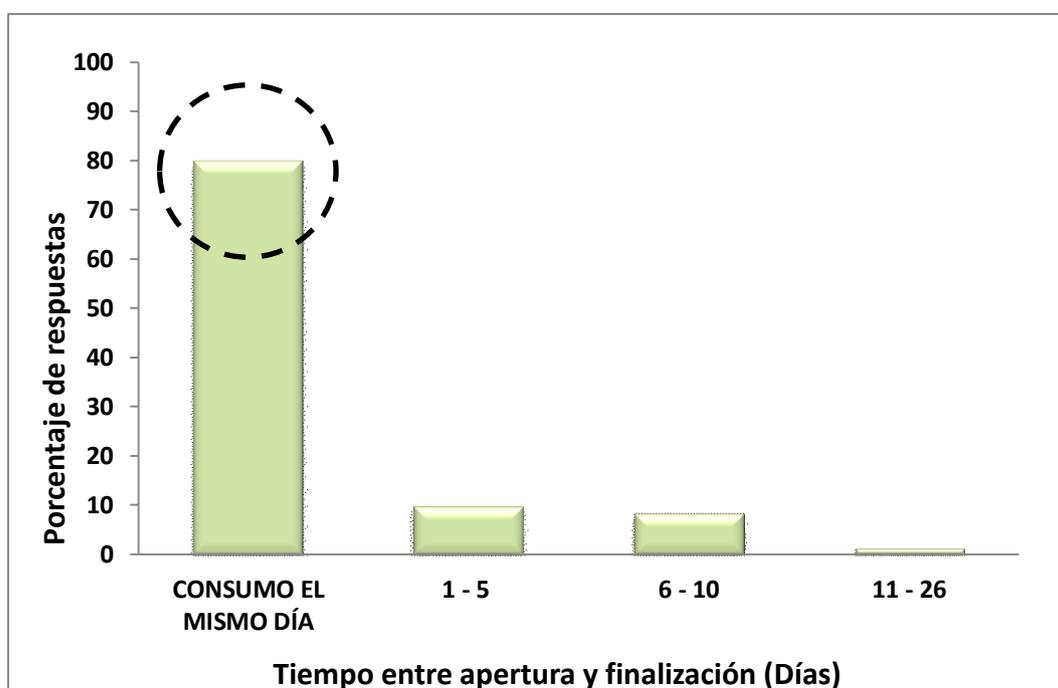


Figura 3.21. Tiempo entre apertura y finalización de un envase de galletitas

Lugar de almacenamiento antes de la apertura, forma y lugar de almacenamiento luego de la apertura

✓ leche entera en sachet: la mayoría de los consumidores indicaron guardar el producto en su envase original, en heladera, antes y después de la apertura.

✓ aceite de girasol: la mayoría de los consumidores indicaron guardar el producto en su envase original, en alacena o bajo mesada antes y después de la apertura.

✓ galletitas con cereales: la mayoría de los consumidores indicaron guardar el producto en su envase original o en otro envase (por ejemplo, recipiente de plástico), en alacena o bajo mesada antes y después de la apertura.

3.5.2. Objetivo particular: Determinar la vida útil sensorial secundaria (VUSs) de los alimentos investigados mediante las encuestas realizadas en el hogar.

De acuerdo a lo desarrollado por Nicoli y Calligaris (2018) existe una amplia variedad de alimentos con actividad de agua inferior a 0,6, entre los que se encuentran dos de los estudiados en este trabajo (galletitas y aceite de girasol) cuyo consumo o uso después de la apertura del envase se extiende durante un

período de tiempo significativo, ya que generalmente no afectan la seguridad de los alimentos, pero sí la calidad de los mismos. En estos casos, el envasado de alimentos representa una barrera física para proteger los alimentos de las tensiones ambientales, como los gaseosos (por ejemplo, el agua y el oxígeno) o la luz. Los problemas de calidad que surgen después de la apertura del envase están relacionados principalmente con los cambios en la composición de la atmósfera, lo que lleva a la entrada de oxígeno y / o humedad. Además, el escape de compuestos volátiles podría conducir a un agotamiento progresivo del perfil de sabor del producto. Estos eventos finalmente causan el rechazo durante el uso y la conversión de los alimentos abiertos en desechos. La información sobre la VUs generalmente no está disponible en la etiqueta de alimentos de VU media y larga.

3.5.2.1. Aceite de girasol

No se encontraron diferencias significativas cuando se evaluó la VUSs de aceite de girasol por aroma y por sabor, es decir el covariable atributo evaluado (aroma/sabor) no fue significativa, dando un valor de $p= 69\%$.

Los datos fueron ajustados utilizando la distribución lognormal, obteniéndose los siguientes parámetros: $\mu= 5.43$; $\sigma= 0.25$

La Figura 3.22 muestra la curva de rechazo en función del tiempo de almacenamiento.

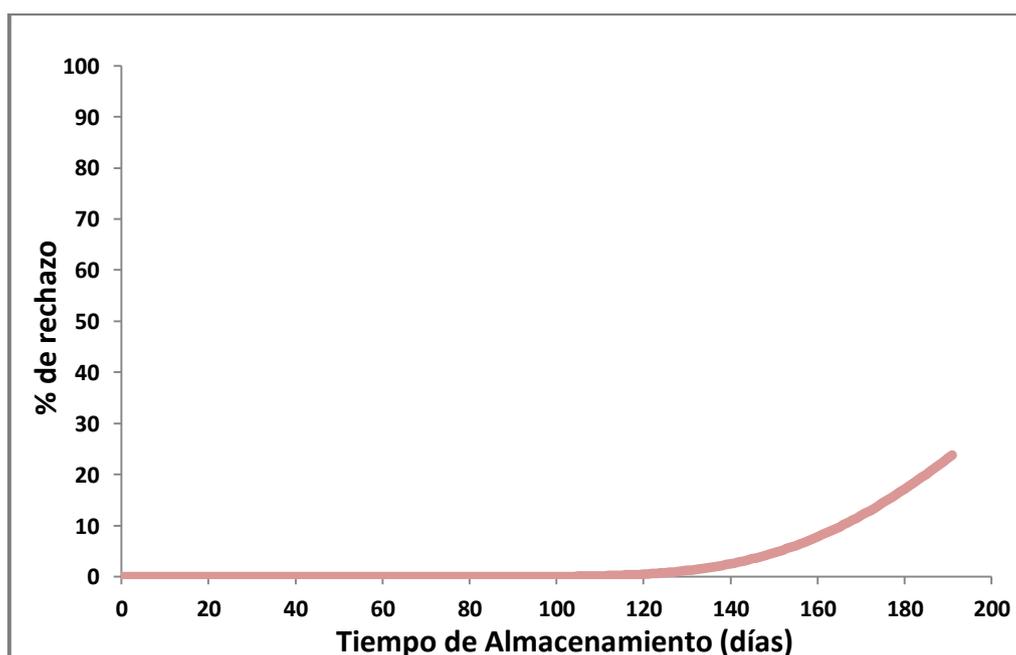


Figura 3.22. Porcentaje de rechazo versus tiempo de almacenamiento de Aceite de Girasol

De acuerdo a la revisión de la literatura actual realizada por los autores antes mencionados, la presencia de oxígeno en el paquete/envase después de la apertura podría acelerar enormemente el desarrollo de reacciones oxidativas, provocando la formación de sabores y / o colores indeseables, haciendo que sea menos aceptables para los consumidores. Además de la reducción de la calidad, las reacciones oxidativas causan la pérdida de la actividad biológica de las moléculas bioactivas lipofílicas (por ejemplo, carotenoides, α -tocoferol, fitoesteroles y ácidos grasos poliinsaturados) que pueden estar presentes de forma natural o incorporarse voluntariamente en un alimento. Por último, y aún más importante, pueden causar la formación de compuestos tóxicos.

En este estudio no se pudo determinar el valor exacto de VUSs debido a que el valor de porcentaje de rechazo estipulado (50%) no interceptó la curva en los tiempos experimentales ensayados.

3.5.2.2. Galletitas con cereales

Los datos fueron ajustados utilizando la distribución lognormal, obteniéndose los siguientes parámetros: $\mu = 3.8$; $\sigma = 0.49$. Con estos valores, se construyó la curva de rechazo en función del tiempo de almacenamiento (Figura 3.23).

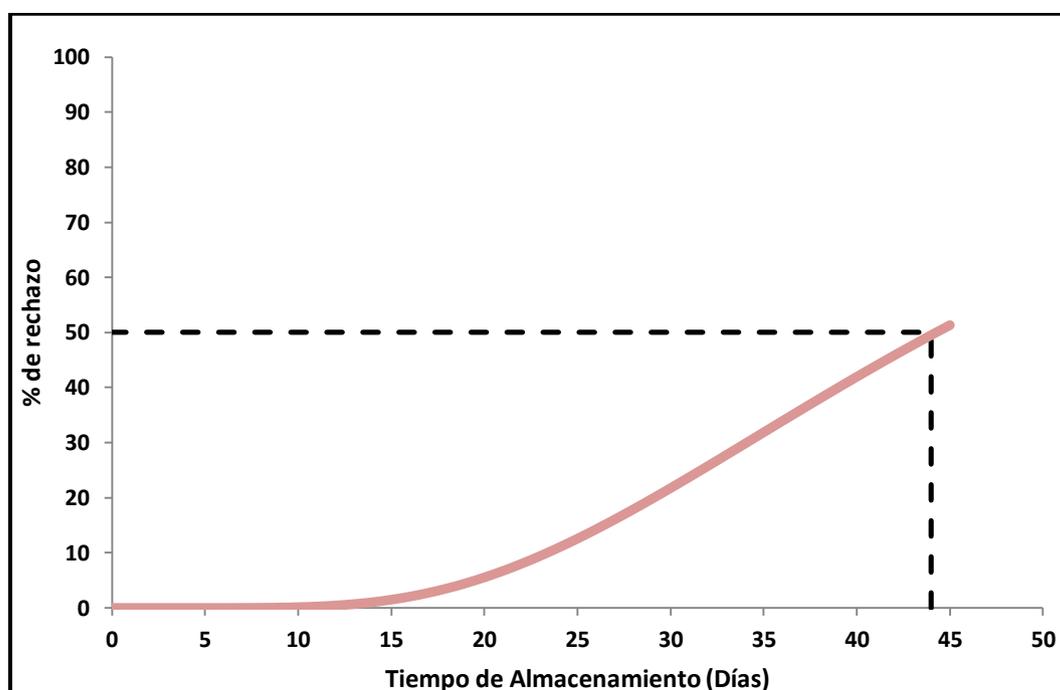


Figura 3.23. Porcentaje de rechazo versus tiempo de almacenamiento de Galletitas con cereales

En el caso de alimentos secos de vida útil media como son las galletitas, los cambios en el contenido de humedad durante el almacenamiento del producto podrían inducir cambios en la estructura física de las macromoléculas, como el almidón, las proteínas y los hidrocoloides, lo que lleva a la inaceptabilidad del producto final. En este estudio, el tiempo de VUSs considerando un 50% de rechazo, resultó 44 ± 3 días.

