

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

**“DETERMINACIÓN DE LA VIDA DE ESTANTE
DE ALIMENTOS EN REFRIGERADORES BIOACTIVOS®
Y NO FROST®”**

Tesis previa para la obtención del
Título de Ingeniero Químico

AUTORES:

ORDOÑEZ RAMIREZ JOSE GEOVANNY

FAJARDO TAMAYO RAUL FABRICIO

DIRECTOR:

ING. DELGADO NOBOA JORGE WASHINTON

CUENCA – ECUADOR

2015



RESUMEN

El presente estudio se realizó en un refrigerador con circulación de aire por convección natural y refrigeradores no-frost. El objetivo fue determinar cual tiene mejor atmosfera de conservación mediante ecuaciones de vida de estante. Para poder llevar a cabo el estudio se calibro a los refrigeradores en tres rangos de temperatura distintos. La selección de alimentos fue basado en el consumo local y el tiempo de conservación en condiciones ideales. Para la obtención de las ecuaciones de vida de estante se realizó el análisis cinético enfocado en el deterioro de los alimentos, este consistió en medir la variación de cinco parámetros físicos químicos en un periodo de 15 días para cada rango de temperatura.

Se observó que el refrigerador con circulación de aire por convección natural tiene una humedad relativa mayor al 85 % para un rango de temperatura de 0°C a 5°C, presentando una atmosfera de conservación favorable en un tiempo promedio de 10 a 12 días, siendo de 7 a 9 días en las No-Frost en condiciones de 60% de humedad relativa en el mismo rango de temperatura, para las pruebas de papaya, tomate y lechuga, alimentos en los que fue posible determinar su ecuación de vida de estante. Además se evidencio que dentro de los refrigeradores la principal causa de deterioro es la deshidratación. Finalmente se propone realizar un estudio de vida de estante similar aplicando como variables de conservación el flujo de aire y humedad relativa además de la temperatura.

PALABRAS CLAVES: Vida de estante, Conservación por refrigeración, cinética de deterioro.



ABSTRACT

This study was realized in two different refrigerators one of them with natural flow convection and another one no frost. The objective was determined through shelf life equations which of them is the best in food conservation to low temperature. To do this study was necessary to calibrate the refrigerators in three different temperature ranges. Furthermore food selection was based on local consumption and shelf life of each food in ideal conditions. Later on was got shelf life equation with kinetic analysis based on spoilage, to do this were taken data from five physic chemical parameter by 15 days on each temperature range.

Was observed that the refrigerator with natural flow convection had a relative humidity more than 85% in a temperature between 0°C to 5°C, these conditions gave us a friendly conservation atmosphere by 10 to 12 days. Comparing this with model no-frost which gave us 7 to 9 days with 60% of relative humidity in the same temperature. All this based on three kinetic equation obtained from: papaya, tomato, lettuce. Moreover could evidence to the dehydration is the main spoilage cause. So was proposed do another study with air flow and humidity besides temperature.

KEYWORDS: kinetics of degradation, shelf life of fresh vegetables, low temperature storage of fruits and vegetables.



INDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
1. CAPITULO - INTRODUCCION	20
1.1 ANTECEDENTES	20
1.2 MARCO TEÓRICO	20
1.2.1 LA REFRIGERACIÓN:	20
1.2.2 LOS REFRIGERANTES	21
1.2.3 CIRCULACION DE AIRE Y HUMEDAD	21
1.2.4 DESHIDRATACION	21
1.2.5 RESPIRACION DE LOS VEGETALES POST COSECHA	23
1.2.6 TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO Y SECO	23
1.2.7 CINETICA	25
1.2.8 ISOTERMAS DE ADSORCION / DESORCION	30
1.2.9 TIPOS DE AGUAS EXISTENTES EN EL ALIMENTO	31
1.2.10 ACTIVIDAD ACUOSA	31
1.2.11 ACTIVIDAD ACUOSA Y REACCIONES DE DETERIORO	32
1.3 EXPLICACION DEL CICLO DE REFRIGERACION Y DEL COP	34
1.4 VARIABLES E INDICADORES	36
1.4.1 TEMPERATURA	36
1.4.2 HUMEDAD RELATIVA (%HR)	36
1.4.3 TIEMPO DE CONSERVACION	37
1.4.4 VIDA DE ESTANTE (SHELF LIFE)	37
1.4.5 PARAMETROS DE CONTROL EN LOS ALIMENTOS	38
1.4.6 SELECCIÓN ALIMENTOS DE LA REGION SIERRA Y SUS CONDICIONES IDEALES DE CONSERVACION.	38
1.5 PROGRAMA DE MUESTRAS Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS	40
1.6 AMBIENTE, MUESTRAS Y VARIABLES A CUANTIFICAR	40
1.6.1 ALIMENTOS REFRIGERADOS	40
1.6.2 ALIMENTOS DE LA LEGUMBRERA	41
CAPITULO 2 - MÉTODOS Y MATERIALES	42
2.1 MATERIALES	42
2.1.1 REFRIGERADORAS	42



2.1.1.1	ARTEFACTO BIOACTIVO CON SISTEMA SIN CIRCULACION DE AIRE FORZADO	42
2.1.1.2	ARTEFACTO NO-FROST 2 CON CIRCULACION DE AIRE FORZADO	43
2.1.1.3	ARTEFACTO NO-FROST 1 CON CIRCULACION DE AIRE FORZADO	44
2.1.2	EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURAS	44
2.1.3	EQUIPOS DE DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DETERIORO	45
2.1.3.1	DURÓMETRO	45
2.1.3.2	EQUIPO PARA DETERMINAR ACTIVIDAD ACUOSA	46
2.1.3.3	PH METRO	48
	Fuente: Eco Testr	49
2.1.3.4	TERMÓMETRO	49
2.1.3.5	BALANZA	50
2.1.3.6	CAMARA DIGITAL	50
2.2	MÉTODOS	50
2.2.1	CUMPLIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE REFRIGERACION SEGÚN NORMA INEN Y SEGÚN NORMA INTERNA DE LA EMPRESA AUSPICIANTE	50
2.2.2	CONTROL DE TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS EN EL DESARROLLO DEL EXPERIMENTO	51
2.2.2.1	Calibración de los refrigeradores en rangos similares de temperatura.	51
2.2.2.2	Control de temperatura durante el desarrollo del experimento	52
2.2.2.3	Control de humedad al interior del refrigerador.	52
2.2.3	PARÁMETROS DE DETERIORO	53
2.2.3.1	PÉRDIDA DE PESO POR DESHIDRATACION	54
2.2.3.2	VARIACIÓN DE COLOR	55
2.2.3.3	PÉRDIDA DE TEXTURA	55
2.2.3.4	VARIACIÓN DE pH	56
2.2.3.5	VARIACIÓN DE BRUX EN LAS FRUTAS	56
2.2.4	ANÁLISIS CINÉTICO.	57
2.2.4.1	CINETICA DE REACCION	57
2.2.4.2	PROCEDIMIENTO DE ARRHENIUS	59



3.	RESULTADOS.	62
3.1	ESTABILIZACION DE TEMPERATURAS EN LOS TRES RANGOS DE TEMPERATURA PROPUESTOS.	62
3.2	CINETICA Y VIDA DE ESTANTE	63
3.2.1	ALIMENTOS EN SECCION DE REFRIGERACION	63
3.2.1.1	TOMATE	63
3.2.1.2	MANZANA	68
3.2.1.3	PAPAYA	73
3.2.1.4	FRUTILLA	78
3.2.1.5	QUESO FRESCO	84
3.2.1.6	ALIMENTO COSIDO – MENESTRA DE LENTEJA	90
3.2.2	ALIMENTOS LEGUMBRERA	95
3.2.2.1	LECHUGA	95
3.2.2.2	ESPINACA	101
3.2.2.3	BROCOLI	106
3.2.2.4	CEBOLLA	111
	CAPITULO 4	116
4.1	DISCUSIÓN	116
4.2	Conclusiones	122
4.3.	RECOMENDACIONES	124
	BIBLIOGRAFÍA	125
	ANEXOS	128



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tasa de respiración de Maíz Dulce a diferentes temperaturas	23
Tabla 2. Parámetros promedio en refrigeradoras.....	38
Tabla 3. Se muestran las condiciones ideales de conservación para los alimentos en refrigeración.	39
Tabla 4. Se muestran las condiciones ideales de conservación para las legumbres.....	39
Tabla 5. Pruebas a realizarse por alimento en la sección de refrigeración	40
Tabla 6. Pruebas a realizarse por alimento en la legumbrera	41
Tabla 7. Especificaciones del equipo de actividad acuosa.....	47
Tabla 8. Especificaciones del equipo medidor de pH.....	49
Tabla 9. Especificaciones del equipo lector de temperaturas	49
Tabla 10. Muestra los rangos de temperatura en los que se realizó el estudio	51
Tabla 11. Promedio de temperaturas y humedades en cada uno de los rangos propuestos para el estudio. Durante el tiempo que duro cada experimento. ...	62
Tabla 12. Correlaciones de orden cero y primer orden para el tomate en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos.	63
Tabla 13. Calculo de Arrhenius en una reacción de orden cero para la pérdida de peso del tomate.....	66
Tabla 14. Vida de estante calculada de una reacción de orden cero basada en la deshidratación del tomate en refrigeración	67
Tabla 15. Correlaciones de orden cero y primer orden para la manzana en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos.	69
Tabla 16. Calculo de Arrhenius en una reacción de primer orden para la pérdida de peso por deshidratación como parámetro de deterioro en la manzana.....	71
Tabla 17. Vida de estante calculada de una reacción de primer orden para la pérdida de peso de la manzana como parámetro de deterioro.	71



Tabla 18. Correlaciones de orden cero y primer orden para el tomate en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos.	73
Tabla 19. Calculo de Arrhenius en una reacción de primer orden para la pérdida de peso por deshidratación como factor de deterioro para la papaya.....	75
Tabla 20. Vida de estante calculada de una reacción de primer orden para la pérdida de peso por deshidratación como parámetro de deterioro de la papaya.	77
Tabla 21. Correlaciones de orden cero y primer orden para el tomate en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos.	79
Tabla 22. Calculo de Arrhenius en una reacción de orden cero para la pérdida de peso de la frutilla	81
Tabla 23. Vida de estante calculada de una reacción de orden cero para la pérdida de peso de la frutilla	82
Tabla 24. Correlaciones de orden cero y primer orden para el queso fresco en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos.	85
Tabla 25. Calculo de Arrhenius en una reacción de primer orden para la pérdida de peso del queso	87
Tabla 26. Vida de estante calculada de una reacción de primer orden para la pérdida de peso del queso.	87
Tabla 27. Correlaciones de orden cero y primer orden para la menestra de lenteja en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos.	90
Tabla 28. Calculo de Arrhenius en una reacción de orden cero para la pérdida de peso de la menestra	92
Tabla 29. Vida de estante calculada partiendo de una reacción de orden cero, utilizando la pérdida de peso por deshidratación en granos cocidos como factor de deterioro a distintas temperaturas.	93
Tabla 30. Correlaciones de orden cero y primer orden para la lechuga en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos.	96



Tabla 31. Calculo de Arrhenius en una reacción de orden cero para la pérdida de peso de la lechuga	97
Tabla 32. Vida de estante calculada de una reacción de orden cero para la pérdida de peso de la lechuga	99
Tabla 33. Correlaciones de orden cero y primer orden para la espinaca en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos	102
Tabla 34. Vida de estante calculada partiendo de una reacción de orden cero, utilizando la pérdida de peso por deshidratación en espinaca como factor de deterioro a distintas temperaturas.....	104
Tabla 35. Vida de estante calculada de una reacción de orden cero para la pérdida de peso de la espinaca.....	105
Tabla 36. Correlaciones de orden cero y primer orden para el brócoli en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos.	106
Tabla 37. Calculo de Arrhenius en una reacción de orden cero para la pérdida de peso del brócoli	108
Tabla 38. Vida de estante calculada de una reacción de orden cero para la pérdida de peso del brócoli	109
Tabla 39. Las correlaciones de orden cero y primer orden son similares, por lo tanto con el cálculo de Arrhenius se determinara cual es la relación más próxima.	111
Tabla 40. Calculo de Arrhenius en una reacción de primer orden para la pérdida de peso de la cebolla	113
Tabla 41. Vida de estante calculada de una reacción de primer orden para la pérdida de peso de la cebolla.....	114



INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1 Disminución de un atributo durante el tiempo de almacenamiento, Reacción de orden cero	26
Grafico 2 Disminución de un atributo durante el tiempo de almacenamiento, Reacción de primer orden	27
Grafico 3 Disminución de un atributo durante el tiempo de almacenamiento, Reacción de primer orden colocado en un gráfico semilogaritmico.	28
Grafico 4 Influencia de la temperatura en una reacción de deterioro de orden cero.	29
Grafico 5 Representación de la Histéresis, proceso de hidratación y deshidratación.	31
Grafico 6 Mapa de labuza, muestra la actividades acuosas en los que se desarrollan los microorganismo y reacciones de deterioro en alimentos.	34
Grafico 7 Ciclo de refrigeración	35
Grafico 8 Se muestra el comportamiento de un parámetro de deterioro expuesto a tres temperaturas diferentes, aplicando sus datos a una ecuación cinética de orden cero.	58
Grafico 9 Se muestra el comportamiento de un parámetro de deterioro expuesto a tres temperaturas diferentes, aplicando sus datos a una ecuación cinética de primer orden.	58
Grafico 10 Muestra la curva correspondiente a la ecuación de Arrhenius para un alimento basados en un parámetro de deterioro de terminado.	60
Grafico 11 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en el tomate.	65
Grafico 12 Ecuación de Arrhenius para cada artefacto de orden cero para el tomate	66
Grafico 13 Variación del °Brix del tomate respecto al tiempo	68
Grafico 14 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un primer orden de reacción, en la manzana.	70
Grafico 15 Variación de la dureza de la manzana respecto al tiempo.....	73
Grafico 16 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en la papaya.	75



Grafico 17 Ecuación de Arrhenius para cada artefacto de primer orden para la papaya	76
Grafico 18 Variación del Brix de la papaya respecto al tiempo	78
Grafico 19 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en la frutilla.	80
Grafico 20 Ecuación de Arrhenius de orden cero para la frutilla para cada artefacto	81
Grafico 21 Variación de la dureza del a frutilla respecto al tiempo.....	83
Grafico 22 Variación de la actividad acuosa de la frutilla respecto al tiempo ...	83
Grafico 23 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en el queso fresco.	86
Grafico 24 Variación de la dureza del queso respecto al tiempo.....	89
Grafico 25 Variación de la actividad acuosa del queso respecto al tiempo	89
Grafico 26 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en menestra.....	92
Grafico 27 Ecuación de Arrhenius para cada artefacto de orden cero para la menestra	93
Grafico 28 Pérdida de peso con respecto al tiempo, menestra.....	95
Grafico 29 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en la lechuga.	97
Grafico 30 Ecuación de Arrhenius para cada artefacto de orden cero para la lechuga.....	98
Grafico 31 Variación de la actividad acuosa de la lechuga respecto al tiempo	101
Grafico 32 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en la espinaca.....	103
Grafico 33 Ecuación de Arrhenius para cada artefacto de orden cero para la espinaca.....	104
Grafico 34 Variación de la actividad acuosa de la espinaca respecto al tiempo	106
Grafico 35 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en el brócoli.	108



Grafico 36 Ecuación de Arrhenius para artefacto NO-FROST 1 de orden cero para el brócoli..... 109

Grafico 37 Variación de la dureza del brócoli respecto al tiempo..... 111

Grafico 38 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en la cebolla..... 113

Grafico 39 Variación del pH de la cebolla respecto al tiempo 115



INDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1. Interfaz programa lector de temperaturas desarrollado en LabView	45
IMAGEN 2. Equipo para determinar la dureza de los alimentos en gf.	46
IMAGEN 3. Equipos para determinar la actividad acuosa de los alimentos.....	47
IMAGEN 4. Equipo de campo, lector de pH	48
IMAGEN 5. Equipo lector de temperaturas	50
IMAGEN 6. Distribución de los alimentos dentro de los artefactos.	53
IMAGEN 7. Muestras de tomates de los artefactos en estudio, del día 1 – 14 y la presencia de microorganismos.....	67
IMAGEN 8. Manzanas enteras durante 15 días de prueba, en las condiciones de trabajo de los artefactos no presentaron un cambio apreciable en la parte externa de la fruta.	72
IMAGEN 9. Comparación de pardeamiento de las muestras de manzanas de los artefactos en estudio en el día 14.....	72
IMAGEN 10. Comparación de cambio de color de la papaya en cada artefacto del día 1 al 14.....	77
IMAGEN 11. Comparación del deterioro de textura y color de la frutilla del día 1 al 8	82
IMAGEN 12. Comparación del deterioro de textura y color del queso, vista frontal y lateral, día 1,7 y 14	88
IMAGEN 13. Comparación de la deshidratación de la menestra, día 1 al 10... 94	
IMAGEN 14. Comparación de la deshidratación de la lechuga, del día 1 al 14	100
IMAGEN 15. Comparación de la deshidratación de la espinaca, en los días: 1,7 y 14	105
IMAGEN 16. Comparación de la deshidratación del brócoli, del día 1 al 14 ..	110
IMAGEN 17. Comparación de la deshidratación de la cebolla, del día 1 al 14	114



Ordoñez Ramírez José Geovanny, autor de la tesis “DETERMINACIÓN DE LA VIDA DE ESTANTE DE ALIMENTOS EN REFRIGERADORES BIOACTIVOS® Y NO FROST®” reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de INGENIERO QUIMICO. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, marzo del 2015



Ordoñez Ramírez José Geovanny
C.I: 0105702641



Fajardo Tamayo Raúl Fabricio, autor de la tesis “DETERMINACIÓN DE LA VIDA DE ESTANTE DE ALIMENTOS EN REFRIGERADORES BIOACTIVOS® Y NO FROST®” reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de INGENIERO QUIMICO. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, marzo del 2015



Fajardo Tamayo Raúl Fabricio
C.I:0105610349



Ordoñez Ramírez José Geovanny, autor de la tesis “DETERMINACIÓN DE LA VIDA DE ESTANTE DE ALIMENTOS EN REFRIGERADORES BIOACTIVOS® Y NO FROST®”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, marzo del 2015



Ordoñez Ramírez José Geovanny
C.I: 0105702641



Fajardo Tamayo Raúl Fabricio, autor de la tesis “DETERMINACIÓN DE LA VIDA DE ESTANTE DE ALIMENTOS EN REFRIGERADORES BIOACTIVOS® Y NO FROST®”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, marzo del 2015



Fajardo Tamayo Raúl Fabricio
C.I:0105610349



DEDICATORIA

Se dedica esta tesis a la esperanza que fue brindada por nuestras familias, amigos, profesores y demás impulsores quienes fueron un gran apoyo emocional e incondicional durante el tiempo que tomo la redacción e investigación de la tesis.

A nuestros padres quienes no midieron esfuerzos para empujarnos a ser mejores cada día.

A los maestros quienes nunca desistieron al plasmar la evolución del pensamiento científico frente a nosotros, aun sin importar que muchas veces no prestemos atención en clase, a ellos que continuaron depositando sus expectativas en nosotros.