3.5.2.3. Leche entera en sachet

Los datos fueron ajustados utilizando el modelo de Weibull, obteniéndose los siguientes parámetros: μ 3.59 y $\sigma=0.38$. Con éstos, se construyó la curva de rechazo en función del tiempo de almacenamiento (Figura 3.24).

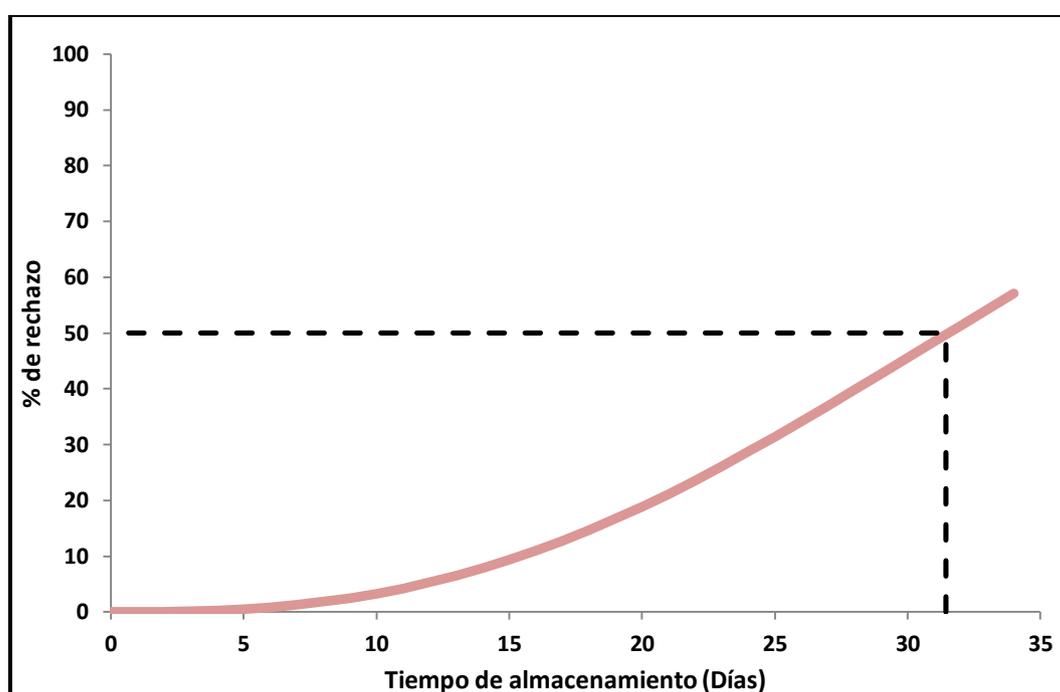


Figura 3.24. Porcentaje de rechazo versus tiempo de almacenamiento de Leche entera en sachet.

La leche entera en sachet es un alimento de los cuales después de la apertura del envase podrían sufrir deterioro microbiológico, motivo por el cual los problemas de seguridad pueden ser la preocupación. La mayoría de estos, contiene indicación en su envase respecto del límite de tiempo para el consumo. En el caso de leche entera en sachet la indicación en su envase es que debe consumirse dentro de los 3 días posteriores a la apertura del envase. Lo que quiere decir que, si se produce una contaminación inesperada después

de la apertura, 2–3 días en condiciones de refrigeración es un tiempo suficientemente corto para garantizar que el deterioro no causará problemas de salud a los consumidores. De acuerdo a Nicoli y Calligaris (2018), en la literatura, no hay ejemplos de VUs afectada por el deterioro microbiano determinada experimentalmente

En este estudio el tiempo de VUSs para leche entera en sachet considerando un 50% de rechazo fue 31 ± 2 días. Si bien 31 días no está dentro de los tiempos experimentales ensayados, el intervalo de confianza inferior (29 días) si lo está.

En próximos estudios podría pensarse en estudiar la influencia de factores como la marca, el tipo (entera y descremada), envase (sachet, caja, etc.), tratamiento (pasteurizada, ultra pasteurizada, etc.), entre otras variables, sobre la VUSs.

3.6. Conclusiones

✓ En este estudio, no fue posible determinar la VUSs de aceite de girasol debido a que el valor de porcentaje de rechazo estipulado (50%) no interceptó la curva en los tiempos experimentales ensayados, lo que indica que el consumidor sensorialmente no rechazará el producto abierto en un tiempo inferior a 200 días. A pesar de este resultado, no hubo en el hogar, ningún consumidor de los entrevistados que utilizara un aceite en un tiempo superior al ensayado, incluso el mayor tiempo luego de la apertura se encontró muy por debajo de los 200 días. En este contexto, se concluye que si bien, aparentemente los consumidores finalizan los envases de aceite de girasol en tiempos menores a los cuales empiezan a aparecer los cambios en el producto, sería necesaria la indicación por parte del fabricante acerca de la VUs. Además, la estimación de la misma debería realizarse considerando tanto parámetros sensoriales como físico-químicos.

✓ En el caso de galletitas con cereales la VUSs estuvo muy por encima del tiempo en el que la mayoría de los consumidores indicaron finalizar el producto abierto. Sería interesante para el fabricante establecer una indicación quizás incluyendo el tiempo y la mejor forma de almacenamiento luego de la apertura, en el cual el producto se mantiene aceptable.

✓ La VUSs de leche entera en sachet, resultó estar bastante por encima de las recomendaciones de la industria, incluso muy cercana a la fecha de vencimiento. Sin embargo, a pesar de que, sin contar con información sobre las muestras, los consumidores no rechazan un producto cuyo envase estuvo abierto más de 3 días, esto no se repite en los hogares, en donde este dato si es conocido. El mayor porcentaje de consumidores registró en su hogar un tiempo máximo entre la apertura y la finalización del producto entre 1 y 3 días, lo que podría deberse a que más allá de la cuestión sensorial, tienen en cuenta las recomendaciones, aún sin estar seguros de si el producto está o no en condiciones de ser consumido.

4. Bibliografía

Anese M, Manzocco, L. y Nicoli, M.C. (2006). Modeling secondary shelf life of ground roasted coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, (15), 5571–5576. DOI: 10.1021/jf060204k

Ares, G., Deliza, R., Barreiro, C., Giménez, A., y Gámbaro, A. (2010). Comparison of two sensory profiling techniques based on consumer perception. *Food Quality and Preference*, 21(4), 417-426. DOI: 10.1016/j.foodqual.2009.10.006

Ares, G., Giménez, A. y Gámbaro, A. (2008). Sensory shelf life estimation of minimally processed lettuce considering two stages of consumers` decision-making process. *ScienceDirect*: 50, 529-535. DOI: 10.1016/j.appet.2007.11.002

Arrhenius, S.A. (1901). *Larobok I Teoretisk Elektrokemi, Quando & Handel*: Leipzig, 1901.

Bello Acebrón, L. y Calvo Dopico, D. (2000). The importance of intrinsic and extrinsic cues to expected and experienced quality: An empirical application for beef. *Food Quality and Preference*, 11, 229-238. DOI: 10.1016/S0950-3293(99)00059-2

Benkovi´c, M. y Jurinjak Tušek, A. (2018). Regression Models for Description of Roasted Ground Coffee Powder Color Change during Secondary Shelf-Life as Related to Storage Conditions and Packaging Material. *Beverages*, 4, 16; DOI: 10.3390/beverages4010016

Bishop, J. R. y White, C. H. (1986). Assessment of dairy product quality and potential shelf-life — A review. *Journal of Food Protection*, 49, 739-753.

Bisogni, C. A., Falk, L. W., Madore, E., Blake, C. E., Jastran, M., Sobal, J., y colaboradores. (2007). Dimensions of everyday eating and drinking episodes. *Appetite*, 48(2), 218-231. DOI: 10.1016/j.appet.2006.09.004

Boonchiangma, S., Chanthai, S., Srijaranai, S. y Srijaranai, S. (2011) Chemical compositions and non-enzymatic browning compounds of Thai honey: A kinetic study. *Journal of Food Process Engineering*, 34, 1584-1596. DOI: 10.1111/j.1745-4530.2009.00539.x

Boutrolle, I., Arranz, D., Rogeaux, M., y Delarue, J. (2005). Comparing central location test and home use test results: Application of a new criterion. *Food Quality and Preference*, 16 (8), 704–713. DOI: 10.1016/j.foodqual.2006.06.003

Boutrolle, I., Delarue, J., Arranz, D., Rogeaux, M. y Kôster, E.P. (2007). Central location test vs. home use test: Contrasting results depending on product type. *Food Quality and Preference*, 18, 704–713. DOI: 10.1016/j.foodqual.2006.06.003

Braddock, R. J., Temelli, F., y Cadwallader, K. R. (1986). Citrus essential oils - a dossier for material safety data sheets. *Food Technology*, 40(11), 114–116.

Calligaris, S., Manzocco, L., Anese, M., y Nicoli, M. C. (2016). Shelf-life assessment of food undergoing oxidation—a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56, 1903–1912. DOI: 10.1080/10408398.2013.807222

Calvin, L. D., y Sather, L. A. (1959). A comparison of student preference panels with a household consumer panel. *Food Technology*, 13, 469–472. DOI: 10.1111/j.1745-459X.1988.tb00427.x

Cardelli, C. y Labuza, T. P. 2001. Application of Weibull hazard analysis to the determination of the shelf life of roasted and ground coffee. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 34 (5), 273-278. DOI: 10.1006/fstl.2000.0732

Carrillo, E., Varela, P. y Fiszman, S. M. (2012a). Effects of food package information and sensory characteristics on the perception of healthiness and the acceptability of enriched biscuits. *Food Research International*, 48, 209-216. DOI: 10.1016/j.foodres.2012.03.016

Carrillo, E., Varela, P. y Fiszman, S. M. (2012b). Packaging information as a modulator of consumers' perception of enriched and reduced-calorie biscuits in tasting and nontasting tests. *Food Quality and Preference*, 25, 105-115. DOI: 10.1016/j.foodqual.2016.03.015

Cesa, S., Casadei, M.A., Cerreto, F. y Paolicelli, P. (2015). Infant milk formulas: effect of storage conditions on the stability of powdered products towards autoxidation. *Foods*, 4, (3), 487–500. DOI: 10.3390/foods4030487

Daillant-Spinnler, B., y Issanchou, S. (1995). Influence of label and location of testing on acceptability of cream cheese varying in fat content. *Appetite*, 24(2), 101–105. DOI: 10.1016/S0195-6663(95)99313-4

Derossi, A., Mastrandrea, L., Amodio, M. L., de Chiara, M. L. V. y Colelli, G. (2016). Application of multivariate accelerated test for the shelf life estimation of fresh-cut lettuce. *Journal of Food Engineering*, 169, 122-130. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2015.08.010

Duyvesteyn, W. S., Shimoni, E. y Labuza, T. P. (2001). Determination of the end of shelf-life for milk using Weibull hazard method. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 34 (3), 143-148. DOI: 10.1006/fstl.2000.0736

Enneking, U., Neumann, C. y Henneberg, S. (2007). How important intrinsic and extrinsic product attributes affect purchase decision. *Food Quality and Preference*, 18, 133-138. DOI: 10.1016/j.foodqual.2005.09.008

Espejo, F., y Armada, S. (2014). Colour changes in brandy spirits induced by lightemitting diode irradiation and different temperature levels. *Food Bioprocess Technology*, 7, 2595–2609. DOI: 10.1007/s11947-014-1271-4

Farr-Wharton, G., Forth, M. y Choi, J.H. (2014). Identifying factors that promote consumer behaviours causing expired domestic food waste. *Journal of Consumer Behaviour* 13(6):393–402. doi:<https://doi.org/10.1002/cb.1488>

Fu, Y., Lim, L.T. y McNicholas, P.D. (2009). Changes on enological parameters of white wine packaged in bax-in-box during secondary shelf life. *Journal of Food Science*, 74, (8), 608–C618. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2009.01316.x

Gacula, M. C., y Singh, J. (1984). *Statistical methods in food and consumer research*. New York: Academic Press.

Gámbaro, A., Giménez, A., Ares, G., y Gilardi, V. (2006). Influence of enzymes on the texture of Brown pan bread. *Journal of Texture Studies*, 37, 300-314. DOI: 10.1111/j.1745-4603.2006.00053.x

Gardiner, J., Luo, Z., y Roman, L. (2009). Fixed effects, random effects and GEE: What are the differences? *Statistics in Medicine*, 28, 221–239. DOI: 10.1002/sim.3478

Garitta, L., Hough, G., y Sánchez, R. (2004). Sensory shelf life of dulce de leche. *Journal of Dairy Science*, 87, 1601–1607. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73314-7

Garitta, L., Langohr, K., Gómez, G., Hough, G., y Beeren, C. (2015). Sensory cut-off point obtained from survival analysis statistics. *Food Quality and Preference*, 43, 135–140. DOI: 10.1016/j.foodqual.2015.02.012

Garitta, L., Serrat, C., Hough, G. and Curia, A. (2006). Determination of Optimum Concentrations of a Food Ingredient Using Survival Analysis Statistics. *Journal Food Science*, 71, 526-532. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2006.00107.x

Garrido-Delgado, R., Mar Dobao-Prieto, M., Arce, L., Aguilar, J., Cumplido, J.L. y Valcarce, I.M. (2015). Ion mobility spectrometry versus classical physico-chemical analysis for assessing the shelf life of extra virgin olive oil according to container type and storage conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, (8), 2179–2188. DOI: 10.1021/jf505415fjlr.M026179

Giménez, A., Ares, F. y Ares, G. (2012). Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. *Food Research International*, 49, 311-325. DOI: 10.1016/j.foodres.2012.07.008

Giménez, A., Ares, G. y Gámbaro, A. (2008). Survival analysis to estimate sensory shelf life using acceptability scores. *Journal of Sensory Studies*, 23, 571-582. DOI: 10.1111/j.1745-459X.2008.00173.x

Gómez, G., y Langohr, K. (2003). Análisis de Supervivencia. Apuntes del curso de la Licenciatura en Ciencias y Técnicas Estadísticas de la Facultad de Matemàtiques I Estadística. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Harcar, T. y Karakaya, F. (2005). A cross-cultural exploration of attitudes toward product expiration dates. *Psychology y Marketing*, 22, 353-371. DOI: 10.1002/mar.20063

Hardin, J., y Hilbe, J. (2013). *Generalized estimating equations (2nd Ed.)*. Boca Raton, Florida, EEUU: CRC Press, Taylor and Francis Group.

Hersleth, M., Mevik, B.H., Næs, T., y Guinard, J.X. (2003). Effect of contextual factors on liking for wine – Use of robust design methodology. *Food Quality and Preference*, 18, 771-775. DOI: 10.1016/j.foodqual.2007.01.003

Hough, G. (2010). *Sensory shelf life estimation of food products*. Boca Raton, Florida, EEUU: CRC Press, Taylor and Francis Group.

Hough, G., Calle, M. L., Serrat, C., y Curia, A. (2007). Number of consumers necessary for shelf life estimations based on survival analysis statistics. *Food Quality and Preference*, 18, 771-775. DOI: 10.1016/j.foodqual.2007.01.003

Hough, G., Garitta, L. y Gómez, G. (2006). Sensory shelf-life predictions by survival analysis using accelerated storage models. *Food Quality Preference*, 17, 468-473. DOI: 10.1016/j.foodqual.2005.05.009

Hough, G., Garitta, L. y Sánchez, R. (2004). Determination of consumer acceptance limits to sensory defects using survival analysis. *Food Quality and Preference*, 15, 729-734. DOI: 10.1016/j.foodqual.2004.02.006

Hough, G., Langohr, K., Gómez, G. y Curia, A. (2003). Analysis applied to sensory shelf-life of foods. *Journal of Food Science*, 68 (1), 359-362. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2003.tb14165.x

Hough, G., Puglieso, M. L., Sánchez, R. y Mendes da Silva, O. (1999). Sensory and microbiological shelf-life of a comercial Ricotta cheese. *Journal of Dairy Science*, 82, 454-459. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75253-7

Hough, G. y Wittig, E. (2005). Introducción al análisis sensorial. En estimación de la vida útil sensorial de los alimentos, eds G. Hough y S. Fiszman. Madrid CYTED Program.

ISO 8586 2012 Sensory analysis - General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors.

ISO-13299 2003. "Sensory analysis. Methodology - General guidance for establishing a sensory profile".

Jaeger, S. y Rose, J. (2008). Stated choice experimentation, contextual influences and food choice: a case study. *Food Quality and Preference* 19: 539-564. DOI: 10.1016/j.foodqual.2008.02.005

Jensen, P. N., Sørensen, G., Engelsen, S. B., y Bertelsen, G. (2001). Evaluation of Quality Changes in Walnut Kernels (*Juglans regia* L.) by Vis/NIR Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5790–5796.

Jiang, L., Zheng, H., y Lu, H. (2014). Use of linear and Weibull functions to model ascorbic acid degradation in Chinese winter jujube during postharvest storage in light and dark conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38, 856–863. DOI: 10.1111/jfpp.12040

Karin, W., Annika, Å., y Anna, S. (2015). Exploring differences between central located test and home use test in a living lab context. *International Journal of Consumer Studies*, 39 (3), 230-238. DOI: 10.1111/ijcs.12171

King, S. C., Meiselman, H., Hottenstein, A., Work, T. y Cronk, V. (2007). The effects of contextual variables on food acceptability: A confirmatory study. *Food Quality and Preference*, 18 (1), 58-65. DOI: 10.1016/j.foodqual.2005.07.014

King, S. C., Weber, A. J., Meiselman, H. L. y Lv, N. (2004). The effect of meal situation, social interaction, physical environment and choice on food acceptability. *Food Quality and Preference*, 15(7-8), 645-653. DOI: 10.1016/j.foodqual.2004.04.010

Klein, J. P., y Moescheberger, M. L. (1997). *Survival analysis, techniques for censored and truncated data*. New York, EEUU: Springer-Verlag Inc.

Kleinbaum, D.G. (1996) *Survival analysis. Statistics in health sciences*. Springer-Verlag, New York.

Koncsek, A., Kruppai, L., Helyes, L., Bori, Z., y Daood, H. G. (2016). Storage stability of carotenoids in paprika from conventional, organic and frost-damaged spice red peppers as influenced by illumination and antioxidant supplementation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40, 453-462. DOI: 10.1111/jfpp.12623

Köster, E.P. (2009). Diversity in the determinants of food choice: A psychological perspective. *Food Quality y Preference*, 20, 70-82. DOI: 10.1016/j.foodqual.2007.11.002

Kozłowska, K., Jeruszka, M., Matuszewska, I., Roszkowski, W., Barylko-Pikielna, N., y Brzozowska, A. (2003). Hedonic tests in different locations as predictors of apple juice consumption at home in elderly and young subjects. *Food Quality and Preference*, 14(8), 653-661. DOI: 10.1016/S0950-3293(02)00207-0

Krichene, D., Allalout, A., Macebo-Campos, V., Salvador, M., Zarrouk, M. y Fregapane, G. (2010). Stability of virgin olive oil and behaviour of its natural antioxidants under medium temperature accelerated storage conditions. *Food Chemistry*, 121, (1), 171–177. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.12.026

Krichene, D., Salvador, M. y Fregapane, G. (2015). Stability of virgin olive oil phenolic compounds during long-term storage (18months) at temperatures of 5-50°C. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, (30), 6779–6786. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b02187

Labuza, T. (1982). *Shelf-life dating of foods*. Westport, Connecticut, EEUU: Food & Nutrition Press Inc.