A los sinodales quienes estudiaron nuestra tesis y la aprobaron.

A todos los que nos apoyaron para escribir y concluir esta tesis.

Para ellos es esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a quienes se les debemos por su apoyo incondicional.



AGRADECIMIENTOS

A nuestro director de tesis, Ing. Jorge Delgado Noboa.

Por ser más que un catedrático de la universidad, un amigo, por su paciencia, comprensión y sus valiosos consejos a lo largo de nuestra formación como del desarrollo de la investigación.

A nuestros impulsores Dra. Silvana Donoso, Ing. Ruth Álvarez y el Dr. Gustavo Cardoso

Por brindarnos su asesoría y paciencia

A la empresa INDUGLOB, especialmente al Ing. Felipe Carrasco, Ing. Fernando Andrade, al Ing. José Capa y demás colaboradores

Por ofrecernos una mano amigable para lograr los objetivos trazados en este proyecto



1. CAPITULO - INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

La necesidad de preservar alimentos se genera desde el principio de la humanidad. Esta necesidad ha llevado a desarrollar muchos métodos de conservación y, en consecuencia diversas tecnologías, industrias y una amplia gama de alimentos conservados.

Partiendo del principio, de que la mejor calidad nutritiva se lo encuentra en los productos naturales frescos, uno de los métodos más efectivos para la conservación de los alimentos es el de disminuir la temperatura, a través de la refrigeración y el congelamiento.

La reducción de la temperatura hace más lentos los procesos biológicos como el de la respiración de los alimentos y reacciones enzimáticas. A nivel doméstico, se busca mejorar la conservación de los alimentos a baja temperatura mediante diversos sistemas de refrigeración, siendo necesario contrastar su efectividad mediante estudios comparativos.

1.2 MARCO TEÓRICO

1.2.1 LA REFRIGERACIÓN:

Proceso por el que se reduce la temperatura de un espacio determinado y se mantiene esta temperatura baja con el fin, de enfriar alimentos y conservar determinadas sustancias. La refrigeración evita el crecimiento de bacterias e impide algunas reacciones químicas no deseadas que pueden tener lugar a temperatura ambiente.

El uso de hielo de origen natural como refrigerante era muy extendido hasta antes de la I Guerra Mundial, cuando aparecieron los refrigeradores mecánicos y eléctricos, artefactos domésticos que hoy forman parte del menaje de una gran mayoría de hogares.



1.2.2 LOS REFRIGERANTES

Son sustancias encargadas de absorber y ceder calor en un sistema de refrigeración sin perder sus propiedades químicas y físicas propias de cada estado.

Para cada refrigerante existe una temperatura específica de vaporización asociada con cada presión, por lo que basta controlar la presión del evaporador para obtener la temperatura deseada. En el condensador existe una relación similar entre la presión y la temperatura.

En un sistema doméstico de refrigeración, el evaporador siempre se sitúa en un espacio aislado térmicamente. A veces, este espacio constituye todo el refrigerador. El compresor suele tener una capacidad excesiva, de forma que si funcionara continuamente produciría temperaturas más bajas de las deseadas. Para mantener el refrigerador a la temperatura adecuada, el motor que impulsa al compresor está controlado por un termostato o regulador.

“R-134a: Refrigeración doméstica, comercial y automóviles”

1.2.3 CIRCULACION DE AIRE Y HUMEDAD

“La circulación y humedad del aire puede causar efectos favorables o desfavorables para la conservación de los alimentos. Si el aire tiene un alto contenido de humedad, esta condensará en los alimentos y generará la proliferación de mohos, si el aire es demasiado seco deshidratará los alimentos”.
(Potter N., 1973)

1.2.4 DESHIDRATACION

El secado de alimentos ha sido uno de los primeros métodos de conservación que ha conocido el hombre, utiliza energía solar, no es un método contaminante, es sencillo de usar, microbiológicamente estable, y la característica más importante es que permite almacenar los alimentos por largos periodos en atmosferas adecuadas, las cuales no son difíciles de generar.



El secado consiste en la remoción de agua de un alimento, por lo general los alimentos en su estado natural tienen un alto porcentaje de agua, el mismo que se encuentra entre un 60 a 97 % (Norman N. Potter, 1973).

Mientras mayor cantidad de agua esté presente en los alimentos, significa mayor probabilidad de desarrollo de microorganismos, ya que es un medio idóneo para transportar y asimilar nutrientes.

Si se elimina el agua de los demás nutrientes, se los lograra conservar por mayor tiempo, debido a que los microorganismos no tendrán acceso a estos.

La forma de medir la cantidad de agua disponible para el desarrollo de microorganismos es la actividad acuosa. Parámetro que determina en los alimentos el desarrollo de microorganismos y de oxidación de distintos nutrientes presentes en los alimentos.

Al someter un alimento a un proceso de secado, se consigue que este pierda agua, con lo cual reduce la actividad acuosa no de forma directamente proporcional, esto debido a la presencia de ciertos elementos que retienen humedad.

La reducción de actividad acuosa nos da como resultado que las bacterias no puedan aprovechar los nutrientes, logrando conservar los alimentos por mucho más tiempo, sin embargo, los productos alimenticios pueden verse afectados por otros mecanismos de deterioro incluyendo la oxidación.

Factores que influyen en la deshidratación de alimentos:

- Área de superficie: A mayor área habrá más facilidad para que se desprenda el agua del alimento.
- Temperatura: A mayor temperatura mayor será la velocidad de deshidratación
- Velocidad del aire: El aire de alta velocidad tiene mayor efecto que el aire fresco y el aire caliente, este además de recoger humedad previene la creación de una atmosfera saturada en la superficie de los alimentos, lo que reduce la velocidad de secado.



- Sequedad del aire: Las condiciones de humedad muy bajas en el aire, acelera la velocidad de secado y determina hasta qué punto se puede bajar la humedad de un alimento, ya que la tendencia de este sistema buscara el equilibrio entre la humedad del alimento y la del ambiente.
- La Presión atmosférica y el vacío: Al generarse el vacío la temperatura de evaporación del agua desciende, por lo tanto si en un sistema refrigerado, se mantiene una temperatura constante y se reduce la presión, la velocidad de deshidratación de los alimentos se acelera.
- Evaporación y temperatura: Cuando el agua se evapora de una superficie la enfría, de igual manera cuando es retirada del alimento debido a la necesidad de absorción de calor latente en el cambio de líquido a gas, lo cual enfría el aire y la superficie del alimento.

1.2.5 RESPIRACION DE LOS VEGETALES POST COSECHA

Los vegetales desde el momento de su corte siguen siendo metabólicamente activos, generan calor y respiran, convirtiendo productos como carbohidratos y azúcares en CO₂ y agua como producto de su metabolismo. Esto se ejemplifica en la siguiente tabla:

Tabla 1. Tasa de respiración de Maíz Dulce a diferentes temperaturas

Temperatura (° C)	Respiración (ml CO ₂ /kg.h)
0	30 - 51
5	43 - 83
10	104 - 120
15	151 - 175
20	268 - 311
25	282 - 435

Fuente: (Secretaria de comercio interior, corporacion del mercado central de Buenos Aires , 2013)

1.2.6 TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO Y SECO

Las temperaturas de bulbo seco (T_{bd}) y bulbo húmedo (T_{dh}) del aire se pueden determinar experimentalmente por medio de dos termómetros de mercurio



idénticos, uno con el bulbo descubierto para medir la temperatura del aire y otro con el bulbo cubierto con una gasa húmeda.

“La temperatura de bulbo húmedo es la temperatura de equilibrio dinámico obtenida en una superficie de agua cuando la velocidad de transferencia de calor por convección a la misma, es igual a la velocidad de transferencia de materia que abandona tal superficie” (Green, 2001)

Las pérdidas de calor provocan una disminución en la temperatura. La diferencia entre estas dos temperaturas dependerá del grado de saturación del aire. Entre más humedad contenga, la diferencia será menor y en condiciones de saturación, la temperatura de bulbo seco será igual a la de bulbo húmedo. Con el conocimiento de estas dos temperaturas es posible calcular el valor de la humedad relativa.

En la terminología de los procesos de transferencia de calor, el calor sensible (Q_s) se refiere la cantidad de calor que recibe o pierde un cuerpo, provocando un aumento o disminución en su temperatura.

Este calor sensible depende de la masa (m) y del calor específico (C_p) que es una propiedad de la materia que indica la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un grado referida a una masa específica de material; el calor sensible está representado por la relación:

$$Q_s = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

En donde ΔT es el incremento o decremento de la temperatura del cuerpo. El subíndice (p) del calor específico indica que esta propiedad está referida a presión constante.

En cambio el calor latente es el que se aplica o elimina durante los procesos en los cuales ocurre un cambio de fase de estado, como en una evaporación (líquido a vapor), condensación (vapor a líquido) solidificación (líquido-sólido), fusión (sólido-líquido), sublimación (sólido-vapor), etc. Este calor es específico para cada sustancia varía muy poco con la temperatura y se llevan a cabo a presión constante. Al calor latente se le representa por λ , y sus unidades son de calor por unidad de masa.



1.2.7 CINETICA

- Orden de reacción

Las reacciones que se producen en los alimentos, según investigaciones realizadas por (Teodoro Labuza, 2000) , se pueden ajustar de acuerdo a las siguientes ecuaciones generales:

Reducción de una característica deseable:

$$-\frac{dC_A}{d\theta} = k(C_A)^n$$

Aumento de una característica no deseable:

$$+\frac{dC_A}{d\theta} = k(C_A)^n$$

En las cuales $dCA/d\theta$ y $dCB/d\theta$ es el cambio cuantitativo de A o B con respecto al tiempo, A o B es la cantidad medida de la característica en cualquier tiempo, k es la constante de velocidad y n es el orden de reacción, que generalmente puede ser 0,1 ó 2. Aunque la mayoría de las reacciones estudiadas para alimentos, se han caracterizado por ser de orden pseudos cero o de pseudo primer orden. (Fogler, 2001)

- Reacción de orden cero

Si consideramos una propiedad de calidad (A ó B) la cual disminuye en forma lineal con el tiempo, implica que su variación con respecto al mismo es constante y que por lo tanto la pérdida (-) o ganancia (+) del atributo es independiente de su concentración.

Una reacción de orden cero tendrá una relación lineal entre el atributo y el tiempo, obteniéndose una la ecuación siguiente:

$$-\frac{dC_A}{d\theta} = k(C_A)^0 \quad \longrightarrow \quad -\frac{dC_A}{d\theta} = k$$

Si integramos la ecuación tenemos:

$$C_A = C_{A0} - kt$$

En esta ecuación A_0 es valor inicial atributo considerado y A es el valor final transcurrido un determinado tiempo. (Fogler, 2001)

La relación lineal se representa en el figura 1.

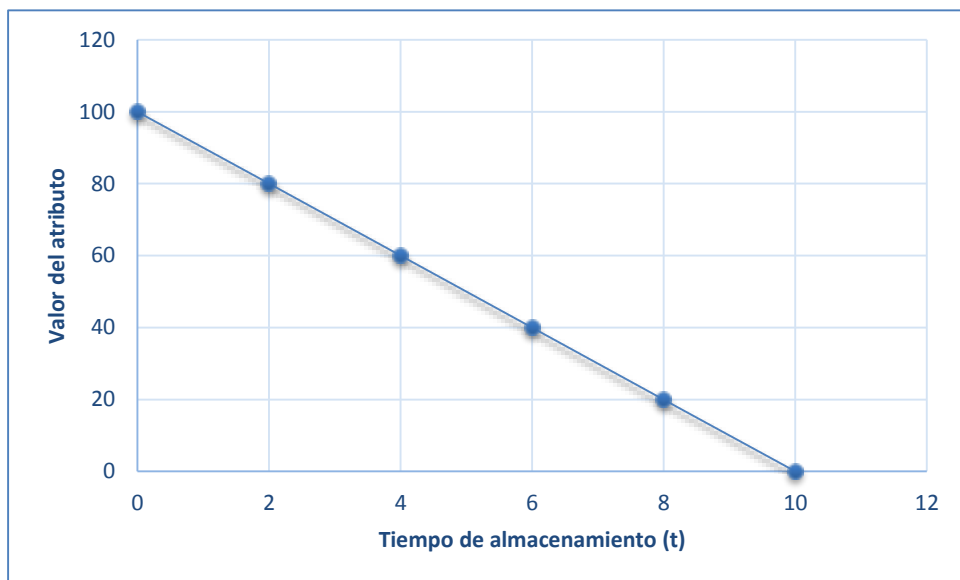


Gráfico 1 Disminución de un atributo durante el tiempo de almacenamiento, Reacción de orden cero

Fuente: (Pillaga, 2007)

- Reacción de primer orden

Si en cambio el atributo que estamos estudiando varía a lo largo del tiempo en forma exponencial, es decir que la aparición o desaparición del atributo que se controla va a depender de su concentración en el medio. Esta relación

exponencial entre el atributo y el tiempo se expresa como una reacción de primer orden.

$$-\frac{dC_A}{d\theta} = k(C_A)^1 \longrightarrow -\frac{dC_A}{d\theta} = kC_A$$

Integrando la ecuación anterior:

$$\ln C_A = \ln C_{A0} - kt$$

En esta ecuación A_0 es valor inicial atributo considerado y A es el valor final transcurrido un determinado tiempo. (Fogler, 2001)

La relación en el figura 2 es logarítmica:

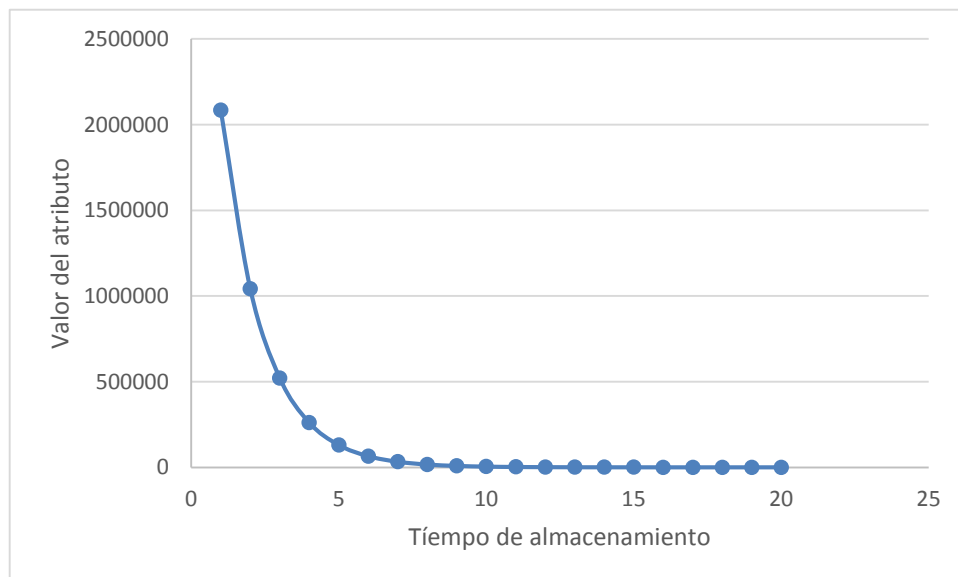


Gráfico 2 Disminución de un atributo durante el tiempo de almacenamiento, Reacción de primer orden

Fuente: (Pillaga, 2007)

Si colocamos los datos del gráfico 2 en una gráfica semilogarítmica se obtiene:

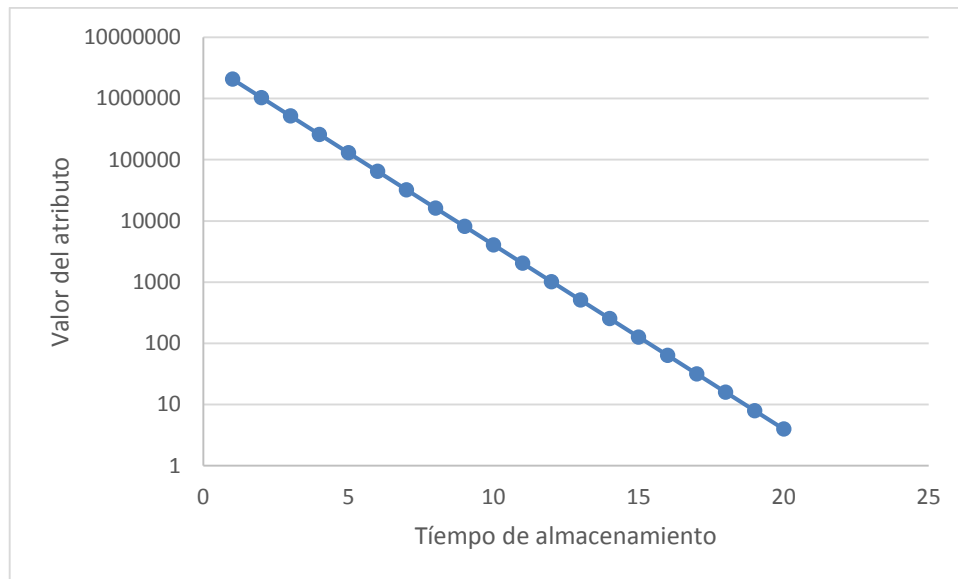


Gráfico 3 Disminución de un atributo durante el tiempo de almacenamiento, Reacción de primer orden colocado en un gráfico semilogarítmico.

Fuente (autor)

Como se puede observar en el gráfico 3, la forma en la que se comportan los datos nos facilita la obtención de la pendiente, la que es equivalente a K para una reacción de primer orden.

Por esta razón en el método integral la gráfica y ecuación de una reacción de primer orden se obtiene graficando $(\ln Ca_0 - \ln Ca)$ vs t . Donde:

- $\ln Ca_0$: logaritmo neperiano de la concentración de A inicial
- $\ln Ca$: logaritmo de la concentración final de A en un tiempo determinado
- t : tiempo

- Procedimiento de Arrhenius

En muchas ocasiones los períodos que se necesitan para determinar el tiempo de vida útil de un producto son muy largos, por lo tanto se recurre a este procedimiento, en el cual se somete al producto a situaciones críticas de almacenamiento, para esto se lo coloca a diferentes temperaturas, más altas que las ambientales, con lo cual se logra un envejecimiento rápido, y así poder

determinar mediante parámetros cinéticos en un periodo más corto el tiempo de vida útil.

La temperatura afecta fuertemente las constantes de reacción y, si bien es cierto, otros parámetros tales como humedad relativa, luz, presión total y parcial se pueden manejar con un adecuado envase para el producto, esto no ocurre con la temperatura.

Para obtener una representación gráfica de exactitud aceptable se necesitan conocer las constantes de velocidad a tres o más temperaturas. Desde el punto de vista estadístico deberían utilizarse al menos seis temperaturas diferentes, pero debido al coste del análisis y a la dificultad de disponer de estufas a seis temperaturas distintas constantes, es corriente usar menor número de temperaturas.

Cuando se grafica la variación del atributo con respecto al tiempo y a diferentes temperaturas, se obtendrían diferentes curvas, representados en el grafico 4, en donde la pendiente de la curva aumenta conforme aumenta la temperatura, por lo que se tendrá que si $T_3 > T_2 > T_1 \rightarrow k_3 > k_2 > k_1$.