Labuza, T.P. y Riboh, D. (1982). *Theory and Application of Arrhenius Kinetics to the Prediction of Nutrient Losses in Foods (Degradation, Keeping, Quality, Temperature, Quality Controls, Analysis, Models)*. *Food Technology*, 36, 66-74.

Langohr, K., G. Gómez, G. Hough (2013). Quantile estimation of the rejection distribution of food products integrating assessor values and interval-censored consumer data. *SORT*, 37 (2), 175-188.

Lareo, C., Ares, G., errand, L., Lema, P., Gámbaro, A. y Soubes, M. (2009). Influence of temperature on shelf life of butterhead lettuce leaves under passive modified atmosphere packaging. *Journal of Food Quality*, 32, 240-261. DOI: 10.1111/j.1745-4557.2009.00248.x

Lawless, H. T., y Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: principles and practices*. Springer Science y Business Media.

Lee, C.M. y Resurrecion, A.V. (2006). Predicting sensory attribute intensities and consumer acceptance of stored roasted peanuts using instrumental measurements. *Journal of Food Quality*, 29, (4), 319–338. DOI: 10.1111/j.1745-4557.2006.00076.x

Lee, D.H., Kang, B.S. y Park, H.J. (2011). Effect of oxygen on volatile and sensory characteristics of cabernet sauvignon during secondary shelf life. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, (21), 11657–11666. DOI: 10.1021/jf200759d

Lindsey, J. K. 1998. A study of interval censoring in parametric regression models. *Lifetime Data Analysis*. 4, 329-354. DOI: 10.1023/A:10096819

Lundhal, D. S. y McDaniel, M. R. 1988. The panelista effect – fixed or random? *Journal of Sensory Studies*. 3, 113-121. DOI: 10.1111/j.1745-459X.1988.tb00434.x

Manzocco, L. y Lagazio, C. (2009). Coffee brew shelf life modelling by integration of acceptability and quality data. *Food Quality and Preference*, 20, 24-29. DOI: 10.1016/j.foodqual.2008.06.005

Manzocco, L., Alongi, M., Sillani, S. y Nicoli, M.C. (2016). Technological and consumer strategies to tackle food wasting. *Food Engineer Review*, 8, (4), 457–467. doi: 10.1007/s12393-016-9149-z

Manzocco, L., Kravina, G., Calligaris, S., y Nicoli, M. C. (2008). Shelf life modeling of photosensitive food: The case of colored beverages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 5158–5164. DOI: 10.1021/jf800072u

Manzocco, L., Panozzo, A., y Calligaris, S. (2012). Accelerated shelf life testing (ASLT) of oils by light and temperature exploitation. *Journal of the American Oil Chemistry Society*, 89, 577–583. DOI: 10.1007/s11746-011-1958-x

Mattos, E., Norera, C. y Brandelli, A. (2003). Kinetics of pigment degradation in sliced cooked ham. *Journal of Muscle Foods* 14, 221-231. DOI: 10.1111/j.1745-4573.2003.tb00702.x

Meeker, W. Q. y Escobar, L. A. (1998). *Statistical methods for reliability data*. New York: John Wiley y Sons.

Meiselman, H. (2007). The impact of context and environment on consumer food choice. Chapter 3 in *Understanding Consumers of Food Products*. Cambridge, Inglaterra: Woodhead Publishing Limited. DOI: 10.1016/j.jbusres.2017.08.012

Meiselman, H. L. (1992). Methodology and theory in human eating research. *Appetite*, 19(1), 49–55. DOI: 10.1016/0195-6663(92)90235-X

Meiselman, H. L., Hirsch, E. S., y Popper, R. D. (1988). Sensory, hedonic and situational factors in food acceptance consumption. In D. M. H. Thomson (Ed.), *Food acceptability* (pp. 77–87). London: Elsevier.

Meiselman, H. L., Johnson, J. L., Reeve, W., y Crouch, J. E. (2000). Demonstrations of the influence of the eating environment on food acceptance. *Appetite*, 35, 231–237. DOI: 10.1006/appe.2000.0360

Meyners, M., Castura, J. y Carr, T. (2013). Existing and new approaches or the analysis of CATA data. *Food Quality and Preference*, 30, 309–319. DOI: 10.1016/j.foodqual.2013.06.010

Miller, P. G., Nair, J. H., y Harriman, A. J. (1955). A household and a laboratory type of panel for testing consumer preference. *Food Technology*, 9, 445–449.

Mucci, A., Hough, G y Ziliani, C. (2004) Factors that influence purchase intent and perceptions of genetically modified foods among Argentine consumers *Food Quality and Preference* 15, 559–567. DOI: 10.1016/j.foodqual.2004.02.004

Næs, T. y Langsrud, Ø. 1996. Fixed or random assessors in sensory profiling? *Food Quality and Preference*. 9 (3): 145-152.

Ng, M., Chaya, C. y Hort, J. (2013). Beyond liking: Comparing the measurement of emotional response using EsSense Profile and consumer defined check-all-that-apply methodologies. *Food Quality and Preference*, 28, 193–205. DOI: 10.1016/j.foodqual.2012.08.012

Nguyen, H., Campi, E. M., Roy Jackson, W., y Patti, A. F. (2009). Effect of oxidative deterioration on flavour and aroma components of lemon oil. *Food Chemistry*, 112, 388–393. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.05.090

Nicoli, M.C. y Calligaris, S. (2018). Secondary Shelf Life: an Underestimated Issue. *Food Engineering Reviews* 10, (2): 57-65. doi: 10.1007/s12393-018-9173-2

NicoliMC (2012) In: Nicoli MC (ed) Shelf life assessment of food. Boca Raton, CRC Press, Taylor & Francis Group. doi: 10.1201/b11871

O' Mahony, M. 1986. Sensory Evaluation of Food. Statistical Methods and Procedures. Nueva York, Estados Unidos: Marcel Dekker, Inc.

Pastor, M. V.; Costell, E.; Izquierdo, L. y Durán, L. 1996. Perfil descriptivo de néctares de melocotón. Evaluación de jueces y de atributos con el Análisis Procrustes Generalizado. *Food Science and Technology Internacional*. 2, 219-230.

Pedro, A. M. K., y Ferreira, M. M. C. (2006). Multivariate accelerated shelf-life testing: A novel approach for determining the shelf-life of foods. *Journal of Chemometrics*, 20, 76-83. DOI: 10.1002/cem.995 Preference, 14, 615–622. DOI: 10.1016/S0950-3293(02)00190-8

Ramírez, G., Hough, G., y Contarini, A. (2001). Influence of temperature and light exposure on sensory shelf life of a commercial sunflower oil. *Journal of Food Quality*, 24, 195–204.

Saldanha do Carmo, C., Pais, R., Simplicio, A.L., Mateus, M. y Duarte, C.M.M. (2017). Improvement of Aroma and Shelf-Life of Non-alcoholic Beverages Through Cyclodextrins-Limonene Inclusion Complexes. *Food and Bioprocess Technology*, 10 (7), 1297-1309. Doi: 10.1007/s11947-017-1897-0

Sawamura, M. (2004). Compositional changes in commercial lemon essential oil for aromatherapy. *International Journal of Aromatherapy*, 4(1), 27–36. DOI: 10.1016/j.ijat.2004.02.001

Shiboski, C. (1998). Generalized additive models for current status data. *Lifetime Data analysis*, 4, 29-50. DOI: 10.1023/A:1009652024999

Sosa, M., Martinez, C., Marquez, F., y Hough, G. (2008). Location and scale influence on sensory acceptability measurements among low-income consumers. *Journal of sensory studies*, 23 (5), 707-719. DOI: 10.1111/j.1745-459X.2008.00181.x

Steptoe, A., Pollard, T. y Wardle, J. (1995). Development of a measure of the motives underlying the selection of food: The food choice questionnaire. *Appetite*, 25, 267-284. DOI: 10.1006/appe.1995.0061

Stone, H. y Sidel, J. L. (2004). *Sensory evaluation practices*. London: Elsevier Academic Press.

Therneau, T. (2017). *A Package for Survival Analysis in S*. Version 2.41-3. URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/survival>.

5. ANEXO

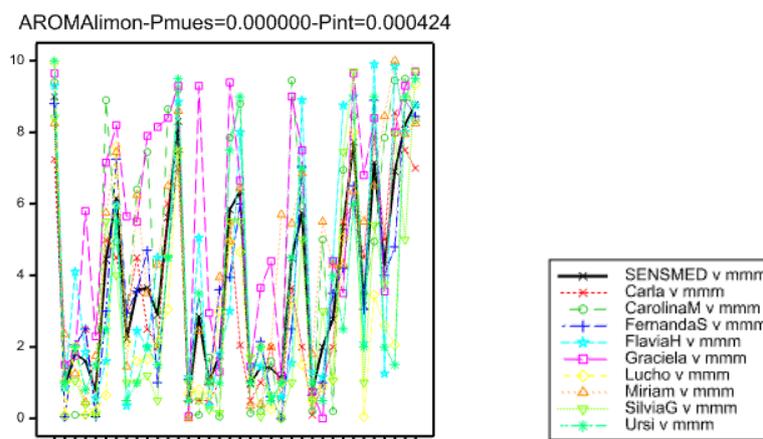
CAPÍTULO 2

Análisis de varianza

Monitoreo de evaluadores

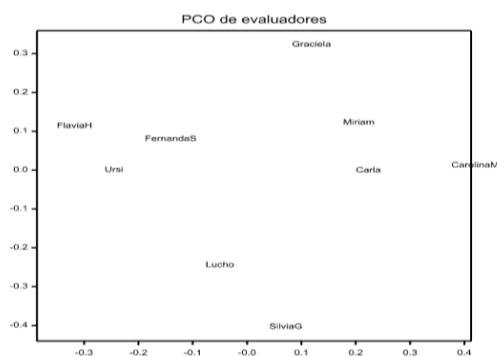
Consenso

Interacción evaluador x muestra. Se presenta un gráfico ejemplo para el descriptor aroma a limón

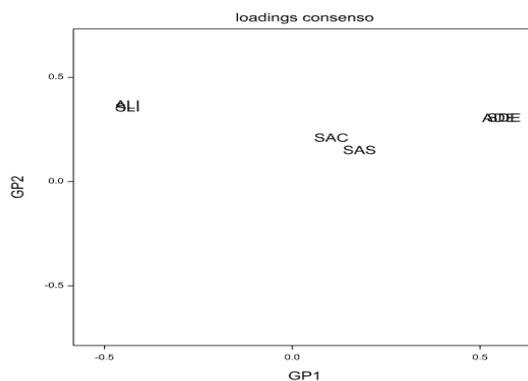


Análisis de procrustes generalizado (GPA)

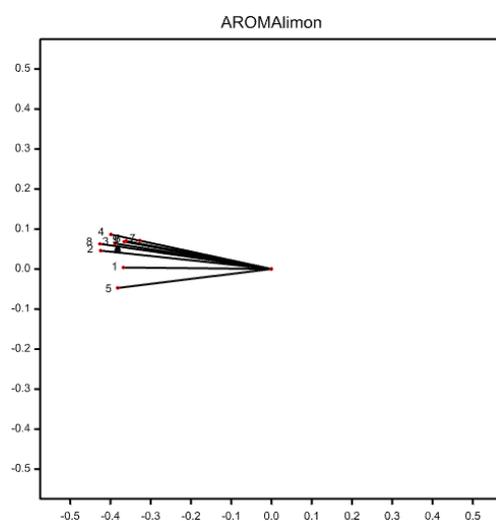
Gráfico de PCO (Comportamiento global de evaluadores)



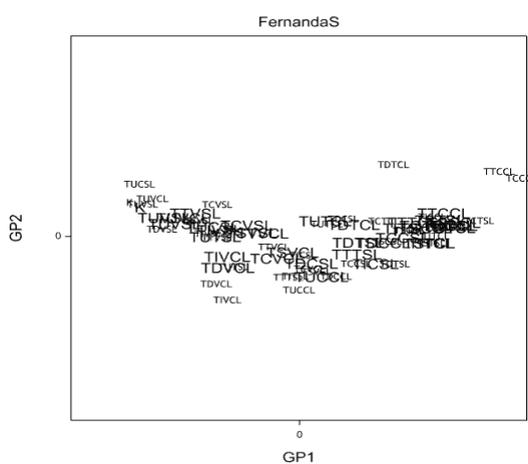
Porcentajes de variación



Loadings (arañas). Se presenta un gráfico ejemplo para el descriptor aroma a limón.



Repetibilidad del evaluador. Se presenta un gráfico ejemplo para uno de los evaluadores



Discriminación. Niveles de significación individuales

Se presenta a modo de ejemplo el nivel de discriminación de dos evaluadores para el descriptor aroma a limón

Evaluador	Aroma a limón
Carla	0.00639406198660908
Carolina M	2.07377337524406e-010

Comportamiento de los descriptores a través del tiempo de almacenamiento

Análisis de Varianza (ANDEVA). Se presenta una salida ejemplo para el descriptor aroma a limón

Modelo

Efecto al azar: Evaluador + Tiempo.Evaluador

Efecto fijo: Tiempo

Variate: AROMAlimon

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
EVALUA stratum	8	417.428	52.179	9.16	
EVALUA.TIEMPO stratum					
TIEMPO	35	4460.453	127.442	22.37	<.001
Residual	280	1595.010	5.696	1.47	
EVALUA.TIEMPO.*Units* stratum	324	1256.470	3.878		
Total	647	7729.360			

Tables of means

Variate: AROMAlimon

Grand mean 3.936

TIEMPO	K	T1 24 CL	T1 24 SL	T1 37 CL	T1 37 SL	T1 45 CL	T1 45 SL
	9.000	8.233	8.783	4.272	6.906	3.167	7.156
TIEMPO	T2 24 CL	T2 24 SL	T2 37 CL	T2 37 SL	T2 45 CL	T2 45 SL	T3 24 CL
	5.622	8.311	3.656	2.900	2.217	3.583	5.356
TIEMPO	T3 24 SL	T3 37 CL	T3 37 SL	T3 45 CL	T4 24 CL	T4 24 SL	T4 37 CL
	7.739	2.000	2.778	0.756	4.450	6.156	1.611
TIEMPO	T4 37 SL	T4 45 CL	T4 45 SL	T5 24 CL	T5 24 SL	T5 37 CL	T5 37 SL
	0.783	0.889	1.811	5.844	6.344	1.039	1.761
TIEMPO	T5 45 CL	T5 45 SL	T6 24 CL	T6 24 SL	T6 37 CL	T6 37 SL	T6 45 CL
	0.572	2.856	4.489	5.750	1.400	1.117	0.972
TIEMPO	T6 45 SL						
	1.433						

Least significant differences of means (5% level)

Table	TIEMPO
Rep.	18
d.f.	280
l.s.d.	1.5661

**Comportamiento de los descriptores considerando ambos factores de aceleración:
iluminación y temperatura**

Modelo completo/desplegado

Efecto al azar: Evaluador + Evaluador.Temp + Evaluador.Illumin + Evaluador.Temp.Tiempo +
Evaluador.Temp.Illumin – (Temp + Illumin + Temp.tiempo + Temp.Illumin + Temp.Tiempo.Illumin)

Efecto fijo: Temp + Illumin + Temp.tiempo + Temp.Illumin + Temp.Tiempo.Illumin

Analysis of variance

Variate: AROMA A LIMÓN

Source of variation	d.f.	(m.v.)	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
EVALUA stratum	8		193,595	24,199		
EVALUA.Temp stratum						
Temp	2		2358,465	1179,233	113,32	<.001
Residual	16		166,498	10,406		
EVALUA.Illumin stratum						
Illumin	1		214,631	214,631	15,59	0,004
Residual	8		110,109	13,764	2,9	
EVALUA.Temp.Tiempo stratum						
Temp.Tiempo	18		4382,48	243,471	44,52	<.001
Residual	144		787,495	5,469	127	
EVALUA.Temp.Illumin stratum						
Temp.Illumin	2		110,925	55,462	11,7	<.001
Residual	16		75,817	4,739	1,1	
EVALUA.Temp.Tiempo.Illumin stratum						
Temp.Tiempo.Illumin	17	-1	243,878	14,346	3,34	<.001
Residual	136	-8	584,214	4,296	2,56	
EVALUA.Temp.Tiempo.Illumin.*Units* stratum						
	369	-9	618,865	1,677		
Total	737	-18	9736,245			

Tables of means

Variate: ALI

Grand mean 4.494

Temp	24	37	45				
	6,992	3,248	3,243				
Illumin	CON	SIN	Illumin				
	3,961	5,027					
Temp	Tiempo	0	14	28	35	42	49
24		9					
37		9			6,117		
45		9	5,214	3,372		1,498	1,35
Temp	Tiempo	55	59	60	80	90	94
24						8,508	
37			2,339		1,797		1,197
45		1,061		1,203			
Temp	Tiempo	108	119	150	210	240	270
24				7,494	6,714	5,706	6,236
37		1,261	1,025				
Temp	Tiempo	300					
24		5,286					
Temp	Illumin	CON	SIN				
24		6,13	7,854				
37		3,252	3,244				
45		2,502	3,983				

Least significant differences of means (5% level)

Table	Temp	Ilumn	Temp	Temp
			Tiempo	Ilumn
rep.	252	378	36	126
l.s.d.	0,6092	0,6223	1,1586	0,8429
d.f.	16	8	131,12	25,66

Except when comparing means with the same level(s) of

Temp	1,0895	0,7355
d.f.	144	18,44
Ilumn		0,7101
d.f.		28,07

Gráficos de medias (fig. 2.11 a 2.14)

A continuación, se presentan los valores de MDS

Figura 2.31. Percepción sensorial versus tiempo de almacenamiento a 24°C con y sin iluminación.

Figura 2.32. Percepción sensorial versus tiempo de almacenamiento a 45°C con y sin iluminación.

MDS Aroma a Limón (con y sin iluminación): 1.6

MDS Aroma a Desinfectante (con y sin iluminación): 1.5

MDS Sabor a Limón (con y sin iluminación): 1.5

MDS Sabor a Desinfectante (con y sin iluminación): 1.4

MDS Sabor ácido (con y sin iluminación): 0.5

MDS Sabor astringente (con y sin iluminación): 0.6

Figura 2.33. Promedios obtenidos para el descriptor aroma a desinfectante, considerando la interacción temperatura x Iluminación.

MDS: 0.90

Figura 2.34. Promedios obtenidos para el descriptor sabor a limón, considerando la interacción temperatura x Iluminación.

MDS: 0.82

Intervalos de confianza de gráficos de regresión (fig. 2.17 a 2.20)

Figura 2.17. Aroma a limón a través del tiempo de almacenamiento para las condiciones: 24°C con y sin iluminación.

Figura 2.19. Vida útil sensorial (VUS) dada por el descriptor aroma a limón.