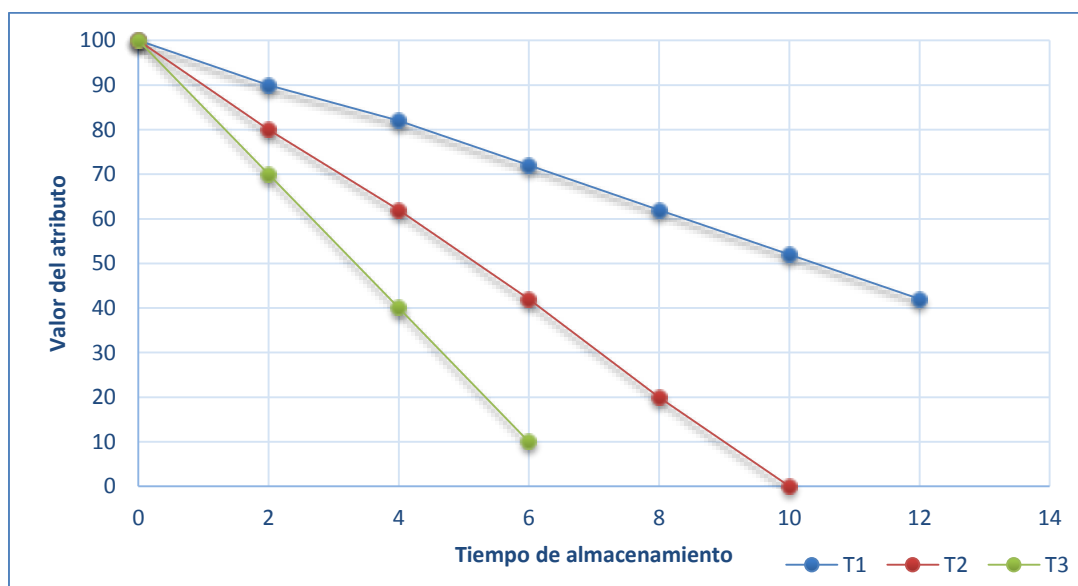


Gráfico 4 Influencia de la temperatura en una reacción de deterioro de orden cero.

Fuente: (Pillaga, 2007)



Para describir la influencia de la temperatura sobre la constante de reacción, Arrhenius planteo una ecuación para explicar este fenómeno:

$$k = k_0 e^{\left(-\frac{E_a}{RT}\right)} \quad (\text{Fogler, 2001})$$

En esta ecuación:

k_0 = factor pre-exponencial (día^{-1})

E_a = Energía de activación ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)

R = Constante de los gases perfectos ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

T = Temperatura absoluta (K)

Esta ecuación nos indica que la reacción se da únicamente cuando el calor es el suficiente para activar las moléculas, y la energía de activación se define como la mínima energía que deben poseer las moléculas antes de que ocurra la reacción, y el término exponencial nos indica la fracción de las moléculas que poseen esta mínima energía. (Fogler, 2001)

1.2.8 ISOTERMAS DE ADSORCION / DESORCION

Un gráfico de Isotherma de Adsorción/Desorción relaciona el contenido de agua en porcentaje de una sustancia con su actividad acuosa en condiciones de equilibrio y a una temperatura dada. Al analizar este tipo de gráficos podremos observar que las curvas de adsorción y desorción no siguen el mismo camino. Se trata de un fenómeno que se analiza en el gráfico 5 llamada histéresis, el cual es un importante parámetro a tener en cuenta; al momento de efectuar procesos de deshidrataciones y rehidrataciones.

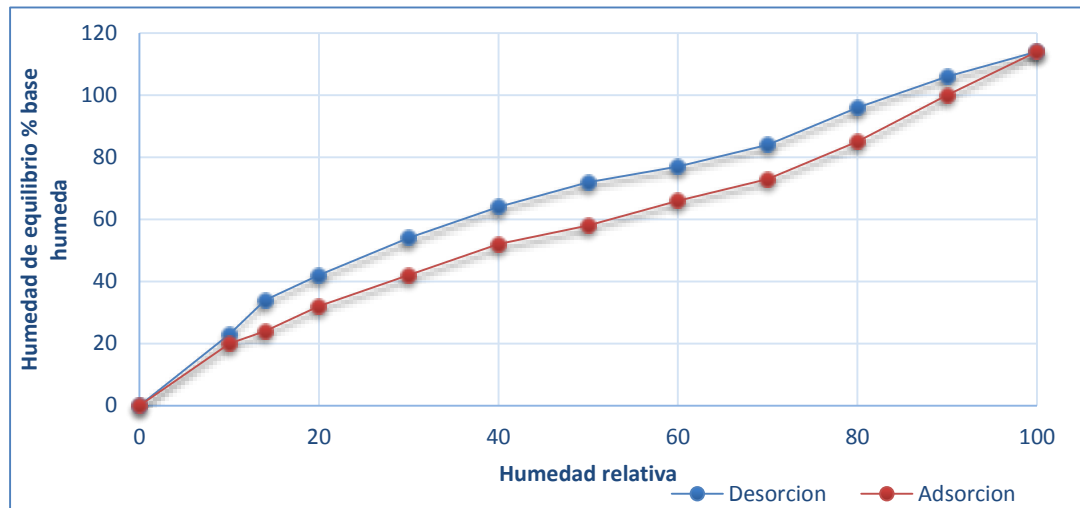


Gráfico 5 Representación de la Histéresis, proceso de hidratación y deshidratación.

Fuente: (Sandoval, 1954)

1.2.9 TIPOS DE AGUAS EXISTENTES EN EL ALIMENTO

El contenido total de agua dentro de un alimento no es conocido, las condiciones para la determinación de la humedad son determinadas experimentalmente.

- Agua en forma libre: En los espacios intergranulares, dentro de los poros del material
- Agua adsorbida: Asociada a las macromoléculas por fuerzas de adsorción (van der Waals o puentes de hidrógeno)
- Agua enlazada: En combinación con diversas sustancias (agua de hidratación)

1.2.10 ACTIVIDAD ACUOSA

La actividad acuosa (a_w) es el agua disponible para que ocurra cualquier tipo de reacción de deterioro en el alimento. Cuanto menor sea la a_w , menor probabilidad de deteriorarse tiene el alimento

Relación Matemática:

$$a_w = \left[\frac{p}{p_o} \right]_t$$



En donde:

$p = \text{Presión de vapor de agua en el sistema}$

$p_o = \text{Presión parcial de vapor del agua pura}$

Ambos parámetros determinados a la misma temperatura.

$a_w = 1$ parámetro determinado para el agua pura; en el alimento los valores son menores a 1 porque el alimento contiene solutos, que disminuyen la presión de vapor. (Testo, 2006)

1.2.11 ACTIVIDAD ACUOSA Y REACCIONES DE DETERIORO

En los alimentos, la retención del agua se produce por factores tales como la composición de nutrientes de los alimentos (donde encontramos que las proteínas y los almidones retienen mejor el agua en la región inferior de las isothermas que los lípidos y los azúcares), el estado físico (cristalino o amorfo), cambios de pH, fuerza iónica, etc. Las determinaciones de a_w nos permiten poder prever el comportamiento de los alimentos en cuanto:

- a. Desarrollo de microorganismos, teniendo las mismas consideraciones que para el caso de los medicamentos, es evidente que los alimentos frescos con una elevada actividad acuosa son los más susceptibles a la proliferación de microorganismos.
- b. Oxidación de Lípidos, como resultado de la acción del oxígeno sobre los ácidos grasos no saturados se produce una de las primeras reacciones de deterioro de los alimentos, mecanismo en el cual se forman radicales libres, peróxidos lipídicos y compuestos carbonílicos como productos intermedios. En base al análisis de las isothermas desorción se puede notar que la oxidación de lípidos se dará a menor velocidad cuando disponemos de alimentos con valores bajos de actividad acuosa y en un rango de entre 0,2 a 0,35 (Testo, 2006); rango



por sobre el cual la velocidad de alteración del alimento se acrecienta, no sólo por la oxidación de lípidos, sino que también por otros procesos de deterioro.

c. Pardeamiento no enzimático (Reacción de Maillard), Es un tipo de modificación que puede ser deseable o indeseable y que es iniciada por condensaciones entre compuestos carbonílicos y amínicos o por degradación de compuestos carbonílicos de dobles enlaces conjugados, conduce a la formación de polímeros pardos que provocan una modificación del sabor y reducen el valor nutritivo del alimento. El pardeamiento no enzimático encuentra su velocidad máxima de desarrollo en valores que rondan 0,5 a 0,7 de a_w (Testo, 2006), rango por sobre el cual la velocidad disminuye debido a que el agua es un producto de la reacción de pardeamiento no enzimático, y por lo tanto se produce un efecto inhibitorio por acción de la ley de masas.

d. Reacciones enzimáticas: El deterioro por reacciones enzimáticas se debe a las enzimas que pueden ser constituyentes normales de los alimentos o de otras fuentes y comienza a manifestarse a partir de valores de 0,2 de a_w (Testo, 2006), aumentando considerablemente cuando se superan valores de 0,7 de a_w (Testo, 2006). En este tipo de reacción, el agua cumple el papel de disolvente y medio de difusión de los reactivos. Todos estos deterioros y las actividades acuosas en los que se desarrollan con mayor facilidad se pueden apreciar en el mapa de Labuza.

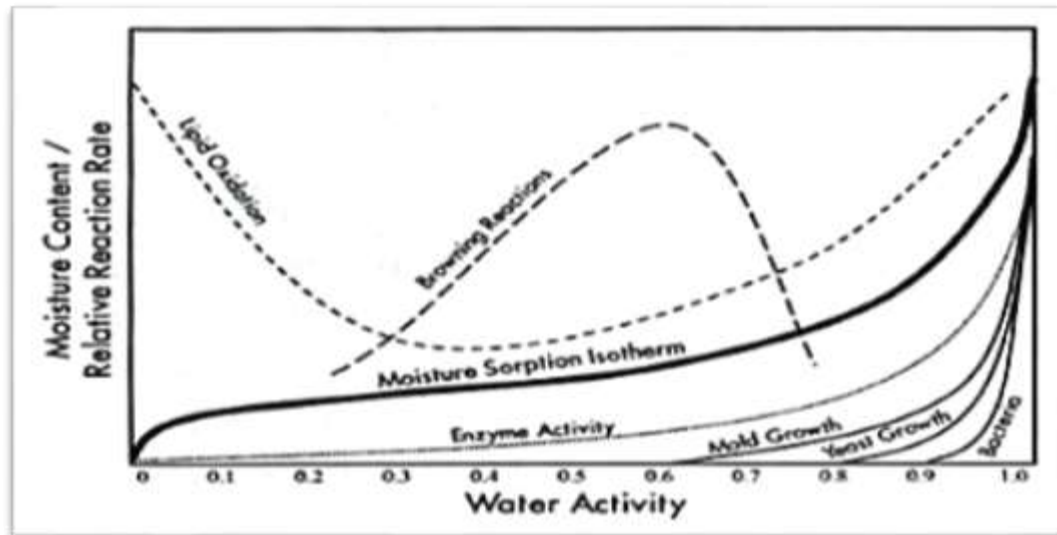


Gráfico 6 Mapa de labuza, muestra la actividades acuosas en los que se desarrollan los microorganismos y reacciones de deterioro en alimentos.

Fuente: (foodsafetymagazine, 2015)

1.3 EXPLICACION DEL CICLO DE REFRIGERACION Y DEL COP

COP (Coefficient of performance o coeficiente de rendimiento): La refrigeración es un ciclo continuo de transferencia de energía térmica de una zona de baja temperatura a una zona de alta temperatura. La temperatura más elevada es la correspondiente a la del ambiente; aire en este caso y se le designa como la temperatura T_0 .

La primera ley de la termodinámica (ley de la conservación de energía) nos permite analizar y diseñar componentes individuales del sistema. Como parámetro de rendimiento la primera ley presenta el coeficiente de rendimiento; el mismo que puede ser representado de la siguiente manera.

$$\text{COP} = \frac{\text{Efecto refrigerante}}{\text{Trabajo neto}} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

Donde:

Q1: es el valor absoluto del calor transferido al mayor disipador de temperatura en este caso el ambiente.

Q2: es el valor absoluto del calor transferido desde la zona de menor temperatura

Aplicando esto a un ciclo básico de compresión de vapor, grafico 7.

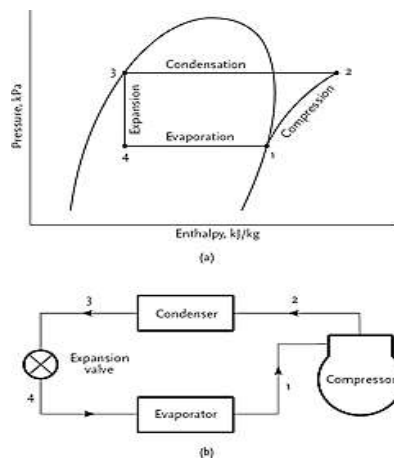


Grafico 7 Ciclo de refrigeración

Se derivan de este las siguientes relaciones:

1-2 Compresión $W_2 = -(h_2 - h_1) m$ (el signo negativo indica que el trabajo es hecho por el compresor sobre el refrigerante)

2-3 Condensación $Q_3 = -(h_2 - h_3) m$

3-4 Válvula de expansión $h_3 = h_4$

4-1 Evaporador $Q_1 = (h_1 - h_4) m$

$$COP = \frac{Q_{entra}}{W} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} > 1 \frac{Kilocal}{h KW}$$

Aplicando la primera ley a un ciclo termodinámico de refrigeración, son descartadas del estudio la energía cinética y la energía potencial debido a que sus valores en este caso son despreciables; debido a que en el sistema el



refrigerante se encuentra circulando a una velocidad lenta, y no presenta cambios significativos de altura.

1.4 VARIABLES E INDICADORES

1.4.1 TEMPERATURA

La velocidad de respiración se incrementa a medida que la temperatura aumenta, por lo tanto una ventaja evidente de la baja temperatura de almacenamiento de frutas y verduras es la desaceleración de las tasas de respiración. Las bajas temperaturas también inhiben el crecimiento microbiano. La mayoría de frutas y verduras se pueden almacenar durante más tiempo con el mejor mantenimiento de la calidad a temperaturas entre 32 y 42 ° F (Breene, 1979).

1.4.2 HUMEDAD RELATIVA (%HR)

La humidificación, comúnmente expresado en términos de humedad relativa o HR, no debe ser ni demasiado alto ni demasiado bajo. Si HR es demasiado alto, mayor a 90%, existe el peligro de deterioro microbiano, si es demasiado bajo, menor al 40%, los productos tienden a secarse, se marchitan y / o se arrugan.

El óptimo de humedad relativa para la mayoría de las frutas es de 85 - 90% HR, para hojas y raíces de verduras almacenadas es mejor al 90-95% de humedad relativa. La mayoría de medios de transporte deben mantenerse a 85 - 90% de humedad relativa. La calabaza se almacena normalmente a 70 - 75% de humedad relativa, esto produce un efecto externo de secado lo suficiente para endurecer la parte exterior de la cáscara y presentar una barrera a la mayor difusión de la humedad desde el interior hacia fuera. (Breene, 1979)



1.4.3 TIEMPO DE CONSERVACION

“Una correcta conservación y almacenaje de los alimentos mantiene mejor las propiedades nutritivas. La temperatura, el tiempo y el tipo de alimento son factores fundamentales a tener en cuenta para conseguir una óptima conservación.

Los alimentos son más susceptibles a las bacterias cuando se encuentran a temperaturas, entre los 5° C y los 65° C. El frío (a menos de 5° C) retarda el desarrollo de las bacterias mientras que el calor (a más de 65° C) destruye ciertos microorganismos. El tiempo de exposición de los alimentos a temperatura ambiente (a excepción de las conservas y productos imperecederos) debe ser el menor posible, incluso los alimentos cocinados deben conservarse en refrigeración.

Una óptima conservación de los alimentos puede ser de dos tipos: conservación por frío y conservación por calor” (Sandoval, 1954).

1.4.4 VIDA DE ESTANTE (SHELF LIFE)

En alimentos, la vida de estante es diferente de la fecha de caducidad. La vida de estante está influenciada por varios factores: la exposición a la luz y el calor, la transmisión de gases (incluyendo humedad), esfuerzos mecánicos y la contaminación por cosas tales como microorganismos. La calidad del producto es a menudo modelado matemáticamente alrededor de un parámetro (la concentración de un compuesto químico, un índice microbiológico, o contenido de humedad).

Para algunos alimentos, la actividad microbiana resulta limitante en su vida útil. Los microorganismos son omnipresentes, y los alimentos no procesados a menudo estarán contaminados por mohos, bacterias o levaduras, tornándose riesgosos para el consumo humano por la posibilidad de causar intoxicaciones o infecciones.



Dados los conceptos anteriores, en la Tabla 2 se muestran datos de temperatura y la vida de estante deseada para los alimentos dentro de refrigeradoras.

Tabla 2. Parámetros promedio en refrigeradoras

	Refrigerador	Legumbreira
Temperatura promedio (°C)	5	8
Vida de estante deseada (días)	15	15

Fuente: Fabrica auspiciante de la investigación.

1.4.5 PARAMETROS DE CONTROL EN LOS ALIMENTOS

- Humedad inicial y humedad final (diferencia de pesos)
- Concentración de sólidos solubles °Brix - (medido en solución)
- pH - (medido en solución)
- Color
- Dureza

1.4.6 SELECCIÓN ALIMENTOS DE LA REGION SIERRA Y SUS CONDICIONES IDEALES DE CONSERVACION.

La selección de alimentos se hizo primeramente por recopilación bibliográfica, donde se revisó sus condiciones ideales de conservación, posteriormente por lo largo de la lista se filtró con el criterio de simular una carga real dentro de los artefactos de prueba, dando como resultados 6 alimentos para la sección de refrigeración mostrados en la Tabla 3 y 4 alimentos para la legumbreira mostrados en la Tabla 4.



REFRIGERADOR 5°C

Tabla 3. Se muestran las condiciones ideales de conservación para los alimentos en refrigeración.

ALIMENTOS	Temp. °F	Temp. °C	% HR	Tiempo de almacenamiento	Fuente
Queso – quesillo					
Tomate riñón	65 - 70	0, + 5	90	1 - 2 meses	(BLUE GOOSE Inc., 1980)
Manzanas	32 - 30	0 y -1	85 - 90	2 a 12 meses	(Ramirez, 1994)
Fresas	32	0	85	2 semanas	(Breene, 1979)
Papaya	45 - 58	7, 13	85 - 90	1 - 3 semanas	(Apolo, 1965)
Enlatados	32 - 39.2	0, +4	75 - 85	09 – 12 meses	(Robert E. Hardenburg, 1988)

LEGUMBRERA 8°C

Tabla 4. Se muestran las condiciones ideales de conservación para las legumbres.