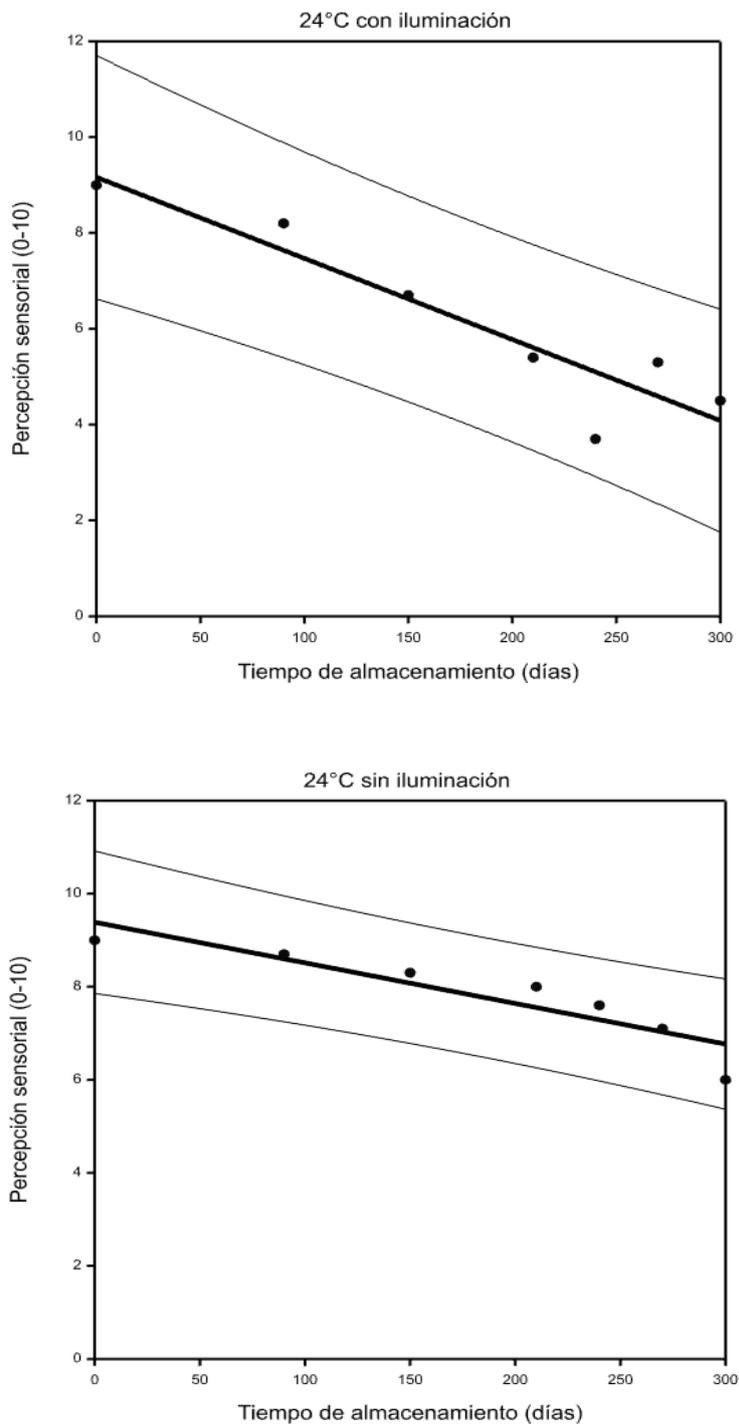
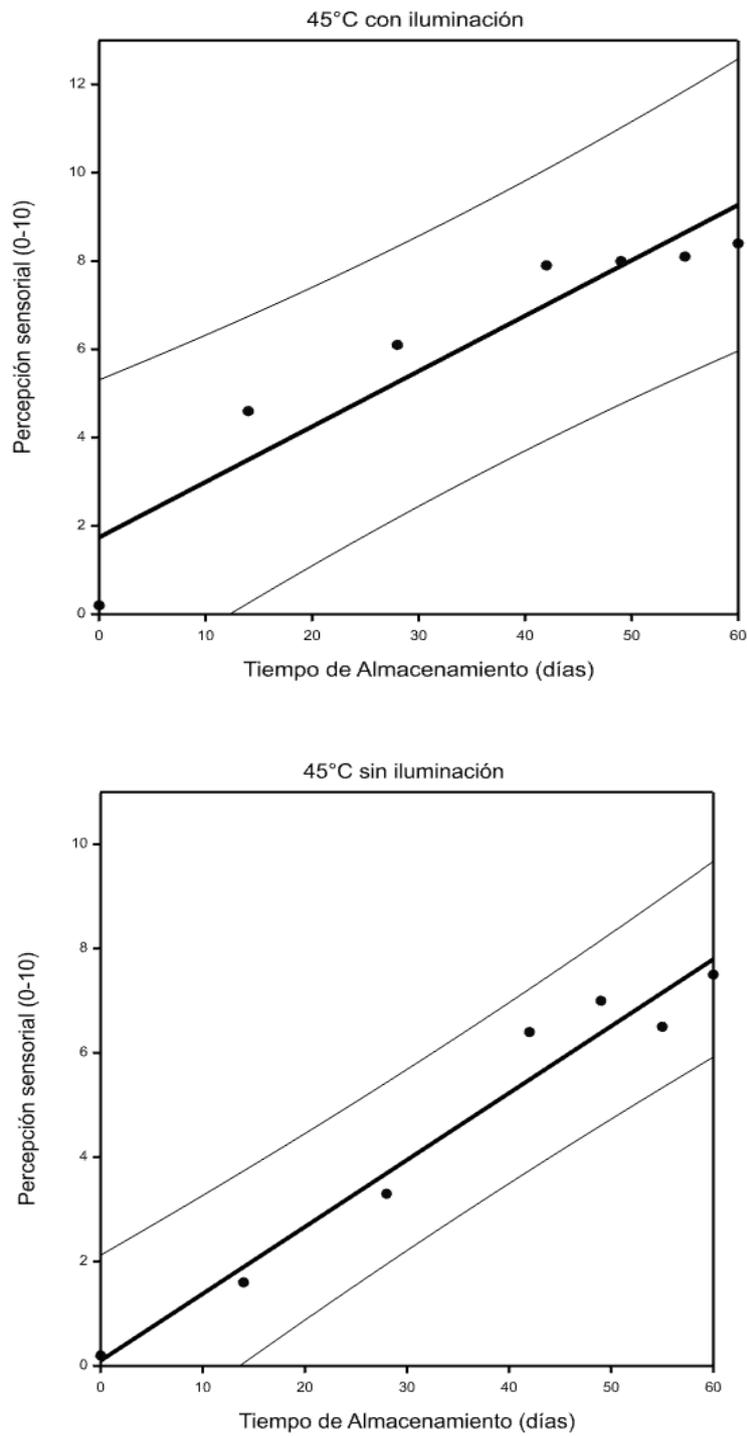


Figura 2.18. Sabor desinfectante a través del tiempo de almacenamiento para las condiciones: 45°C con y sin iluminación.

Figura 2.19. Vida útil sensorial (VUS) dada por el descriptor sabor a desinfectante.



Intervalos de confianza de estimaciones de VUS

Objetivo particular: Estimar la vida útil sensorial (VUS) de un alimento a partir del punto de corte (PC).

VUS para las muestras de ASLI, considerando el descriptor crítico aroma a limón:

- ✓ 50 ± 5 días a 45°C sin iluminación
- ✓ 40 ± 20 días a 45°C con iluminación
- ✓ 88 ± 18 días a 37°C sin iluminación
- ✓ 90 ± 15 días a 37°C con iluminación

VUS para las muestras de ASLI, considerando el descriptor crítico sabor a desinfectante fue (ver Figura 2.20):

- ✓ 58 ± 7 días a 45°C sin iluminación
- ✓ 46 ± 10 días a 45°C con iluminación
- ✓ 99 ± 25 días a 37°C sin iluminación
- ✓ 105 ± 13 días a 37°C con iluminación

Objetivo particular: Comparar el comportamiento de los consumidores cuando evalúan la vida útil sensorial (VUS) de un alimento en el ambiente real vs. la evaluación en un local centralizado.

- ✓ VUS considerando un 50% de rechazo para la condición de 24°C con iluminación: 327 ± 42 días.

Objetivo particular: Predicciones de vida útil sensorial (VUS), mediante estadística de supervivencia, contemplando la temperatura y la iluminación como factores de aceleración.

Estimaciones de vida útil sensorial (VUS) (días ± error estándar) correspondiente a un 25% y 50% de rechazo para las condiciones ensayadas de temperatura e iluminación.

Temperatura (°C)	Sin iluminación		Con iluminación	
	25%	50%	25%	50%
24	244 ± 21	412 ± 34	210 ± 20	354 ± 29
37	67 ± 6	117 ± 7	60 ± 5	101 ± 6.4
45	34 ± 3	57 ± 4	29 ± 3	49 ± 3.8

Estimación del punto de corte

Distribución de Weibull (Ecuación 2.4)

- ✓ Función que representa una curva de porcentaje de rechazo que crece con la intensidad del descriptor y/o el tiempo de almacenamiento

$$R(id) = 1 - \exp \left[- \exp \left(\frac{\ln id - \mu}{\sigma} \right) \right]$$

- ✓ Función representa una curva de porcentaje de rechazo que decrece con la intensidad del descriptor y/o el tiempo de almacenamiento

$$R(id) = \exp \left[- \exp \left(\frac{\ln id - \mu}{\sigma} \right) \right]$$

En el caso especial del descriptor crítico Aroma a Limón la escala sensorial se consideró de forma inversa para que la visual se representativa del 0-10. Ya que la intensidad del mismo decrece a travez del tiempo de almacenamiento.

Determinación del PC

Se utilizó el software estadístico R (programa de acceso libre: <http://www.r-project.org/>), que cuenta con un procedimiento para cálculos de censura en un intervalo y funciones que contemplan las desviaciones estándar de los datos del panel entrenado. A continuación transcribo los script utilizados.

```
## Required R package
## install.packages("bbmle")
## install.packages("Hmisc")

## To avoid possible problems with labels
library(Hmisc)

## Set as working directory the folder containing all functions and work spaces
setwd("C:\\ELIANA\\Terminator\\VUS SABORIZADAS\\R_punto corte")

## The functions for the tasters' values
source("Rfunction_tasters.R")

## Two auxiliary functions
source("Rauxfunction_listmat.R")
source("Rauxfunction_quantwei.R")

## The main functions HASTA ACA SIEMPRE
source("Rfunction_likmax.R")

## Loading the tasters' data
entar=read.table("SDEent.txt",header=T)
head(entar)

## Computation of means and s.e. (means)
## catas: nombre de archivo de entrenados leido con el read.table
## cata,samp, rep,acid: es el encabezamiento del archivo de entrenados
sampldat<-with(entar,tasters(Catador,Muestra,Repeticion,SDE,2))
sampldat

## Loading consumers' data
consSDE=read.table("CSDE45CL.txt",header=T)
head(consSDE)
# Important: in case of left-censored data, the lower limit must be sample 1 (not sample 0)!

## Parameter estimation of a Weibull modellib
with(acido,likmax(sampldat,int.low,int.up,censcod))

## Parameter and quantile estimation of a Weibull model
## acido: nombre de archivo de consumidores
## int.low,int.up,censcod: encabezado del archivo de consumidores
with(acido,likmax(sampldat,int.low,int.up,censcod,quant=T))

## Parameter and quantile estimation of a Weibull model
with(consSDE,likmax(sampldat,ti,tss,censcod,quant=T,probs=1:9/10))
```

```

## Function to estimate the mean and compute the
## corresponding standard errors given repeated
## measures per taster and sample.
## Arguments (all, but 'dec' vectors of the same length)
## * id: identifier of the tasters
## * samp: sample number (from 1 to n)
## * rept: repetition
## * val: score
## * dec: number of decimal points to be returned
#####

tasters<-function(id,samp,rept,val,dec=2,...){
  if(min(length(id),length(samp),length(rept),length(val))!=max(length(id),length(samp),length(rept),length(val)))
    stop("id, samp, rept, and val must be vectors of the same length!")

  require(nlme)
  n.samp<-length(unique(samp))
  df.aux<-data.frame(id,samp,rept,val)
  aux.mat<-matrix(nc=2,nr=n.samp)
  for(i in 1:n.samp)
    aux.mat[i,]<-summary(lme(val~1,random=~1|id,data=subset(df.aux,samp==i),na.action=na.omit))$tTa[1,1:2]
  df<-data.frame(sample=1:n.samp,round(aux.mat,dec))
  names(df)[2:3]<-c('mean','se.mean')
  return(df)
}

```

```

## Function to estimate the mean and compute the
## corresponding standard errors given repeated
## measures per taster and sample.
## Arguments (all, but 'dec' vectors of the same length)
## * id: identifier of the tasters
## * samp: sample number (from 1 to n)
## * rept: repetition
## * val: score
## * dec: number of decimal points to be returned
#####

tasters<-function(id,samp,rept,val,dec=2,...){
  if(min(length(id),length(samp),length(rept),length(val))!=max(length(id),length(samp),length(rept),length(val)))
    stop("id, samp, rept, and val must be vectors of the same length!")

  require(nlme)
  n.samp<-length(unique(samp))
  df.aux<-data.frame(id,samp,rept,val)
  aux.mat<-matrix(nc=2,nr=n.samp)
  for(i in 1:n.samp)
    aux.mat[i,]<-summary(lme(val~1,random=~1|id,data=subset(df.aux,samp==i),na.action=na.omit))$tTa[1,1:2]
  df<-data.frame(sample=1:n.samp,round(aux.mat,dec))
  names(df)[2:3]<-c('mean','se.mean')
  return(df)
}

```

```

## Auxiliar function to create lists with matrices
## necessary for posterior likelihood maximization
## Arguments:
## * sampldat: data frame returned by function tasters
## * left: sample number of lower limit
## * right: sample number of upper limit
## * cens: censoring indicator (0: right, 2: left, 3: interval-censored)
## * wdh: factor of support width (default: 3)
## * stp: mesh size (default: 0.1)
## * maxi: maximum score on scale of interest (default: 100)
#####

listmat<-function(sampldat,left,right,cens,wdh=3,stp=0.1,maxi=100,...){
  if(min(length(left),length(right),length(cens))!=max(length(left),length(right),length(cens)))
    stop("left, right, and cens must be vectors of the same length!")
  if(!all(cens%in%c(0,2,3)))
    stop("cens must only contain values 0, 2, or 3!")
  if(sum(c('mean','se.mean','sample')%in%names(sampldat))<3)!is.data.frame(sampldat)
    stop("sampldat must be a data frame containing variables 'sample','mean' and 'se.mean'")
  if(any(sampldat$sample!=1:nrow(sampldat)))
    stop("Variable 'sample' in sampldat must be an ordered vector with natural numbers from 1 to n!")

  seql<-with(sampldat,pmax(0.1,mean-wdh*se.mean))
  seqr<-with(sampldat,pmin(maxi,mean+wdh*se.mean))
  n<-length(left)

  listseql<-vector('list',n)
  listseqr<-vector('list',n)
  listdnor<-vector('list',n)
  for(i in 1:n){
    elle<-left[i]
    erre<-right[i]
    if(cens[i]==3){
      listseql[[i]]<-round(seq(seq[elle],seqr[elle],0.1),2)
      listseqr[[i]]<-round(seq(seq[erre],seqr[erre],0.1),2)
      listdnor[[i]]<-
with(sampldat,dnorm(listseqr[[i]],mean[erre],se.mean[erre])%o%dnorm(listseql[[i]],mean[elle],se.mean[elle]))*outer(listseqr[[i]],listseql[[i]],FUN=">")
    }else{
      if(cens[i]==0){
        listseql[[i]]<-round(seq(seq[elle],seqr[elle],0.1),2)
        listseqr[[i]]<-Inf
        listdnor[[i]]<-with(sampldat,dnorm(listseql[[i]],mean[elle],se.mean[elle]))
      }else{
        listseql[[i]]<-0
        listseqr[[i]]<-round(seq(seq[erre],seqr[erre],0.1),2)
        listdnor[[i]]<-with(sampldat,dnorm(listseqr[[i]],mean[erre],se.mean[erre]))
      }
    }
  }
invisible(list(listseql=listseql,listseqr=listseqr,listdnor=listdnor))
}

```

```
## Auxiliar function to compute quantiles of a Weibull
## distribution together with their 95%-CI
## Arguments:
## * p: vector of probabilities of quantiles
## * m0: mle2 object providing parameter estimates
## * m0.q: mle2 object providing parameter estimates for computation of quantiles' standard errors
## * n: number of (complete) observations
#####

quant.wei <- function(p, m0, m0.q, n){
  k <- m0@coef[1]
  lam <- m0@coef[2]
  quan <- round(lam*(-log(1-p))^(1/k), 2)
  invk <- summary(m0.q)@coef[1, 1:2]
  loglam <- summary(m0.q)@coef[2, 1:2]
  se.q <- sqrt(loglam[2]^2+(log(-log(1-p)))^2*invk[2]^2+2*log(-log(1-p))*m0.q@vcov[1, 2])
  ci.q.low <- round(quan*exp(qt(.025, n-2)*se.q), 2)
  ci.q.upp <- round(quan*exp(qt(.975, n-2)*se.q), 2)
  list('Quantile'=quan, '95%-CI'=cbind(ci.q.low, ci.q.upp))
}
```

```

## Function to estimate the parameters of a Weibull distribution
## given interval-censored data with limits measured with error
## See: Langohr, Gómez & Hough (2013)
## Arguments:
## * sampldat: data frame returned by function tasters
## * left: sample number of lower limit
## * right: sample number of upper limit
## * cens: censoring indicator (0: right, 2: left, 3: interval-censored)
## * quant: Computation of quantiles and their 95%-CI
## * probs: Probabilities of the quantiles to be computed
## * ...: Arguments passed to function listmat
#####

# For computation of quantiles' confidence intervals
# Note that function likmax calls functions listmat and quant.wei

likmax <- function(sampldat, left, right, cens, quant=F, probs=c(.1, .25, .5, .75, .9), ...){
  require(bbmle)
  require(survival)
  lis <- listmat(sampldat, left, right, cens, ...)
  Infunc.wei <- function(shape, scale){
    lply <- lapply(lis[[1]], function(x) pweibull(x, shape, scale))
    rply <- lapply(lis[[2]], function(x) pweibull(x, shape, scale))
    mply <- mapply(function(x, y) outer(x, y, '-'), rply, lply, SIMPLIFY=FALSE)
    sip <- mapply("sum", mply, lis[[3]], SIMPLIFY=FALSE)
    -sum(log(sapply(sip, sum)))
  }

  enne <- nrow(na.omit(cbind(left, right, cens)))
  links <- sampldat$mean[left]
  rechts <- sampldat$mean[right]
  modaux <- survreg(Surv(links, rechts, cens, type='interval')~1)

  m0 <- mle2(Infunc.wei, start=list(shape=1/modaux$scale, scale=exp(modaux$coef[1])), lower=c(shape=0, scale=0),
method="L-BFGS-B")
  cat("\nWeibull distribution: Parameter estimation\n\n")
  print(summary(m0)@coef[, 1:2], digits=4)

  if (quant==T){
    Infunc.weiMED <- function(invshap, logscal){
      lply <- lapply(lis[[1]], function(x) pweibull(x, 1/invshap, exp(logscal))) # 1/shape, exp(scale) is for the ease
of CI-computation of the median
      rply <- lapply(lis[[2]], function(x) pweibull(x, 1/invshap, exp(logscal)))
      mply <- mapply(function(x, y) outer(x, y, '-'), rply, lply, SIMPLIFY=FALSE)
      sip <- mapply("sum", mply, lis[[3]], SIMPLIFY=FALSE)
      -sum(log(sapply(sip, sum)))
    }
    m0.q <- mle2(Infunc.weiMED, start=list(invshap=1/m0@coef[1], logscal=log(m0@coef[2])), lower=c(invshap=0.01,
logscal=0.01), method="L-BFGS-B")

    values <- quant.wei(probs, m0, m0.q, enne)
    quants <- data.frame(cbind(values[[1]], values[[2]]))
    names(quants) <- c('Value', 'Cl.low', 'Cl.upp')
    rownames(quants) <- probs
    cat("\nWeibull distribution: Quantile estimation\n\n")
    print(quants)
  }
}

```

Comparación entre ambientes/emplazamientos*Salida con inclusión de covariable*

```

*** Life Testing ***
Call:
  censorReg(formula = censor(ti, ts, censcod, type = "interval") ~ c.digo, data
            = emplazamientos1, na.action = na.exclude, distribution = "weibull",
            threshold = 0, control = list(e.scale = 0.0001))
Distribution: Weibull
Standardized Residuals:
  Min Max
Uncensored NA NA
Censored 0.086 0.621
Coefficients:
  Est. Std.Err. 95% LCL 95% UCL z-value p-value
(Intercept) 6.0024 0.105 5.797 6.21 57.298 0.000
c.digo 0.0365 0.124 -0.207 0.28 0.293 0.769
Extreme value distribution: Dispersion (scale) = 0.6261278
Observations: 371 Total; 371 Censored
-2*Log-Likelihood: 534
Correlation of Coefficients:
  (Intercept)
c.digo -0.486