VEGETALES	Temp. °F	Temp. °C	% HR	Tiempo de almacenamiento	Fuente
lechuga	32	0	90 - 95	3 semanas	(Apolo, 1965),
Espinaca	32	0	95 - 98	2 semanas	(Breene, 1979),
Cebolla puerro	32	0	70 - 75	2 semanas	(Chaubin, 1973)
Brócoli	32	0	95	2 semanas	(BLUE GOOSE Inc., 1980)



1.5 PROGRAMA DE MUESTRAS Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS

- Determinar condiciones de refrigeración con la ausencia de producto, en los tres refrigeradores en estudio, se colocaran las termocuplas e higrómetros, determinando así las condiciones de ambiente iniciales dentro del refrigerador.
- Una vez estandarizadas las temperaturas y humedades de los refrigeradores se colocarán cargas con los productos antes descritos y mediante un muestreo se podrá cuantificar variables como textura, color, pH, °Brix y actividad acuosa.
- El muestreo se realizara durante el proceso, cada prueba se realizara por triplicado, el tiempo de toma de muestras es todos los días, por el lapso de 15 días.

1.6 AMBIENTE, MUESTRAS Y VARIABLES A CUANTIFICAR

1.6.1 ALIMENTOS REFRIGERADOS

- Temperatura del ambiente: 5°C (temperatura promedio)
- En la Tabla 5 se especifican los parámetros físico-químicos de análisis:

Tabla 5. Pruebas a realizarse por alimento en la sección de refrigeración

PRODUCTOS	ANALISIS			
	Textura	Color	°Brix	a _w
Queso – quesillo	X	X	-	X
Tomate riñón	X	X	X	-
Manzanas	X	X	X	-
Enlatados	-	X	-	-
Fresas	X	X	X	X
Papaya	X	X	X	X

Fuente: Autores



1.6.2 ALIMENTOS DE LA LEGUMBRERA

- Temperatura del ambiente: 8°C (temperatura promedio)
- En la Tabla 6 se especifican los parámetros físico-químicos de análisis:

Tabla 6. Pruebas a realizarse por alimento en la legumbrera

PRODUCTOS	ANALISIS			
	Textura	Color	pH	a _w
Lechuga	-	X	-	X
Espinaca	-	X	-	X
Cebolla puerro	-	X	X	-
Brócoli	X	X	-	-

Fuente: Autores

CONSIDERACIONES:

En la medida de pH y Brix se aplicaran métodos normados, cuya especificación técnica se detallan en los ANEXOS 2 y 3 respectivamente.



CAPITULO 2 - MÉTODOS Y MATERIALES

2.1 MATERIALES

2.1.1 REFRIGERADORAS

Para el desarrollo del estudio se utilizaran los siguientes artefactos: Artefacto Bioactivo con sistema sin circulación de aire forzado y artefactos No-Frost 1 y No-Frost 2 con sistema de circulación de aire forzado.

2.1.1.1 ARTEFACTO BIOACTIVO CON SISTEMA SIN CIRCULACION DE AIRE FORZADO

El equipo Bioactivo, es un artefacto del tipo domestico desarrollado por una fábrica local, con el fin de conferir una atmosfera de conservación más amigable para los alimentos.

El sistema sin circulación de aire forzado es de comportamiento dual, tiene una circulación de aire no forzado en la sección de refrigeración, donde la transferencia de calor se realiza a través del movimiento del aire por convección natural característico del sistema De-frost y en el congelador el sistema es No-frost con circulación de aire forzada por un ventilador. Un importante detalle del diseño y que la diferencia de los artefactos No-frost es que las secciones de congelador y refrigerador no tienen conexión alguna.

Los artefactos con sistema sin circulación de aire forzado, consta de dos evaporadores, uno en el congelador y otro en la parte de refrigeración.

Un evaporador es un intercambiador de calor en el que se evapora el fluido refrigerante, sustrayendo calor del ambiente. Están constituidos por una red de tuberías en las que se evapora el refrigerante extrayendo energía calórica del ambiente, fenómeno esencial para la generación de un ambiente frio, o potencia frigorífica, que se desea conseguir.



El evaporador de la sección de refrigeración está en contacto con una placa que se encarga de la transferencia de calor. El ambiente interior por ser un sistema De-frost mantiene por mucho más tiempo la humedad y por ende este incremento en la humedad producirá escarcha en la placa.

La acumulación de escarcha tanto en los evaporadores como en la placa se descarta por descongelamientos automáticos cada cierto tiempo, este líquido producto del descongelamiento es recogido y evaporado al ambiente en una bandeja en el exterior del refrigerador. La bandeja se encuentra sobre el motor del refrigerador. La misma se calienta por el funcionamiento del motor.

2.1.1.2 ARTEFACTO NO-FROST 2 CON CIRCULACION DE AIRE FORZADO

El artefacto No-frost producida por una industria local, presenta circulación de aire forzada en todo su ambiente interior, el cual fluye desde el congelador hacia el refrigerador por medio de canales que comunican las dos secciones.

El sistema cuenta con un solo evaporador ubicado en la parte del congelador, de aquí se distribuye el aire frío a la sección de refrigeración por medio de un ventilador, la distribución de aire depende del diseño del refrigerador.

El sistema no genera escarcha visible para el usuario, debido a que la escarcha se almacena en el evaporador y se descongela cada cierto tiempo por medio de niquelinas, el agua producto del descongelamiento se deposita y evapora en una bandeja en la parte exterior del equipo. La bandeja se encuentra situada encima del motor, el cual le da el calor necesario para evaporar el agua de condensación.

El sistema de refrigeración tanto en el Bioactivo y en el No-Frost 1 es el mismo, la diferencia radica en la distribución del aire en el interior en los compartimientos de refrigeración.



2.1.1.3 ARTEFACTO NO-FROST 1 CON CIRCULACION DE AIRE FORZADO

Esta es una refrigeradora con similares características de funcionamiento que el artefacto No-Frost 2, como se mencionó anteriormente las variaciones se encuentran en la distribución de aire frío en el interior y su diseño.

2.1.2 EQUIPO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURAS

Para asegurar la fiabilidad y hacer una toma continua de los datos de temperatura dentro de los artefactos se diseñó un sistema automatizado de control.

El sistema cuenta con 12 termocuplas, divididas en grupos de cuatro para cada artefacto, con una tarjeta de lectura ARDUINO de National Instruments con una programación desarrollado en el software LabView 2011.

LabView es un software para el desarrollo de aplicaciones electrónicas, con el fin de facilitar la programación de instrumentos virtuales, LabView se encarga de gestionar los recursos para el computador en un entorno sencillo y amigable.

El equipo lector de temperaturas tiene la capacidad de darnos lecturas de temperaturas de los equipos, cada diez minutos, asegurando el rango de temperatura a los que son expuestos los alimentos.

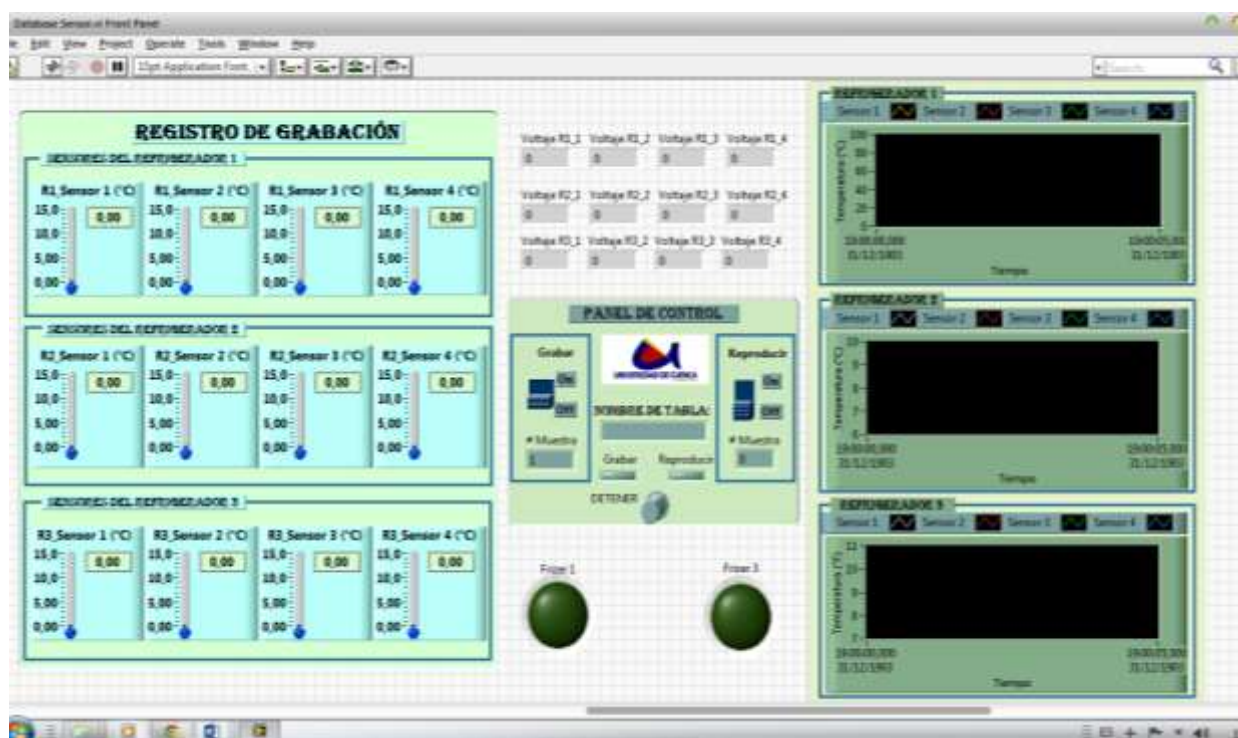


IMAGEN 1. Interfaz programa lector de temperaturas desarrollado en LabView

Fuente: Autores

Las termocuplas a usar en este equipo son termocuplas del tipo K compuesta de cromel(+) y alumel (-). (Facultad de Ingenieria Universidad de Buenos Aires, s.f.).

2.1.3 EQUIPOS DE DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DETERIORO

2.1.3.1 DURÓMETRO

El durómetro utilizado fue de la marca WAGNER INSTRUMENTS. Los penetrómetros o durómetros son también usados para medir la firmeza de las frutas y de los vegetales, este parámetro ayudan al productor a establecer la madurez o estado de las frutas y vegetales ya sea para su cosecha o expendio.

El durómetro usado pertenece a la serie FT: esta serie se caracteriza por una robusta construcción con un manómetro de carcasa plástica resistente a los impactos y puntas de acero inoxidable.

De operación muy simple que consiste en introducir la punta de manera firme en la fruta hasta el tope y leer el manómetro.

La aguja del manómetro se queda en posición hasta que la punta este introducida en la fruta.

ESPECIFICACIONES:

Tiene doble escala: lbf (anglosajón) y gf (métrico). El modelo FT 02 tiene graduación de ± 2 y los modelos FT 10, FT 20, FT 30 y FT 40 tienen graduación de ± 1 . (Ortomet, 2005)



IMAGEN 2. Equipo para determinar la dureza de los alimentos en gf.

Fuente: WAGNER INSTRUMENTS

2.1.3.2 EQUIPO PARA DETERMINAR ACTIVIDAD ACUOSA

Equipo de marca ROTONIC, consta de un sensor de humedad que se caracteriza por una fácil reproducción de resultados y una rápida estabilización. El sensor no tiene diferencial de medición y puede medir hasta un 100% de humedad relativa.

ESPECIFICACIONES:

Tabla 7. Especificaciones del equipo de actividad acuosa

MODELO		DT
Humedad	Elemento sensor	DMS 100/DMS 100H
	Rango de medida	0 ... 100% HR
	Calibración a 25°C	$\leq \pm 2\%$ RH
	Reproducibilidad	$\leq 0.2\%$ RH
	Elemento sensor en tiempo constante	aproximadamente 10 segundos a 25 °C por humedades medias
Límites de operación	Prueba	.-20 ... 70 °C
	instrumento	.-10 ... 50°C
Estabilidad electrónica		≤ 100 ppm/°C
Monitor digital (humedad y temperatura)		3 1/2 LED digital (12mm)
Indicador (humedad y temperatura)		red (incremento) y verde (decremento)
		Inactivo para cambiar de señal, $\leq 0.02\%$ RH/min. Resp. 0.02°C /min

Fuente: ROTONIC

**IMAGEN 3. Equipos para determinar la actividad acuosa de los alimentos**

Fuente: ROTONIC

2.1.3.3 PH METRO

Este equipo consta de un sensor que mide utilizando el método electroquímico, que consiste en medir una diferencia de potencial a través de una fina membrana de vidrio que separa dos soluciones de diferente concentración de protones.

ESPECIFICACIONES:



IMAGEN 4. Equipo de campo, lector de pH

Fuente: Eco Testr

- Pantalla sencilla de una sola línea, permite una fácil lectura.
- Exactitud de escala de ± 0.1 pH.
- Sensor de larga duración con junta de referencia PVDF. El volumen de gel de polímero de referencia le da al sensor un largo período de vida, libre de obstrucciones.
- Compensación automática de temperatura (ATC), esto significa lecturas exactas aún con temperaturas fluctuantes
- Apagado automático

**Tabla 8. Especificaciones del equipo medidor de pH**

MODELO	Eco Testr pH 2
Rango	0,0 a 14,0 pH
Resolución	0,1 pH
Exactitud	±0,1 pH
Calibración	Tres puntos, automática (4,1 - 7,0 - 10,0)

Fuente: Eco Testr

2.1.3.4 TERMÓMETRO

Con este equipo se puede realizar de forma fácil la lectura de las temperaturas de cada una de las termocuplas instaladas en cada uno de los artefactos. Tiene la capacidad de leer dos tipos de termocuplas con un amplio rango de medida.

ESPECIFICACIONES:

Tabla 9. Especificaciones del equipo lector de temperaturas

Pantalla	pantalla LCD de funciones múltiples (5 dígitos)
fuelle de poder de batería	Batería de 9VCD NEDA 1604, IEC 6F22, O 006P
Vida de la batería	160 horas típico con batería de carbón-zinc
Dimensiones/peso	192x91x52,5mm (7,5x3,6x2,1"), 365g(11,7oz)
Escala TC J	-200 a 1050°C (-328 a 1922°F)
Escala TC K	-200 a 1370°C (-328 a 2498°F)
Resolución	0,1°C ó 0,2°F
Unidades de temperatura	Unidades seleccionables de °C o °F
Prefinición	±(0,05% rdg + 0,3°C) -50°C a 1370°C
	±(0,05% rdg + 0,7°C) -50°C a -200°C
	±(0,05% rdg + 0,6°F) -58°F a 2498°F
	±(0,05% rdg + 1,4°F) -58°C a -328°C
Escala de ambiente de operación	0 a 50°C (32 a 122°F); menos de 80%RH
Temperatura de almacenamiento	-2 a 60°C (-4 a 140°F); menos de 70%RH

Fuente: Extech Instruments



IMAGEN 5. Equipo lector de temperaturas

Fuente: Extech Instruments

2.1.3.5 BALANZA

Se utilizó una balanza de plato con sensor electrónico, con un rango de medición de 1500 g y una exactitud de ± 0.01 g, con una temperatura de operación 0/40 de marca Detector, serie 562514/A.

2.1.3.6 CAMARA DIGITAL

Se utilizó una cámara marca Samsung modelo DV300f de 16 megapíxeles, con la capacidad de tomar imágenes en alta definición.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 CUMPLIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE REFRIGERACION SEGÚN NORMA INEN Y SEGÚN NORMA INTERNA DE LA EMPRESA AUSPICIANTE

Previo al estudio se verifico el cumplimiento de los tres equipos en estudio según normas de refrigeración NTE-INEN y algunas normas internas de la empresa auspiciante.



- NTE INEN 2206:2011–8,7 Control de temperaturas de almacenamiento (ANEXO 1)
- NORMA INTERNA – Control de temperaturas en puntos geométricos

2.2.2 CONTROL DE TEMPERATURAS Y HUMEDADES RELATIVAS EN EL DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

2.2.2.1 Calibración de los refrigeradores en rangos similares de temperatura.

Para poder hallar la ecuación de vida de estante fue necesario colocar a los tres refrigeradores en estudio en 3 rangos de temperatura diferentes. Estos rangos de temperatura deben tener la menor diferencia posible entre cada uno de los refrigeradores.

Los rangos son presentados en la Tabla 10:

Tabla 10. Muestra los rangos de temperatura en los que se realizó el estudio

Rangos	Refrigerador	Legumbreira
T1	9 ± 1	11 ± 1
T2	5 ± 1	8 ± 1
T3	1 ± 1	5 ± 1

Fuente: Empresa auspiciante

Para poder colocar a los refrigeradores en este rango se tomó datos de temperatura cuando, los equipos encendían y apagaban. Con este procedimiento se asegura obtener los límites inferior y superior del rango de temperatura propuesto. Una vez obtenida una cantidad suficiente de datos como para justificar que la temperatura se encuentra entre los límites del rango propuesto, se procedió ejecutar el experimento con alimentos.

Este procedimiento se realizó para cada uno de los tres rangos propuestos. Para lograr fijar los rangos de temperatura. Se utilizó los controles de temperatura de cada refrigerador. En algunos casos ciertas modificaciones en el sistema de aire



cada refrigerador fue necesario para colocar la temperatura de los tres refrigeradores en uno de los rangos propuestos. Los datos de calibración de los tres rangos de temperatura para cada refrigerador se encuentran en el ANEXO 4.

Para el control en esta etapa fue utilizado el termómetro de termocuplas mediante tomas manuales de temperatura.

2.2.2.2 Control de temperatura durante el desarrollo del experimento

Para este control de temperaturas se desarrolló un equipo para la lectura de temperaturas de forma automática. Con este equipo el intervalo de toma de datos fue de cada diez minutos, durante todo el desarrollo de los experimentos, garantizando de esta manera el rango de temperatura al cual los alimentos quedan expuestos, aparte de su calibración antes del experimento.

Además de este control se llevó a cabo un control diario con el termómetro de termocuplas, con la finalidad de verificar a la temperatura que se estaba trabajando estos datos pueden ser vistos en el ANEXO 5.

2.2.2.3 Control de humedad al interior del refrigerador.

Los datos de humedad se obtuvieron a partir de Higrómetros colocados dentro de los refrigeradores en un número de 2 por cada uno de ellos. Los higrómetros se colocaron en la legumbreira y refrigerador. Estos equipos controlan la humedad en el interior las 24 horas. En este tiempo el equipo nos entrega el máximo y mínimo de humedad en ese periodo de tiempo. Con estos datos podemos obtener un rango de humedad del ambiente interno del refrigerador. Los datos de humedad se encuentran junto a los datos de control de temperatura durante el desarrollo del experimento expuestos en el ANEXO 5.

2.2.3 PARÁMETROS DE DETERIORO

Estos parámetros fueron monitoreados por un periodo de 15 días, y luego los datos obtenidos fueron graficados con respecto al tiempo, esto por cada refrigerador en cada uno de los rangos de temperatura anteriormente fijados por calibración. Estos datos y gráficos pueden ser observados en el ANEXO 6.

En los gráficos expuestos en el anexo anteriormente mencionado se puede observar con facilidad cuál de los refrigeradores presenta el mejor ambiente de conservación en cada uno de los rangos de temperatura y por alimento.

Se empleó lugares fijos dentro de los artefactos, como se indica en el siguiente esquema, para la colocación de muestras.



IMAGEN 6. Distribución de los alimentos dentro de los artefactos.

Fuente: Autores



La sección denominada como “CHILLING ROOM” no forma parte del estudio porque las temperaturas en su compartimiento son menores al promedio buscado. Para la tabulación de los datos obtenidos se empleó el método integral de determinación de la cinética de reacción.

2.2.3.1 PÉRDIDA DE PESO POR DESHIDRATACION

Es la extracción de agua en forma de vapor desde un alimento, el cual se encuentra en contacto con un aire de menor contenido de humedad, que el aire que se encuentra en equilibrio con su superficie. Este flujo de aire de menor contenido de humedad o se podría llamar aire seco, causa el desplazamiento de la capa de aire que se encuentra en equilibrio con la humedad de la superficie del alimento. Colocando un aire más seco por un instante sobre la superficie, este sistema volverá a buscar un equilibrio y se repetirá el ciclo. De esta manera es como se produce la deshidratación de los alimentos expuestos a corriente de aire. La pérdida de humedad se mide por método gravimétrico.

PROCEDIMIENTO:

- Selección de 3 muestras con pesos similares, la balanza aplicada tiene una precisión de $\pm 0,01\text{g}$.
- Se colocan las muestras en las distintas bandejas de cada una de las refrigeradoras
- Toma y registro diario de los datos de peso por 15 días.
- Obteniendo al final del tiempo expuesto, la deshidratación diaria del alimento y la cantidad total de agua que es capaz de remover cada uno de los ambientes de los refrigeradores en los alimentos.
- Tiempo estimado por muestra 30 segundos.



2.2.3.2 VARIACIÓN DE COLOR

Aplicación comparativa, se tomó fotos todos los días de la muestra entera de cada alimento en estudio. Por periodo de 15 días con la finalidad de observar el deterioro diario de los alimentos en los distintos refrigeradores.

PROCEDIMIENTO:

- Se saca el alimento que va hacer fotografiado de cada uno de los refrigeradores.
- Se enciende la caja de luz se coloca el alimento en la zona marcada de la caja.
- Se toma la fotografía de los tres alimentos.
- Se apaga el equipo de fotografía y se procede a guardar en la misma posición en que fue encontrado.

2.2.3.3 PÉRDIDA DE TEXTURA

Se encuentra directamente relacionado con la variación de la dureza. Este parámetro es un importante indicador de: frescura, madurez y pérdida de humedad.

PROCEDIMIENTO:

- Selección de 3 muestras con dureza similar.
- Distribución de las muestras en cada uno de los artefactos, procurando que queden en condiciones similares.
- En todas las muestras se procede a tomar la dureza en tres puntos (Parte superior, media, inferior). Distribuidos en el perímetro de la misma en un total de 15 tomas. Si la muestra lo permite, esta limitación ocurre únicamente por el tamaño.
- Toma y registro diario de los datos de pérdida de dureza por 15 días.



- Tiempo estimado por muestra 90 segundos.

2.2.3.4 VARIACIÓN DE pH

Corresponde a una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio $[H_3O^+]$ presentes en determinadas disoluciones, de acuerdo a esto a medida que se deshidrata el alimento su concentración de iones hidronio se incrementa aumentando su pH. O variara si el alimento sufre algún tipo de fenómeno como puede ser maduración.

PROCEDIMIENTO: Aplica la norma NTE INEN 0389 (1986) (Spanish): Conservas vegetales. Determinación de la concentración del ion hidrógeno (pH) – ANEXO 2

RESUMEN

- Se requieren 10 g de muestra y la misma cantidad de agua destilada.
- Se colocan en vaso y se procede a moler la muestra.
- Luego se registra el dato con ayuda del pH metro.

2.2.3.5 VARIACIÓN DE BRUX EN LAS FRUTAS

Se denomina como la medida de la cantidad de azúcares disueltos dentro de las frutas. Los refractómetros de temperatura compensada evitan dependencia de la temperatura en mediciones de la densidad.

PROCEDIMIENTO: Aplica la norma NMX-F-103-1982. ALIMENTOS. FRUTAS Y DERIVADOS. DETERMINACIÓN DE GRADOS BRUX – ANEXO 3

Resumen:

- Se corta y pesa una porción de 10g de la muestra y se agrega la misma cantidad de agua destilada.



- Una vez medido se muele el alimento con una cantidad de 50 a 100 golpes. Cuando se encuentra en forma de pasta se procede a realizar el análisis con el refractómetro.
- El análisis se realiza según el tamaño y dureza de la fruta en estudio.
- Se registran los datos y al final del experimento se obtiene la variación de grados Brix con respecto al tiempo.

2.2.4 ANÁLISIS CINÉTICO.

2.2.4.1 CINÉTICA DE REACCION

Para analizar los datos obtenidos de los parámetros de deterioro ya establecidos. Se aplicó un estudio cinético a estos datos como ecuaciones cinéticas de primer orden y de orden cero, ya que las reacciones en los alimentos siempre se encuentran entre estas dos órdenes de reacción (Breene, 1979).

Se procedió a graficar $C_{ao} - C_a$ vs t , para el orden cero. Donde:

- C_{ao} : concentración o atributo medido inicialmente
- C_a : concentración o atributo en estudio medido en un tiempo determinado
- Finalmente t tiempo al que es medido C_a .

Para cada alimento en el refrigerador, de igual manera para cada parámetro a las tres temperaturas que se realizó el estudio. Obteniendo:

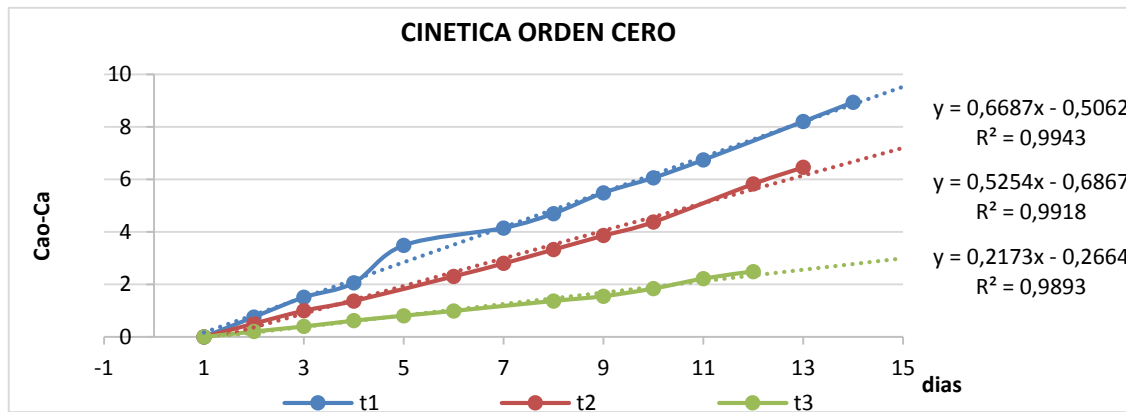


Gráfico 8 Se muestra el comportamiento de un parámetro de deterioro expuesto a tres temperaturas diferentes, aplicando sus datos a una ecuación cinética de orden cero.

Fuente: Autores

Un gráfico similar se obtuvo por cada alimento y por cada parámetro, dentro de cada uno de los tres refrigeradores.

Para el análisis de primer orden se obtuvo:

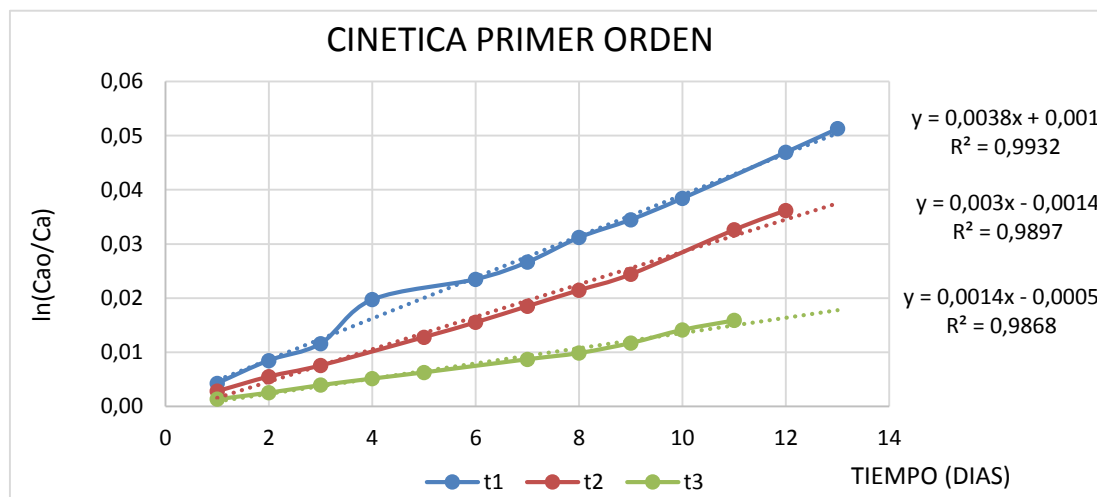


Gráfico 9 Se muestra el comportamiento de un parámetro de deterioro expuesto a tres temperaturas diferentes, aplicando sus datos a una ecuación cinética de primer orden.

Fuente: Autores

De igual forma fue encontrado un gráfico similar por cada parámetro y por cada alimento dentro de cada refrigerador. Esto nos da un resultado de 30 gráficos de



orden cero y 30 de primer orden de un solo parámetro. Teniendo en cuenta que se tiene un promedio de tres parámetros por alimento se obtuvo un total de 180 gráficos cinéticos de este tipo. Los cuales se pueden apreciar en los ANEXOS 6 a 15

Luego de la selección de un solo parámetro, este fue la pérdida de peso por deshidratación. Este parámetro de deterioro fue escogido por mostrar una alta correlación lineal en las curvas cinéticas. Un punto a recalcar es que este parámetro responde de forma adecuada para todos los alimentos. Los demás parámetros no se ajustan adecuadamente a ningún orden de reacción.

2.2.4.2 PROCEDIMIENTO DE ARRHENIUS.

Una vez escogido el parámetro que responde de forma adecuada a la cinética. Se procede a aplicar las pendientes de los gráficos cinéticos de orden cero y primer orden de este parámetro, en el procedimiento de Arrhenius con la finalidad de encontrar la ecuación de vida de estante para cada alimento dentro de cada refrigerador, esta ecuación nos dará la posibilidad de pronosticar el tiempo de conservación de cada alimento a diferentes temperaturas.

El proceso de Arrhenius consiste en graficar $\ln(k)$ frente a $1/T$ donde k es la pendiente de las curvas cinéticas y T la temperatura en grados kelvin a la que cada curva cinética fue obtenida. Finalmente obteniendo:

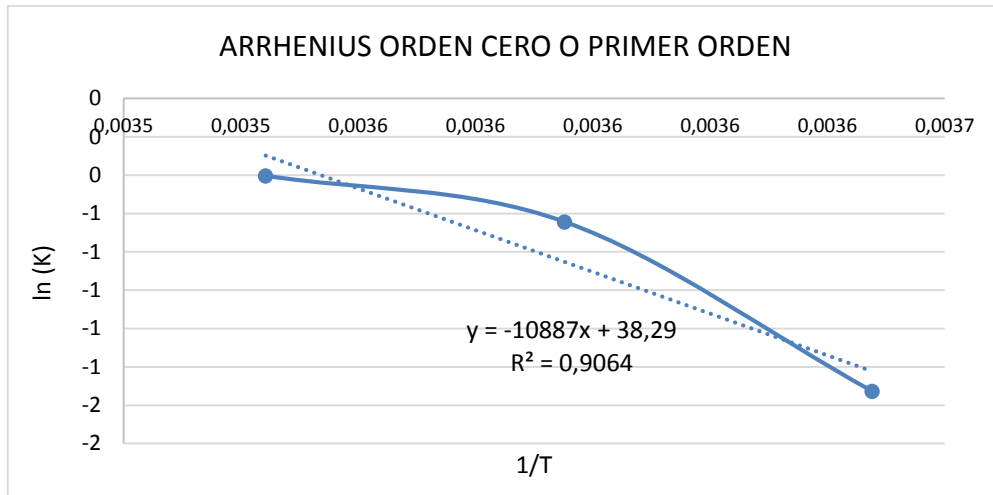


Grafico 10 Muestra la curva correspondiente a la ecuación de Arrhenius para un alimento basados en un parámetro de deterioro de terminado.

Fuente: Autores

En este procedimiento no cambia para el orden de reacción, el mismo proceso puede ser usado para cualquier 4orden de reacción.

De este grafico podemos obtener: $\ln K_0$ y E_a/R , esta última es la pendiente, luego con estos dos datos y una correlación sobre 0.85 podemos obtener coeficiente de velocidad de reacción K basados en la siguiente ecuación.

$$k = k_0 e^{\left(-\frac{E_a}{RT}\right)}$$

En esta ecuación:

K_0 = coeficiente de velocidad de reacción inicial (día^{-1})

E_a = Energía de activación ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)

R = Constante de los gases perfectos ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

T = Temperatura absoluta (K)

Una vez obtenida K coeficiente de velocidad de reacción para cada alimento y para cada refrigerador se aplica este coeficiente en las siguientes ecuaciones:

$$t = \frac{C_{a0} - C_a}{K}$$



Ecuación del tiempo de vida de estante para una reacción de orden cero.

$$t = \frac{\ln(C_{a0}/C_a)}{K}$$

Ecuación de tiempo de vida de estante para una ecuación de primer orden.

Antes de empezar aplicar el procedimiento de Arrhenius se debe comprobar que:

El comportamiento de las pendientes de las curvas cinéticas muestren un adecuado comportamiento con la variación de temperatura en donde $T_1 > T_2 > T_3$, temperaturas con las cuales se deben obtener pendientes que ordenadas por su magnitud deben cumplir $P_1 > P_2 > P_3$. En donde P_1 corresponde a T_1 , P_2 a T_2 y P_3 a T_3 . Esta disposición hace posible aplicar Arrhenius, de no cumplirse este requerimiento es imposible aplicar el estudio.

Se podrá observar posteriormente que si no se aplica este criterio se obtiene un gráfico de la ecuación de Arrhenius con una correlación lineal muy baja, lo que hace imposible decir que la ecuación obtenida a partir de este grafico es confiable.

3. RESULTADOS.

3.1 ESTABILIZACION DE TEMPERATURAS EN LOS TRES RANGOS DE TEMPERATURA PROPUESTOS.

Tabla 11. Promedio de temperaturas y humedades en cada uno de los rangos propuestos para el estudio. Durante el tiempo que duro cada experimento.

Rango de temperaturas	Refrigerador NO-FROST 1						Refrigerador BIOACTIVO						Refrigerador NO-FROST 2					
	Temperatura promedio		%H - R		%H - L		Temperatura promedio		%H - R		%H - L		Temperatura promedio		%H - R		%H - L	
	Refrig.	Legum.	MAX	MIN	MAX	MIN	Refrig.	Legum.	MAX	MIN	MAX	MIN	Refrig.	Legum.	MAX	MIN	MAX	MIN
Temperatura en rango T1	7.962	10.12	49.1	35.6	86.4	80	7.856	10.48	92.6	72.4	83.7	65.6	8.89	11.34	55.2	36.2	85.8	77.1
Temperatura en rango T2	4.49	8.033	53.3	33.4	73.8	59.2	4.463	8.3909	88.63	70.45	68	55.45	4.62	8.64	56.9	29.6	69	57.6
Temperatura en rango T3	0.16	4.6	60.56	37.56	75.2	62.4	1.42	5.733	91.55	72.77	71.89	56.89	0.659	5.289	57.67	28.3	77.88	69

Fuente: Autores



La Tabla 11, muestra la estrecha diferencia entre los promedios de los rangos de temperatura de cada refrigerador. La diferencia en la humedad del ambiente en cada refrigerador es fácilmente apreciable, se distingue por mayor humedad en el ambiente el artefacto Bioactivo en la zona de refrigeración. Es observable también que en la legumbreira la humedad del ambiente es similar en todos los equipos.

Al observar los datos expuestos en la Tabla 11, podemos decir que el refrigerador Bioactivo, con su flujo de aire por convección natural retiene más humedad que los demás refrigeradores. Lo que lleva a ligar a la velocidad de flujo de aire al interior de los refrigeradores con la humedad de su ambiente.

3.2 CINETICA Y VIDA DE ESTANTE

Para el estudio de la cinética se ha dividido en dos partes, estudio en la sección de refrigeración y el estudio en la legumbreira. Esta división fue hecha por las diferentes condiciones de temperatura y humedad que tienen estos compartimentos dentro de un mismo refrigerador.

De todos los parámetros físicos químicos aplicados para medir el deterioro solo será usado “perdida de humedad por deshidratación”. Por mostrar sus datos un buen comportamiento al ser sometido al análisis cinético en todos los alimentos.

3.2.1 ALIMENTOS EN SECCION DE REFRIGERACION

3.2.1.1 TOMATE

Cinética de deterioro basada en Pérdida de Peso por deshidratación.

Correlaciones de los datos obtenidos TABLA 12

Tabla 12. Correlaciones de orden cero y primer orden para el tomate en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos.

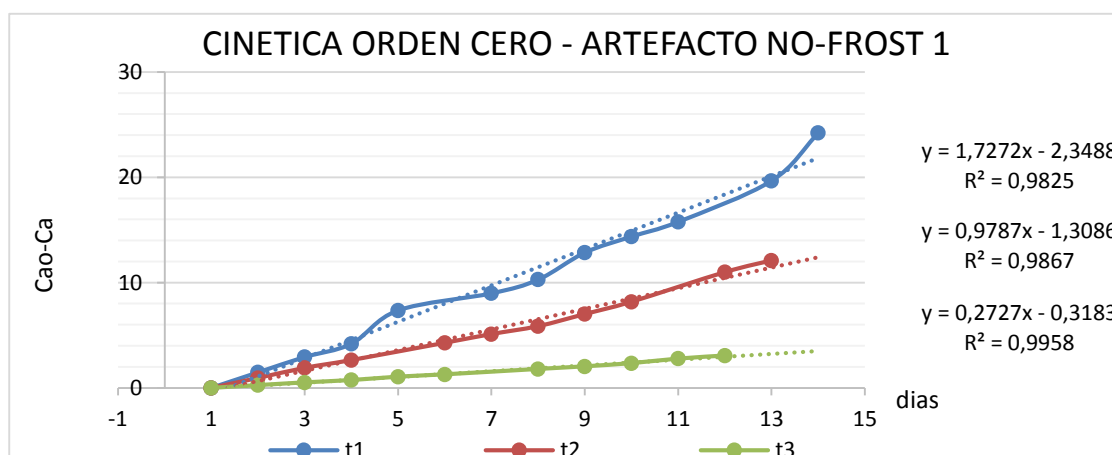


		R. ORDEN CERO	R. PRIMER ORDEN
ARTEFACTO NO-FROST 1	Tmin	0,9895	0,9747
	Tmed	0,9867	0,9824
	Tmax	0,9858	0,9947
ARTEFACTO BIOACTIVO	Tmin	0,9943	0,9932
	Tmed	0,9918	0,9897
	Tmax	0,9893	0,9869
ARTEFACTO NO-FROST 2	Tmin	0,9827	0,9737
	Tmed	0,9863	0,983
	Tmax	0,9949	0,9946
PROMEDIO		0,9890	0,9859

Fuente: Autores

Se puede apreciar en la Tabla 12 basado en el promedio de las correlaciones que la cinética de reacción se puede manejar como una de orden cero por su mayor valor de correlación. Esta alta correlación nos indica el ajuste del fenómeno de deshidratación a estos dos órdenes de reacción en el tomate.