```

Salida sin inclusión de covariable

```

*** Life Testing ***
Call:
  censorReg(formula = censor(ti, ts, censcod, type = "interval") ~ 1, data =
            emplazamientos1, na.action = na.exclude, distribution = "weibull",
            threshold = 0, control = list(e.scale = 0.0001))
Distribution: Weibull
Standardized Residuals:
  Min Max
Uncensored NA NA
Censored 0.090 0.608
Coefficients:
  Est. Std.Err. 95% LCL 95% UCL z-value p-value
(Intercept) 6.02 0.092 5.84 6.2 65.4 0
Extreme value distribution: Dispersion (scale) = 0.6319258
Observations: 371 Total; 371 Censored
-2*Log-Likelihood: 534

```

PG Local centralizado: Análisis de Varianza (ANDEVA)

Variate: PG						
Source of variation	d.f.	(m.v.)	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
CONS stratum	107		5.537.397	51.751		
CONS.Temp stratum						
Temp	2		441.771	220.885	33.75	<.001
CONS.Temp	214		1.400.389	6.544		
CONS.Luz stratum						
Luz	1		167.843	167.843	32.70	<.001
CONS.Luz	107		549.223	5.133	1.34	
CONS.Temp.Tiempo stratum						
Temp.Tiempo	18		1.129.882	62.771	17.54	<.001
CONS.Temp.Tiempo	1923	-3	6.881.897	3.579	1.50	
CONS.Temp.Luz stratum						
Temp.Luz	2		8.115	4.058	1.06	0.348
CONS.Temp.Luz	212	-2	810.435	3.823	1.60	
CONS.Temp.Tiempo.Luz stratum						
Temp.Tiempo.Luz	17	-1	95.854	5.638	2.37	0.001
CONS.Temp.Tiempo.Luz	1807	-119	4.306.585	2.383		
Total	4410	-125	20.655.783			

Tables of means

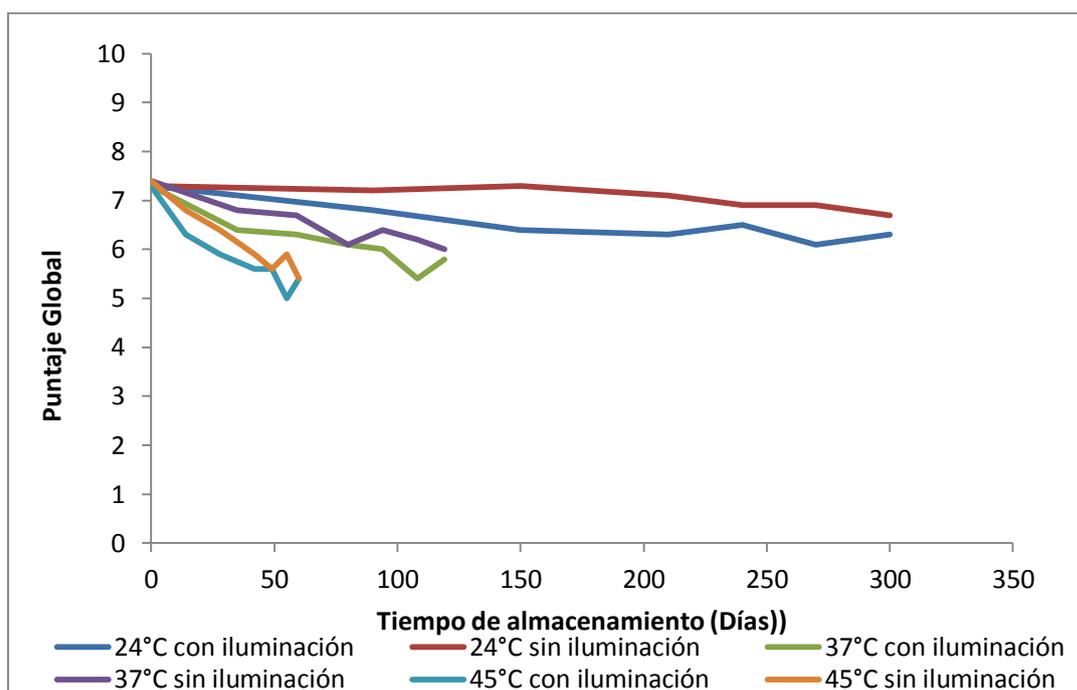
Variate: PG							
Grand mean 6.444							
Temp	24	37	45				
	6.850	6.390	6.091				
Luz	CL	SL					
	6.252	6.636					
Temp	Tiempo	0	14	28	35	42	49
24		7.389					
37		7.408		6.613			
45		7.404	6.609	6.165		5.807	5.669
Temp	Tiempo	55	59	60	80	90	94
24						7.079	
37			6.548		6.130		6.252
45		5.505		5.482			
Temp	Tiempo	108	119	150	210	240	270
24				6.924	6.750	6.708	6.565
37		5.842	5.937				
Temp	Tiempo	300					
24		6.537					
Temp	Luz	CL	SL				

24		6.598	7.102				
37		6.233	6.547				
45		5.923	6.260				

Least significant differences of means (5% level)

Table	Temp	Luz	Temp	Temp
			Tiempo	Luz
rep.	1512	2268	216	756
l.s.d.	0.1834	0.1334	0.3776	0.2397
d.f.	214	107	1784.43	398.30
Except when comparing means with the same level(s) of				
Temp			0.3570	0.2089
d.f.			1923	312.84
Luz				0.2302
d.f.				399.45

Gráfico comparativo- datos de la Tabla 2.7. Promedios de PG obtenidos para las 6 condiciones ensayadas a través del tiempo de almacenamiento



PG Ambiente real: Análisis de Varianza (ANDEVA)

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
CONS stratum					
TIEMPO	5	54.958	10.992	2.70	0.021
Residual	282	1147.917	4.071		
Total	287	1202.875			

Tables of means

Variate: PG						
Grand mean 6.94						
TIEMPO	90	150	210	240	270	300
	7.54	7.15	6.88	7.23	6.65	6.19

Standard errors of differences of means

Table	TIEMPO
rep.	48
d.f.	282
s.e.d.	0.412

Modelar los cambios sensoriales durante el almacenamiento bajo dos factores de aceleración: Temperatura e Iluminación

Tabla comparativa de valores predichos y valores observados

Temperatura (°C)	Tiempos	Valores predichos		Valores observados	
		Aroma a limón		Aroma a limón	
		Iluminación		Iluminación	
		Con	Sin	Con	Sin
24	0	9.0	9.0	8.60	8.60
	90	8.2	8.7	7.64	7.20
	150	6.6	8.3	7.00	6.27
	210	5.3	8.0	6.36	5.34
	240	3.8	7.6	6.04	4.88
	270	5.3	7.1	5.72	4.41
	300	4.4	6.0	5.40	3.95
37	0	9.0	9.0	8.60	8.60
	35	5.3	6.9	6.61	6.19
	59	2.8	1.7	5.25	4.53
	80	1.5	2.0	4.06	3.09
	94	1.6	0.7	3.27	2.12
	108	1.0	1.4	2.47	1.16
	119	1.4	0.6	1.85	0.40
45	0	9.0	9.0	8.60	8.60
	14	3.1	7.3	6.53	6.33
	28	2.2	4.5	4.45	4.05
	42	0.7	2.2	2.38	1.78
	49	0.8	1.8	1.34	0.65
	55	0.5	1.5	0.45	-0.33
	60	0.9	1.4	-0.29	-1.14

Capítulo III

Intervalos de confianza de estimaciones de VUSs

Objetivo particular: Determinar la vida útil sensorial secundaria (VUSs) de los alimentos investigados mediante las encuestas realizadas en el hogar.

- ✓ Galletitas con cereales

VUSs considerando un 50% de rechazo: 44 ± 3 días.

- ✓ Leche entera en sachet

VUSs para leche entera en sachet considerando un 50% de rechazo fue 31 ± 2 días.

Resultados de análisis microbiológicos de leche entera en sachet

Se presenta el análisis microbiológico para el tiempo 6

	LABORATORIO DE ANÁLISIS I.S.E.T.A.		
	Instituto Superior Experimental de Tecnología Alimentaria Hipólito Irigoyen 931 (6500) 9 de julio B.A. TE: 02317-43-1977 e-mail: micro@iseta.edu.ar laboratorios@iseta.edu.ar		
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LECHE			
Muestra perteneciente a:	DESA		
Lugar de muestreo:	-		
Identificación:	135		
Fecha de recepción:	15/12/15	Fecha de entrega:	21/12/2015
Muestra N°:	075		
El Laboratorio de Análisis ISETA informa que la muestra obtenida por el solicitante arroja los siguiente resultados:			
Determinaciones	RESULTADOS	Valores de Referencia (*)	Método
Recuento total a 30° C	20 ufc/cm ³	Limite máximo 1x10 ⁶ ufc/cm ³	ISO 4833-1: 2013
Coliformes totales	Menor de 10 ufc/cm ³	Limite máximo 50 ufc/cm ³	ISO 4832 - 2006
E. coli	Ausencia	Ausencia	ISO 7251 - 2005
OBSERVACIONES: (*) Según el Código Alimentario Argentino (C.A.A.) UFC: Unidades formadoras de colonias			
El solicitante se hace responsable por la muestra entregada al laboratorio. La misma debe ser tomada por personal calificado para tal fin o aplicando un procedimiento de toma de muestra estéril, y extraída en envase para análisis bacteriológico.			
El Laboratorio de Microbiología del ISETA ofrece la posibilidad de realizar la toma de muestra y también el asesoramiento para la realización de este procedimiento.			
DIAGNÓSTICO: -			
Lic. Guillermo Oscar Ramirez Laboratorio de Microbiología			