- Análisis de gráficos cinéticos



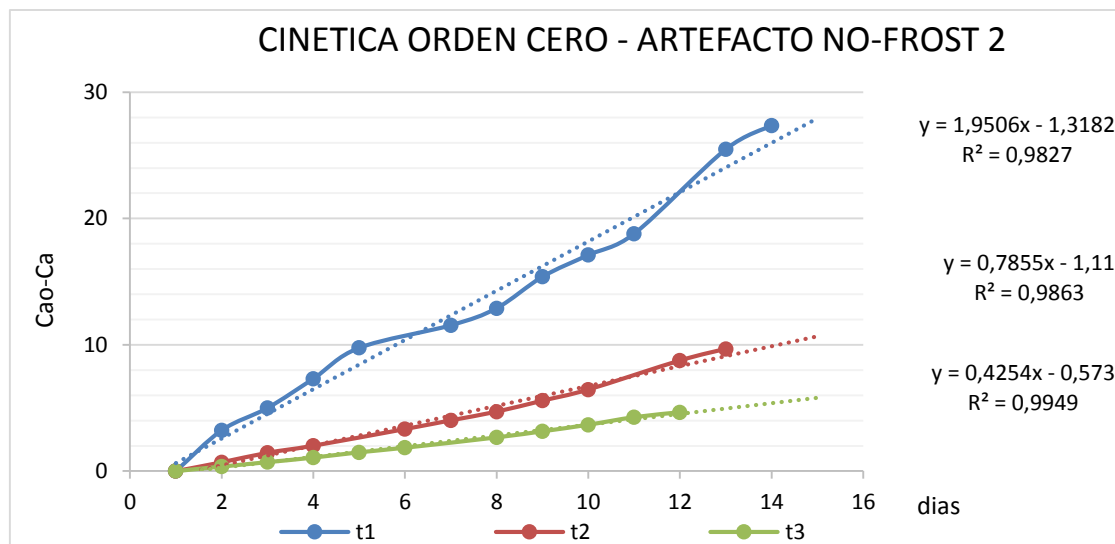
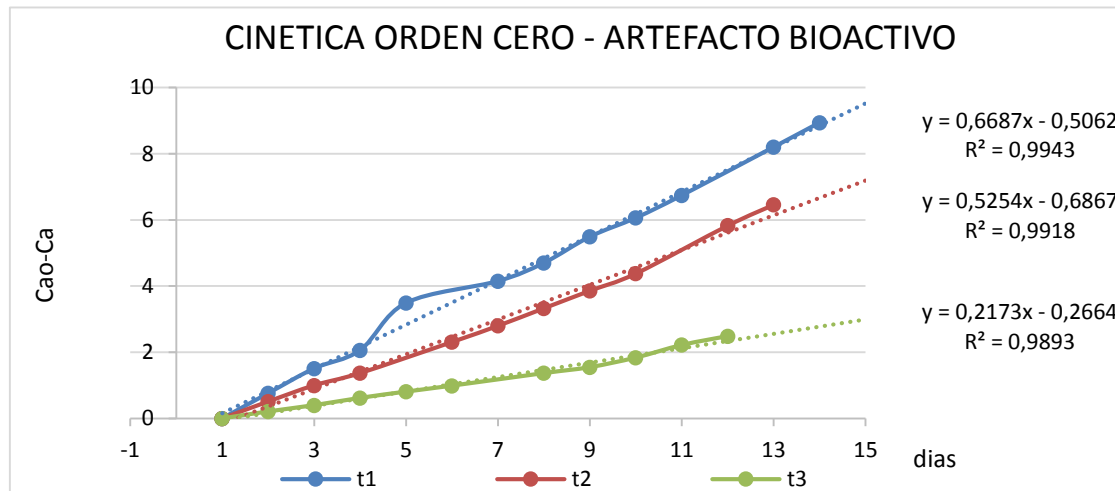


Grafico 11 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en el tomate.

Fuente: Autores

Como se puede observar en las curvas del grafico 11, en todos los aparatos las pendientes varían con la temperatura de manera adecuada. Lo que nos permite aplicar el procedimiento de Arrhenius para obtener la ecuación de vida de estante de un tomate conservado en estos refrigeradores.



- Grafico de la ecuación de Arrhenius

Tabla 13. Calculo de Arrhenius en una reacción de orden cero para la pérdida de peso del tomate

ARTEFACTO NO-FROST 1			
Arrhenius orden cero			
TEMP.	k	1/T	ln(k)
1	0,27	0,0036	-1,31
5	0,98	0,0036	-0,02
9	1,73	0,0035	0,55

ARTEFACTO BIOACTIVO			
Arrhenius orden cero			
TEMP.	k	1/T	ln(k)
1	0,22	0,0036	-1,53
5	0,53	0,0036	-0,64
9	0,67	0,0035	-0,40

ARTEFACTO NO-FRSOT 2			
Arrhenius orden cero			
TEMP.	k	1/T	ln(k)
1	0,43	0,0036	-0,85
5	0,79	0,0036	-0,24
9	1,95	0,0035	0,67

Fuente: Autores

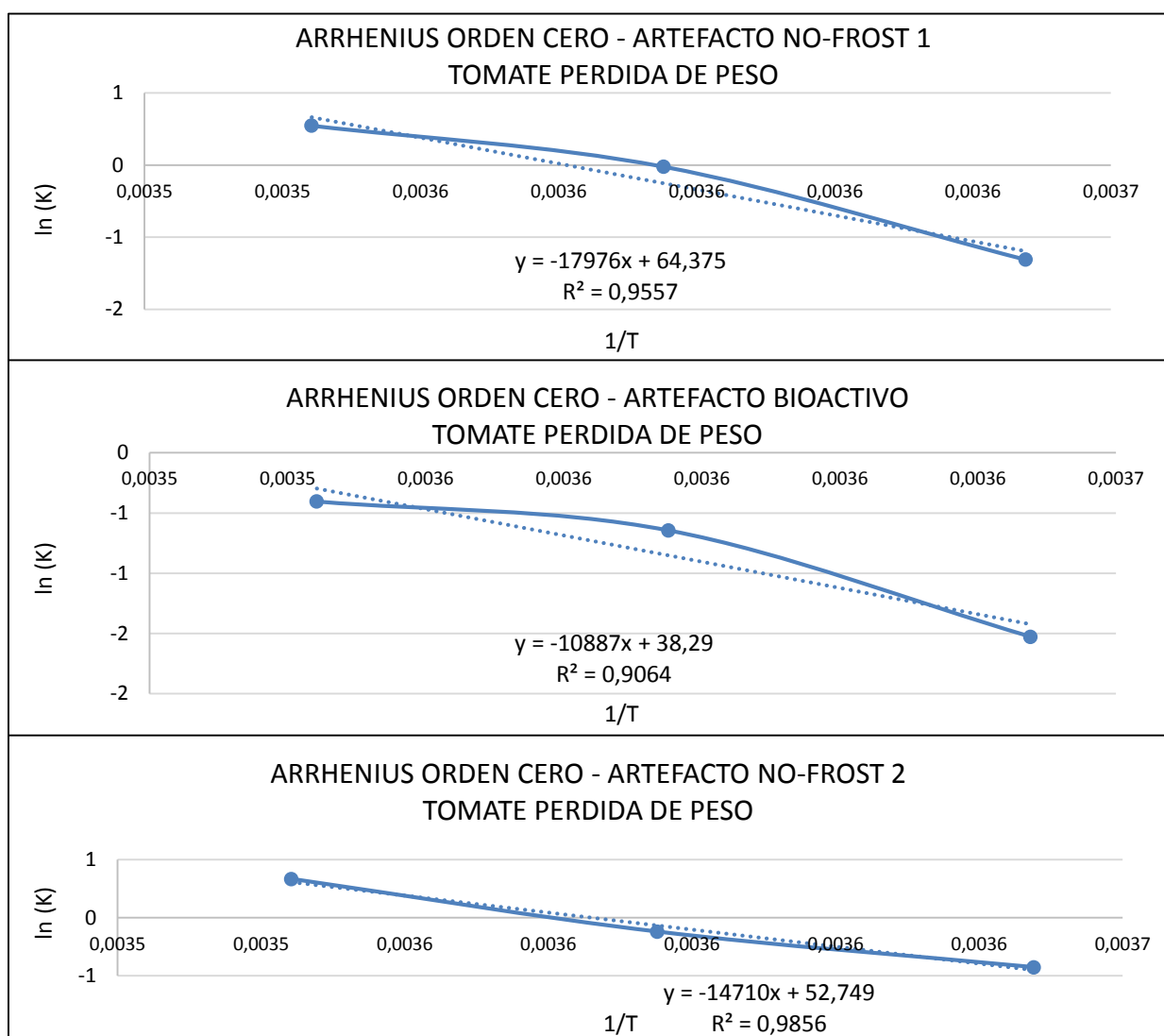


Grafico 12 Ecuación de Arrhenius para cada artefacto de orden cero para el tomate

Fuente: Autores

Las correlaciones de los gráficos de Arrhenius en su mayoría presentan valores superiores a 0,9. El resultado permite el cálculo de la vida de estante.

- Vida de estante a distintas temperaturas

Tabla 14. Vida de estante calculada de una reacción de orden cero basada en la deshidratación del tomate en refrigeración

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
TEMP.	ln k	k	tiempo(días)	TEMP.	ln k	k	tiempo(días)	TEMP.	ln k	k	tiempo(días)
1,00	-1,34	0,26	12,72	1,00	-1,42	0,24	13,80	1	-0,91	0,40	8,25
5,00	-0,31	0,73	4,54	5,00	-0,85	0,43	7,80	5	-0,14	0,87	3,82
10,00	0,94	2,56	1,30	10,00	-0,16	0,85	3,91	10	0,80	2,22	1,50
15,00	2,14	8,54	0,39	15,00	0,51	1,66	2,00	15	1,70	5,47	0,61

Fuente: Autores

La vida de estante máxima calculada analíticamente para los artefactos en estudio es de 12, 13 y 8 días para No-Frost 1, Bioactivo y No-Frost 2 respectivamente. Basados en los datos es posible afirmar el mayor tiempo de conservación en el artefacto Bioactivo para el tomate en cualquier temperatura.

b. Comparación Visual:

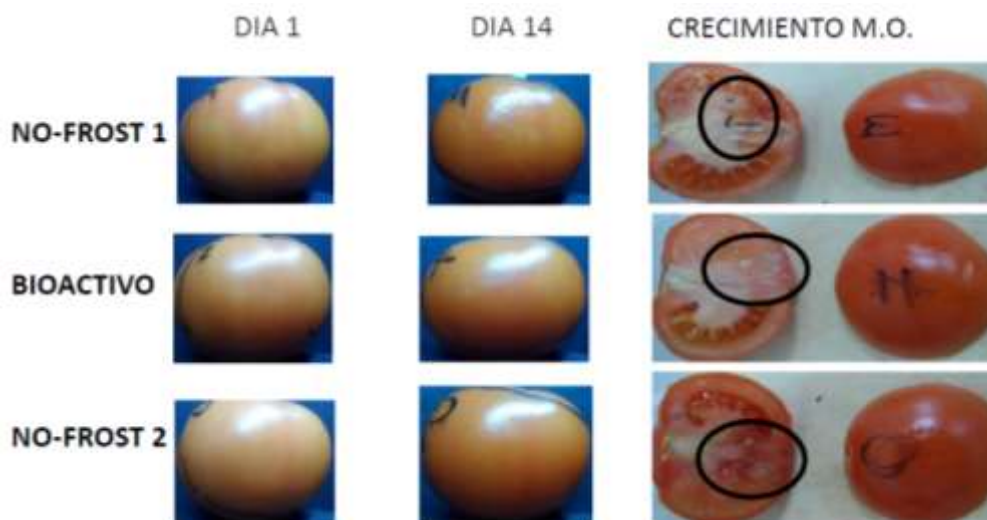


IMAGEN 7. Muestras de tomates de los artefactos en estudio, del día 1 – 14 y la presencia de microorganismos.

Fuente: Autores

Como se aprecia en las imágenes los tomates enteros durante 14 días presentan una leve pérdida de textura. Las muestras de tomates divididos a los 12 días en todos los artefactos se tiene la presencia de moho, el cual se observa en menor cantidad a la muestra correspondiente al artefacto Bioactivo. Por lo que se podría señalar que el mejor ambiente de conservación se encuentra en el refrigerador Bioactivo.

C. Selección del día crítico o tiempo sugerido de conservación.

- Análisis Grafico de un parámetro físico químico representativo.

Para el caso del tomate se escogió la variación de la cantidad de azúcares en la muestra.

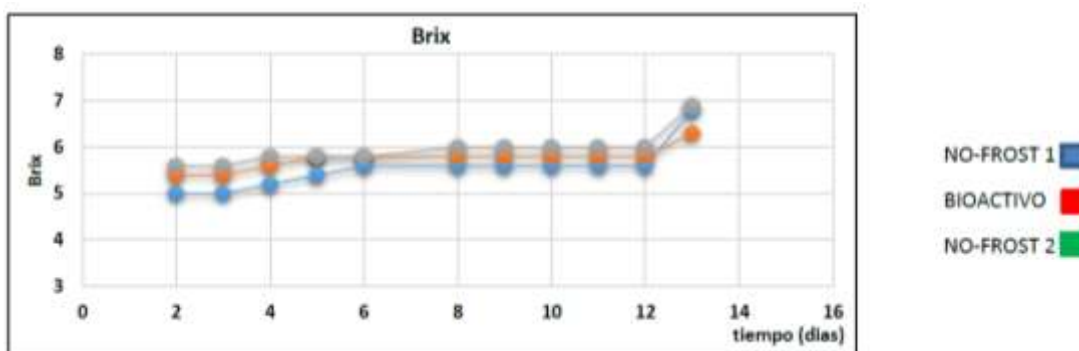


Gráfico 13 Variación del °Brix del tomate respecto al tiempo

Fuente: Autores

Basados en el Gráfico 11 de grados °Brix con respecto al tiempo. Se puede determinar el día 12 como día crítico o tiempo sugerido de conservación. Debido a que en ese punto, en los 3 artefactos tenemos un cambio drástico de la pendiente del °Brix. Pero como se puede verificar en el análisis visual en el día 14 el tomate del artefacto No-Frost 1 empieza a presentar alteraciones en su superficie muy notorias. El día 14 no puede ser escogido como tiempo sugerido de conservación por que el análisis visual es subjetivo.

3.2.1.2 MANZANA

a. Cinética de deterioro basada en Pérdida de Peso deshidratación

Correlaciones de los datos obtenidos TABLA 15

Tabla 15. Correlaciones de orden cero y primer orden para la manzana en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos.

		R. ORDEN CERO	R. PRIMER ORDEN
ARTEFACTO NO-FROST 1	Tmin	0,9979	0,9982
	Tmed	0,9938	0,9924
	Tmax	0,996	0,997
ARTEFACTO BIOACTIVO	Tmin	0,9786	0,9927
	Tmed	0,9924	0,9924
	Tmax	0,9958	0,9889
ARTEFACTO NO-FROST 2	Tmin	0,9982	0,9983
	Tmed	0,9975	0,9967
	Tmax	0,9972	0,9969
PROMEDIO		0,9942	0,9948

Fuente: Autores

Como se puede observar en la tabla 15, la alta correlación nos indica un buen comportamiento del fenómeno de deshidratación en la manzana, en un orden de reacción de primer orden o de orden cero. Esto muestra que aparentemente se podría utilizar cualquiera de los órdenes de reacción para determinar la ecuación de Arrhenius y posteriormente la vida de estante.



- **Análisis de gráficos cinéticos:**

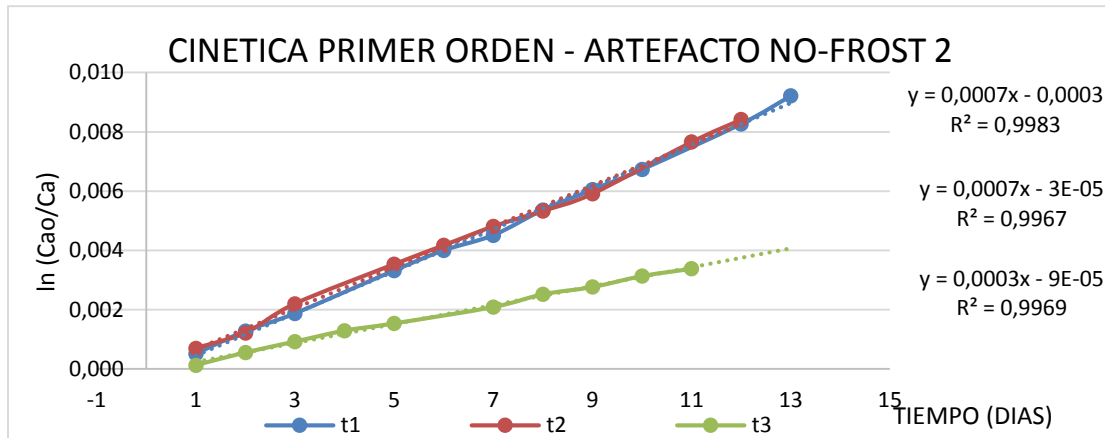
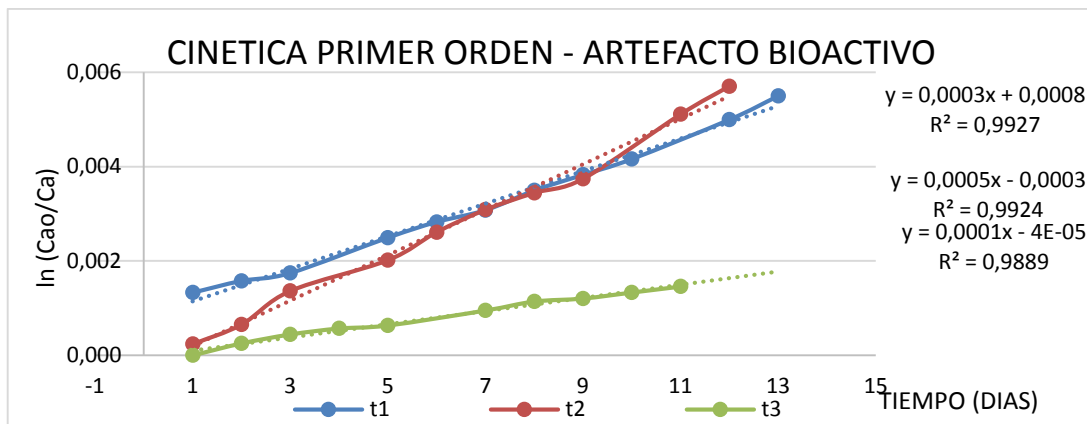
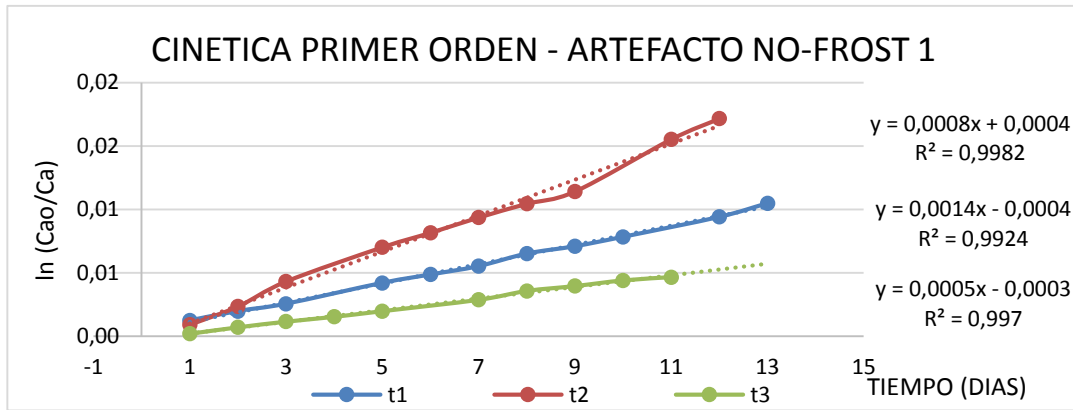


Gráfico 14 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un primer orden de reacción, en la manzana.

Fuente: Autores

Como se observa las pendientes de las curvas cinéticas no varían de acorde con la temperatura en ninguno de los órdenes de reacción. Lo que imposibilita la aplicación del modelo de Arrhenius y la obtención de vida de estante.



- Grafico de la ecuación de Arrhenius.

- PRIMER ORDEN

Tabla 16. Calculo de Arrhenius en una reacción de primer orden para la pérdida de peso por deshidratación como parámetro de deterioro en la manzana.

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
Arrhenius PRIMER ORDEN				Arrhenius PRIMER ORDEN				Arrhenius PRIMER ORDEN			
TEMP.	k	1/T	ln(k)	TEMP.	K	1/T	ln(k)	TEMP.	k	1/T	ln(k)
1.00	-	-	-	1,00	-	-	-	1.00	-	-	-
5.00	-	-	-	5,00	-	-	-	5.00	-	-	-
9.00	-	-	-	9,00	-	-	-	9.00	-	-	-

Fuente: Autores

- Vida de estante

Tabla 17. Vida de estante calculada de una reacción de primer orden para la pérdida de peso de la manzana como parámetro de deterioro.

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
TEMP.	ln k	k	tiempo(días)	TEMP.	ln k	k	tiempo(días)	TEMP.	ln k	k	tiempo(días)
1.00	-	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-
5.00	-	-	-	5.00	-	-	-	5.00	-	-	-
9.00	-	-	-	9.00	-	-	-	9.00	-	-	-
1.00	-	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-

Fuente: Autores

Al no poder obtener datos de la vida de estante por la ecuación de Arrhenius, se puede sugerir tiempos de conservación basándonos en el análisis gráfico y parámetros fisicoquímicos que apoyen la selección del día propuesto.

b. Comparación Visual:



IMAGEN 10. Manzanas enteras durante 15 días de prueba, en las condiciones de trabajo de los artefactos no presentaron un cambio apreciable en la parte externa de la fruta.

Fuente: Autores

PARDEAMIENTO ENZIMATICO:

NO-FROST 1



BIOACTIVO



NO-FROST 2

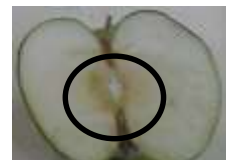


IMAGEN 13. Comparación de pardeamiento de las muestras de manzanas de los artefactos en estudio en el día 14

Fuente: Autores

Las muestras de manzana divididas, expuestas al ambiente interno del artefacto presentaron un mayor pardeamiento enzimático y deshidratación en los artefactos NO-FROST 1 y NO-FROST 2, después de los 15 días de prueba.



C. Análisis Grafico

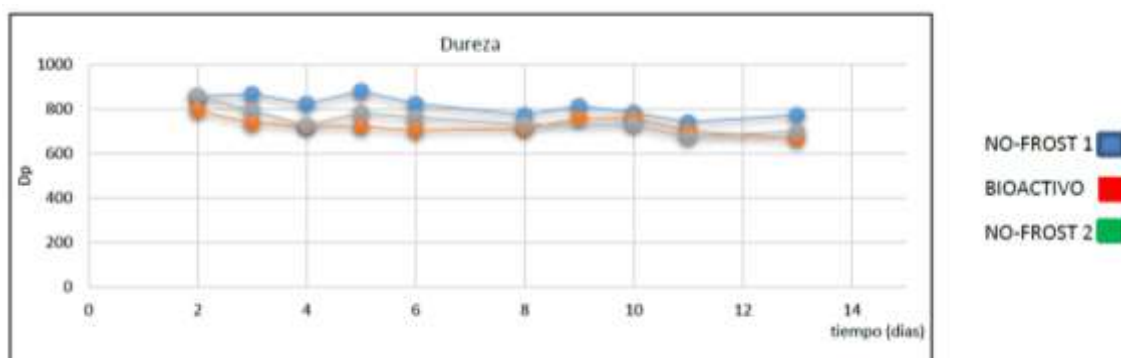


Grafico 15 Variación de la dureza de la manzana respecto al tiempo

Fuente: Autores

La dureza de la manzana no se ve muy afectado por el ambiente por lo que se puede determinar que: el tiempo de conservación en cualquiera de los tres refrigeradores es mayor a 15 días. Otro factor que pude apoyar lo expuesto es la no alteración en sus características organolépticas ni físicas que comprometan su consumo.

3.2.1.3 PAPAYA

- a. Cinética de deterioro basado en la pérdida de peso por deshidratación.

Correlaciones de los datos obtenidos TABLA 18

Tabla 18. Correlaciones de orden cero y primer orden para el tomate en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos.

		R. ORDEN CERO	R. PRIMER ORDEN
ARTEFACTO NO-FROST 1	Tmin	0,9992	0,9988
	Tmed	0,9867	0,9829
	Tmax	0,999	0,9987
ARTEFACTO BIOACTIVO	Tmin	0,9985	0,9979
	Tmed	0,9765	0,9741
	Tmax	0,9967	0,9957
ARTEFACTO NO-FROST 2	Tmin	0,9987	0,9981
	Tmed	0,9873	0,9847
	Tmax	0,9983	0,9971
PROMEDIO		0,9934	0,9920

Fuente: Autores

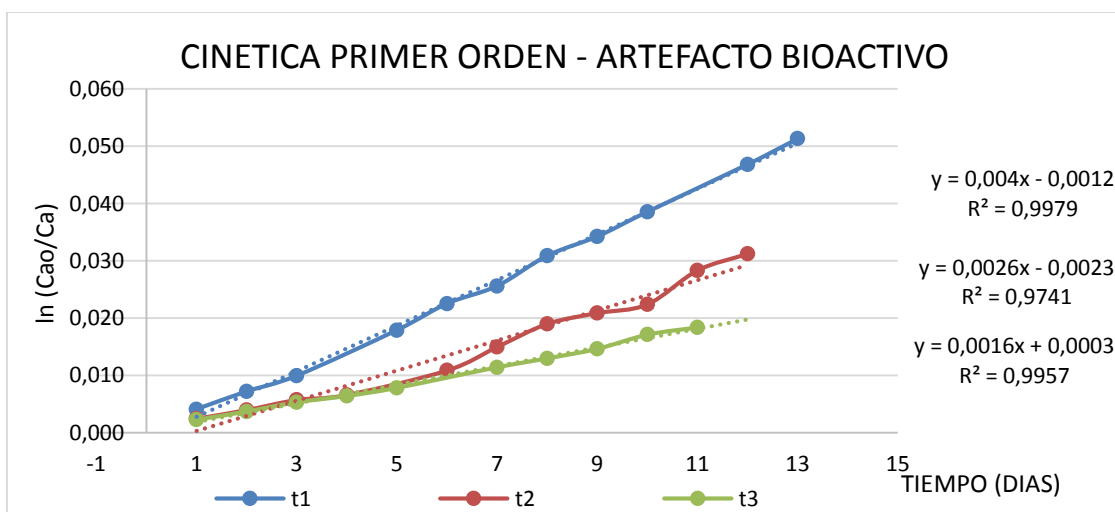
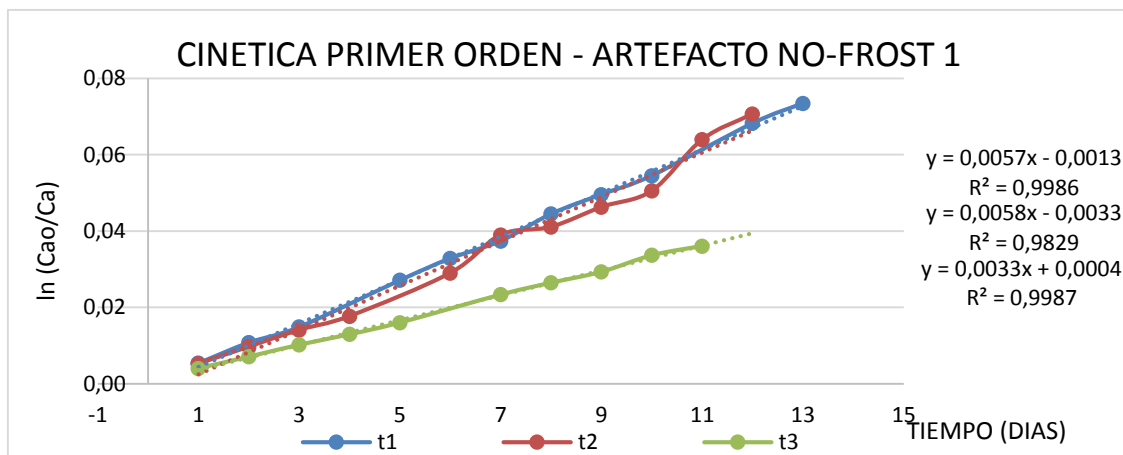


Las correlaciones muestran un buen ajuste de los datos a la cinética de primer orden y de orden cero. También no se pudo observar una diferencia representativa en los promedios de correlación expuesta en la Tabla 18 razón por lo cual cualquiera de los órdenes de reacción sería válido para el estudio de Arrhenius.

- Análisis de gráficos cinéticos

Al observar las curvas cinéticas de la papaya en el artefacto No-Frost 1 se puede observar, que Arrhenius no se puede aplicar con orden cero debido que no existe variación adecuada de la pendiente con la temperatura. Por esta razón únicamente es aplicable como ecuación de primer orden.

- CINETICA DE PRIMER ORDEN



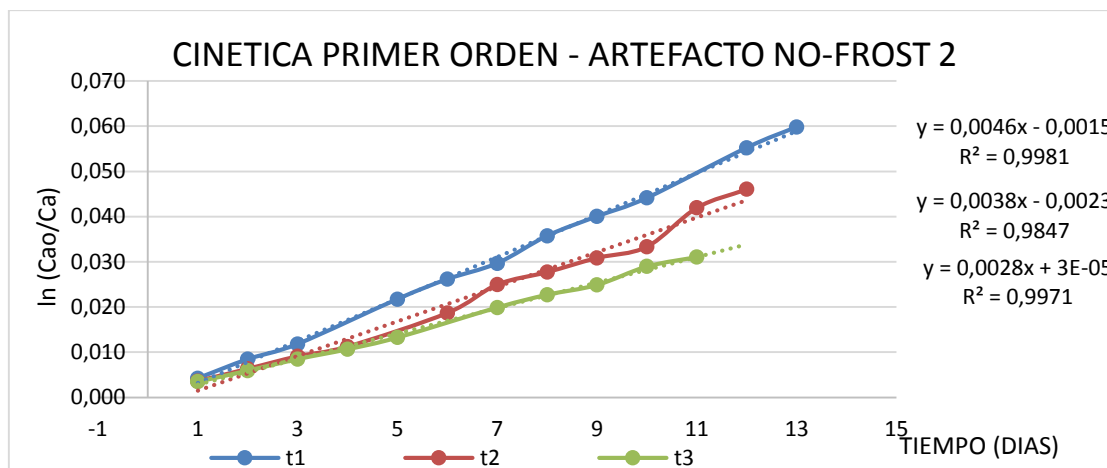


Grafico 16 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en la papaya.

Fuente: Autores

Como se puede apreciar en los gráficos las correlaciones y el comportamiento de las pendientes con la temperatura es el adecuado en este orden de reacción para poder aplicar Arrhenius

- Grafico de la ecuación de Arrhenius

- PRIMER ORDEN

Tabla 19. Calculo de Arrhenius en una reacción de primer orden para la pérdida de peso por deshidratación como factor de deterioro para la papaya

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
Arrhenius PRIMER ORDEN				Arrhenius PRIMER ORDEN				Arrhenius PRIMER ORDEN			
TEMP.	k	1/T	ln(k)	TEMP.	k	1/T	ln(k)	TEMP.	k	1/T	ln(k)
1	0,0033	0,0036	-5,71	1	0,0016	0,0036	-6,44	1	0,0028	0,0036	-5,88
5	0,0058	0,0036	-5,15	5	0,0026	0,0036	-5,95	5	0,0038	0,0036	-5,57
9	0,0057	0,0035	-5,17	9	0,0040	0,0035	-5,52	9	0,0046	0,0035	-5,38

Fuente: Autores

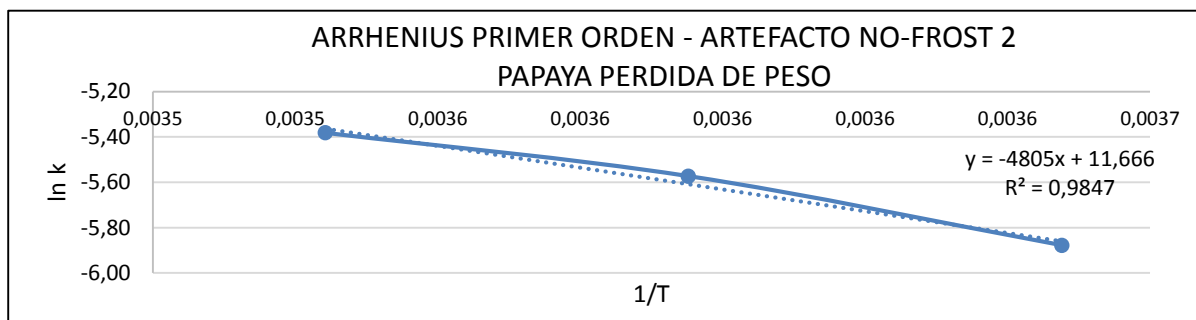
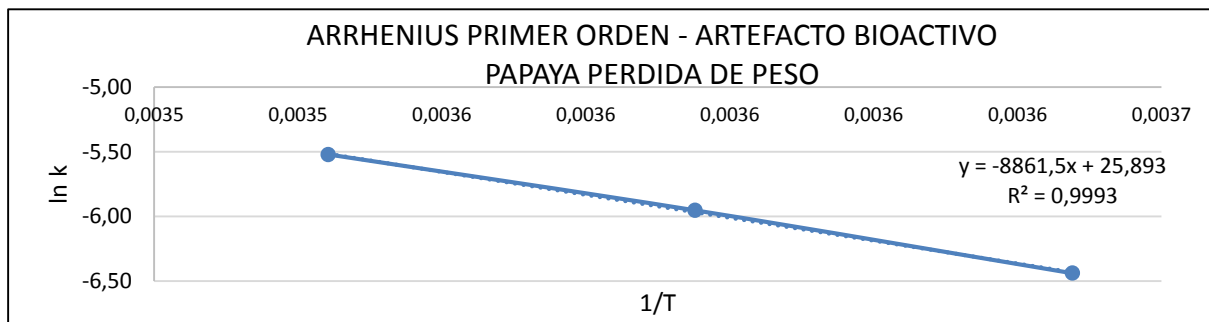
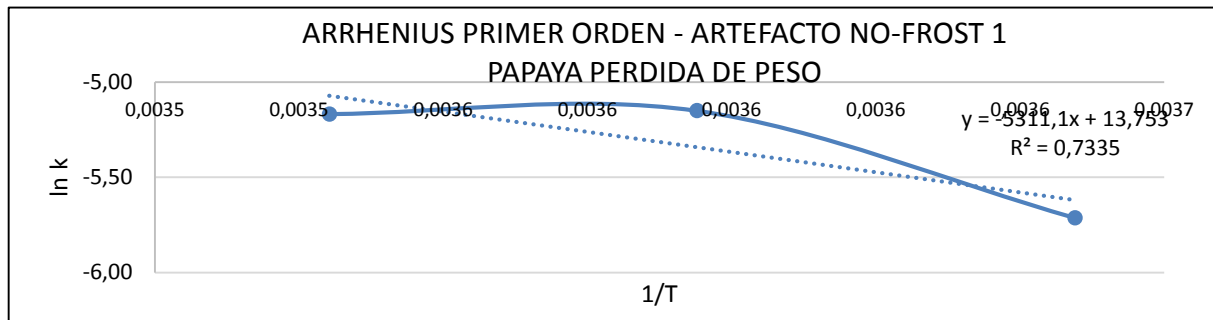


Grafico 17 Ecuación de Arrhenius para cada artefacto de primer orden para la papaya

Fuente: Autores

Se podría considerar aceptable la correlación en el artefacto No-Frost 1, basándonos en que el equipo No-Frost 2 con un sistema de refrigeración similar presenta una buena correlación. Lo que da un buen pronóstico para el comportamiento de la ecuación obtenida.

La dificultad de adaptarse al modelo cinético del refrigerador No-Frost 1. Sería la mayor cantidad de flujo de aire por convección forzada en este equipo por el mayor número de ciclos. Lo cual pone en consideración al flujo de aire en el interior del refrigerador como un factor relevante en la cinética de deterioro en alimentos refrigerados.

- Vida de estante a distintas temperaturas

Tabla 20. Vida de estante calculada de una reacción de primer orden para la pérdida de peso por deshidratación como parámetro de deterioro de la papaya.

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
TEMP.	ln k	k	tiempo(dias)	TEMP.	ln k	k	tiempo(dias)	TEMP.	ln k	k	tiempo(dias)
1	-5,62	0,0036	5,24	1	-6,43	0,0016	11,79	1	-5,86	0,0028	6,67
5	-5,34	0,0048	3,97	5	-5,97	0,0026	7,41	5	-5,61	0,0037	5,19
10	-5,00	0,0067	2,83	10	-5,40	0,0045	4,22	10	-5,30	0,0050	3,82
15	-4,68	0,0093	2,05	15	-4,86	0,0077	2,45	15	-5,01	0,0067	2,85

Fuente: Autores

La vida de estante calculada analíticamente con una temperatura que se considerada ideal para conservación de vegetales y frutas. Para los artefactos en estudio es de 5, 11 y 6 días para No-Frost 1, Bioactivo y No-Frost 2 respectivamente.

Para el cálculo de la vida de estante se utilizó el valor obtenido por deshidratación, en el artefacto Bioactivo del día 12. Por motivo de comprobación será aplicado para el cálculo. Ningún otro parámetro físico químico puede ser aplicado para respaldar la utilización del dato de esta fecha. Por el tiempo extenso de conservación de este alimento.

b. Comparación Visual:

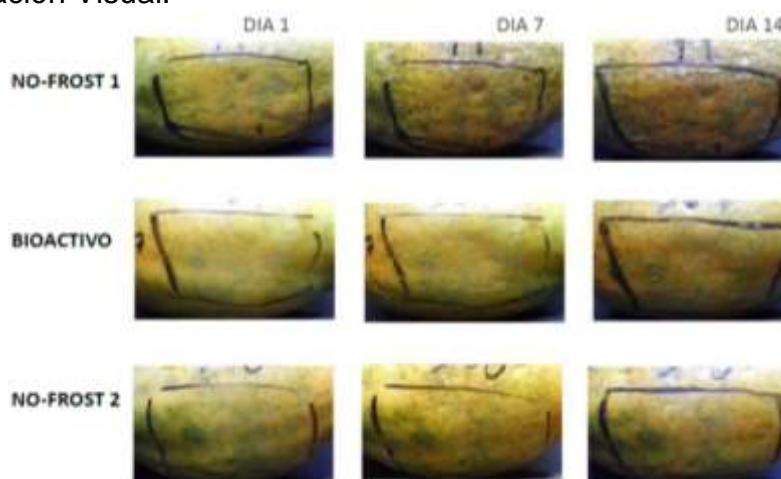


IMAGEN 15. Comparación de cambio de color de la papaya en cada artefacto del día 1 al 14

Fuente: Autores

Se puede observar un cambio de color en todas las muestras. Lo cual pueden ser tomados como signos de maduración.

C. Selección del día crítico o tiempo sugerido de conservación.

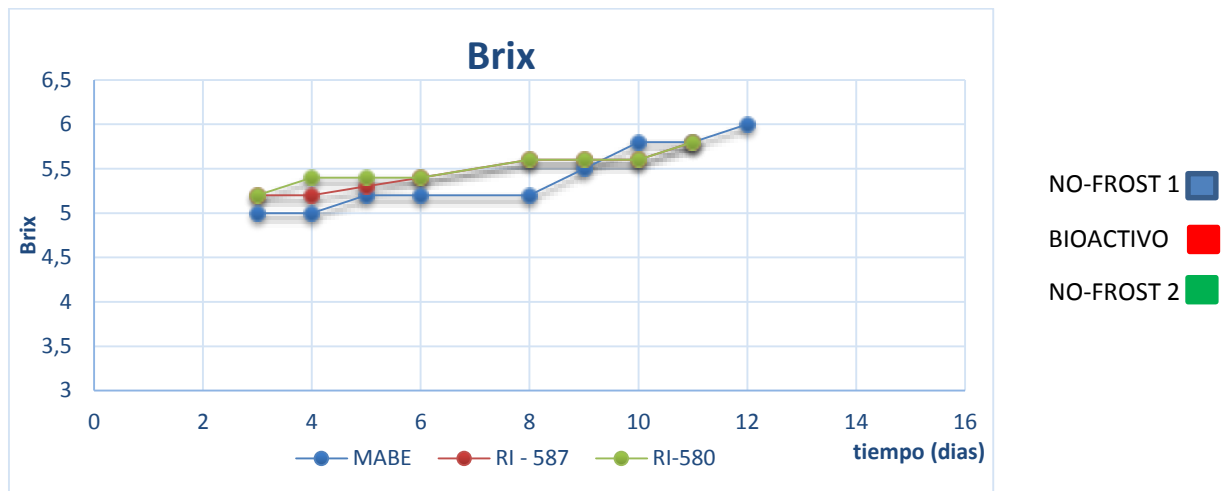


Gráfico 18 Variación del Brix de la papaya respecto al tiempo
Fuente: Autores

Se puede observar en el gráfico de Brix un valor constante de este parámetro por tres días consecutivos en dos artefactos Bioactivo y No-Frost 2, desde el día 8 hasta el 10. Se observó un similar comportamiento desde el 6 hasta el 8 en el artefacto No-Frost 1 el cual presenta un aumento de pendiente hasta tener un valor de Brix ligeramente superior al de las otras dos igualándose todas en el día once. Se escogió el día diez, porque se puede observar la variación de pendiente en No-Frost y Bioactivo para luego un día después igualarse el valor de Brix en las tres refrigeradoras.

3.2.1.4 FRUTILLA

- a. Cinética de deterioro basada en la pérdida de peso por deshidratación.

Correlaciones de los datos obtenidos TABLA 21



Tabla 21. Correlaciones de orden cero y primer orden para el tomate en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos.

		R. ORDEN CERO	R. PRIMER ORDEN
ARTEFACTO NO-FROST 1	Tmin	0.9933	0.9793
	Tmed	0.9980	0.9977
	Tmax	0.9793	0.9918
ARTEFACTO BIOACTIVO	Tmin	0.9837	0.9847
	Tmed	0.9960	0.9924
	Tmax	0.9971	0.9911
ARTEFACTO NO-FROST 2	Tmin	0.9893	0.9563
	Tmed	0.9552	0.9139
	Tmax	0.9981	0.9934
PROMED IO		0,98778	0,97784

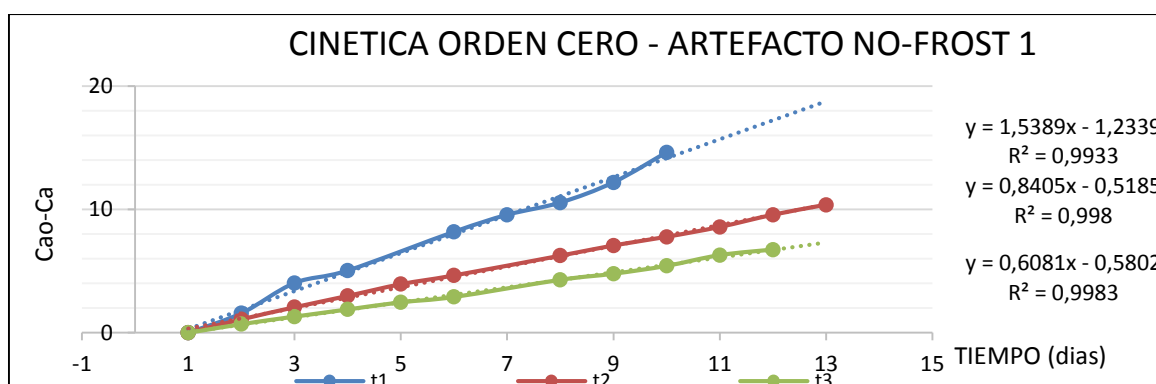
Fuente: Autores

Se puede evidenciar un promedio alto de correlación, lo que indica un buen comportamiento de este fenómeno en una orden de reacción cero y primer orden. En los dos órdenes de reacciones, lo que permitiera utilizar cualquiera de los dos en el análisis de Arrhenius.

- **Análisis de Gráficos cinéticos.**

Se escoge la cinética de primer orden porque el comportamiento de las pendientes de reacción en orden cero no son los adecuados.

- **CINETICA DE PRIMER ORDEN**



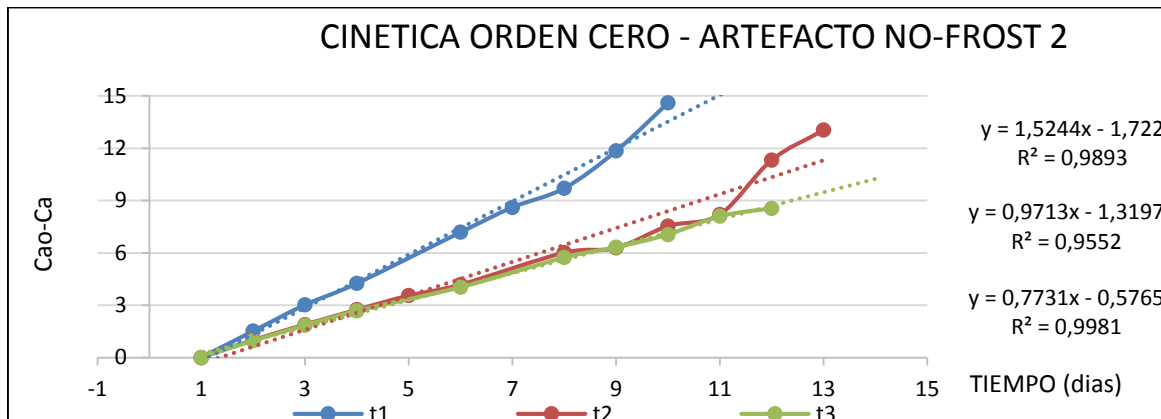
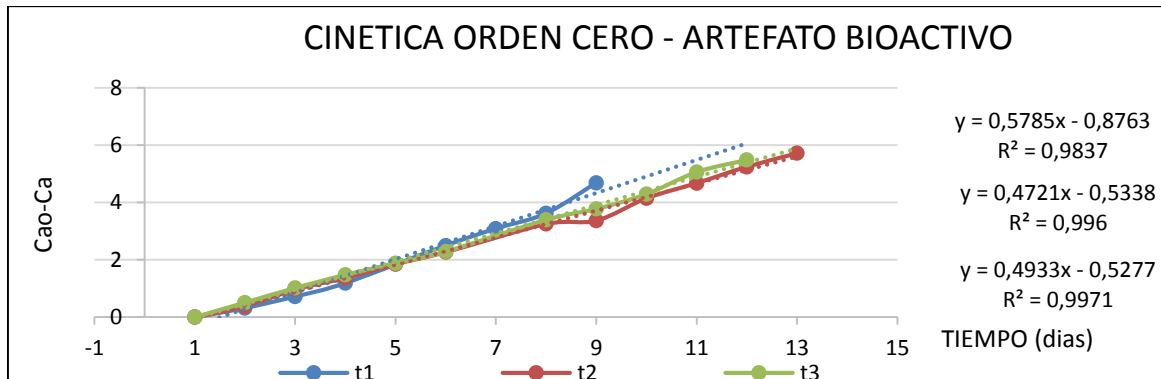


Grafico 19 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en la frutilla.

Fuente: Autores

Como se observa las curvas en el caso del artefacto Bioactivo no se pueden utilizar ya que su pendiente no varía con la temperatura. Siendo posible encontrar la ecuación de vida de estante y la variación del tiempo de conservación según la temperatura en el refrigerador No-Frost 1 y No-Frost 2, con un orden de reacción cero. Orden escogido por el adecuado comportamiento de las pendientes cinéticas con la temperatura.



- Grafico de la ecuación de Arrhenius

- ORDEN CERO

Tabla 22. Calculo de Arrhenius en una reacción de orden cero para la pérdida de peso de la frutilla

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
Arrhenius orden cero				Arrhenius orden cero				Arrhenius orden cero			
TEMP.	k	1/T	ln(k)	TEMP.	k	1/T	ln(k)	TEMP.	k	1/T	ln(k)
1	0,61	0,0036	-0,50	1	-	-	-	1	0,77	0,0036	-0,26
5	0,84	0,0036	-0,17	5	-	--	-	5	0,97	0,0036	-0,03
9	1,54	0,0035	0,43	9	-	-	-	9	1,52	0,0035	0,42

Fuente: Autores

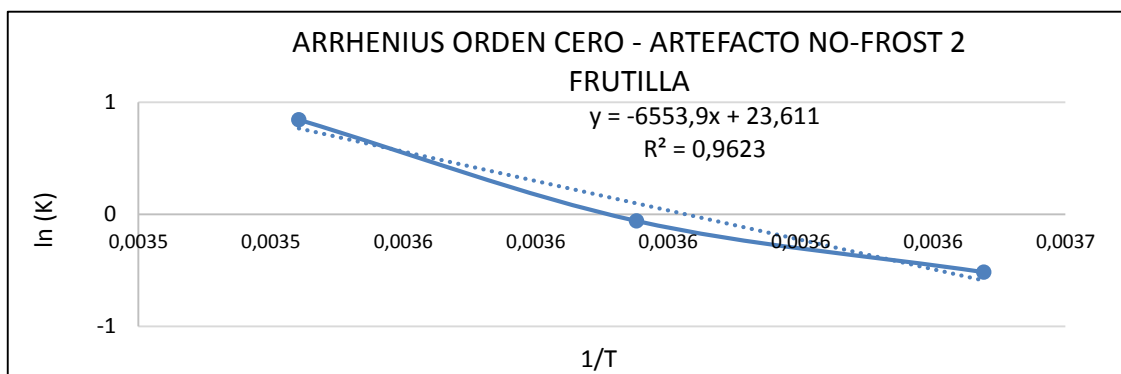
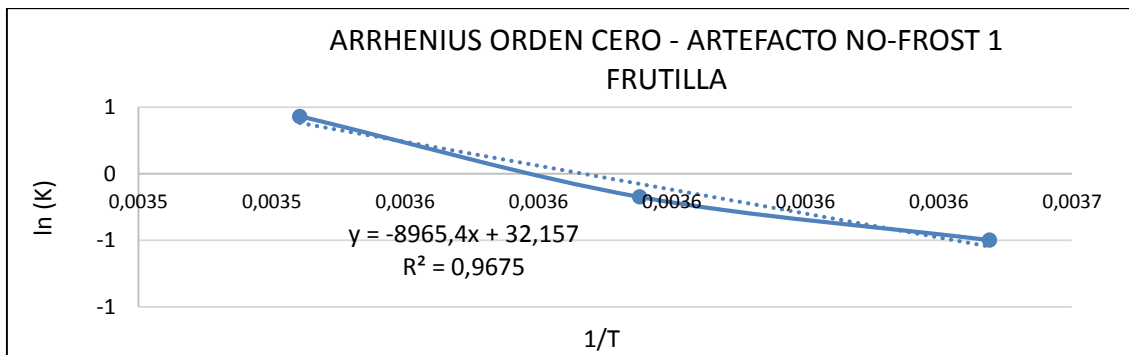


Grafico 20 Ecuación de Arrhenius de orden cero para la frutilla para cada artefacto

Fuente: Autores

Solo se observa el grafico de la ecuación de Arrhenius de los artefactos: No-Frost 1 y No-Frost 2, por que las curvas cinéticas del refrigerador Bioactivo no varían de acuerdo a la temperatura, es decir se puede observar como una

temperatura más baja deteriora más el alimento. Este comportamiento imposibilita la obtención de la energía de activación y con ello de vida de estante.

- VIDA DE ESTANTE A DISTINTAS TEMPERATURAS.

Tabla 23. Vida de estante calculada de una reacción de orden cero para la pérdida de peso de la frutilla

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
TEMP.	ln k	k	Tiempo (días)	TEMP.	ln k	k	Tiempo (días)	TEMP.	ln k	k	Tiempo (días)
1	-0,55	0,58	5,61	1,00	-	-	-	1,00	-0,30	0,74	4,37
5	-0,08	0,93	3,50	5,00	-	-	-	5,00	0,05	1,05	3,10
9	0,38	1,46	2,22	9,00	-	-	-	9,00	0,38	1,47	2,22
15	1,04	2,84	1,14	15,00	-	-	-	15,00	0,87	2,38	1,37

Fuente: Autores

La vida de estante máxima calculada analíticamente para los artefactos en estudio es de 5, 11 y 6 días para No-Frost 1, Bioactivo y No-Frost 2 respectivamente.

b. Comparación Visual:

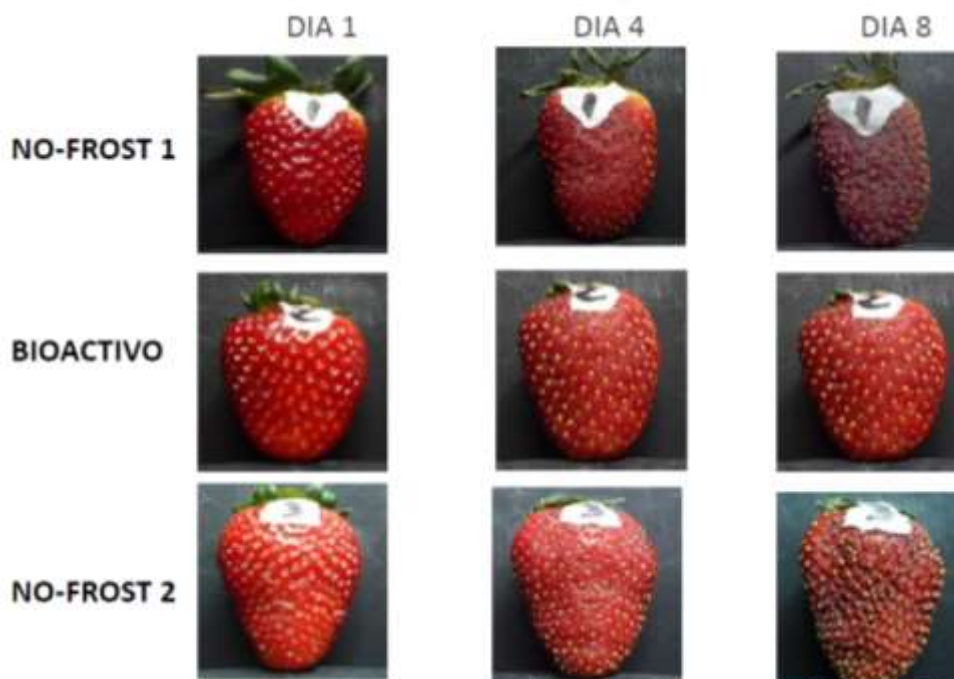


IMAGEN 17. Comparación del deterioro de textura y color de la frutilla del día 1 al 8

Fuente: Autores



En los artefactos No-Frost 1 y No-Frost 2 la pérdida de textura y la deshidratación generada durante los primeros 8 días de la prueba a condición media es bastante notoria.

C. Selección del día crítico o tiempo sugerido de almacenamiento

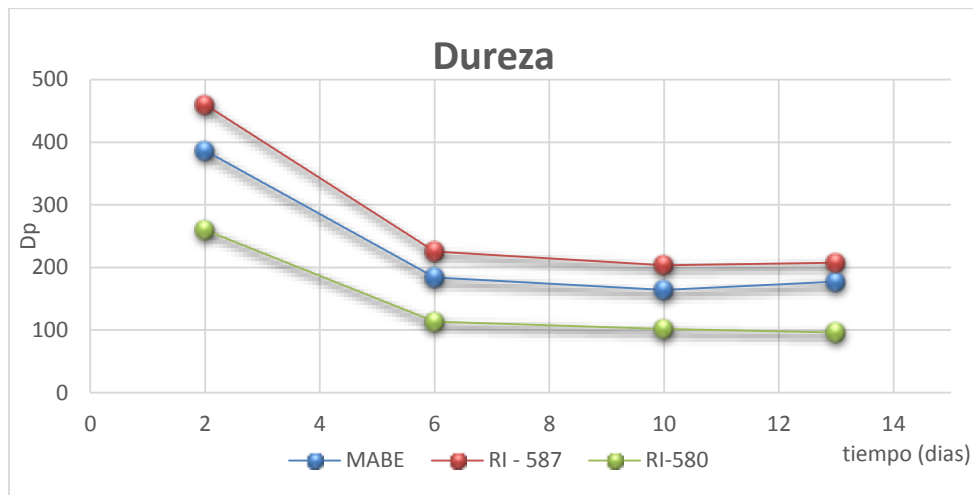


Grafico 21 Variación de la dureza del a frutilla respecto al tiempo

Fuente: Autores

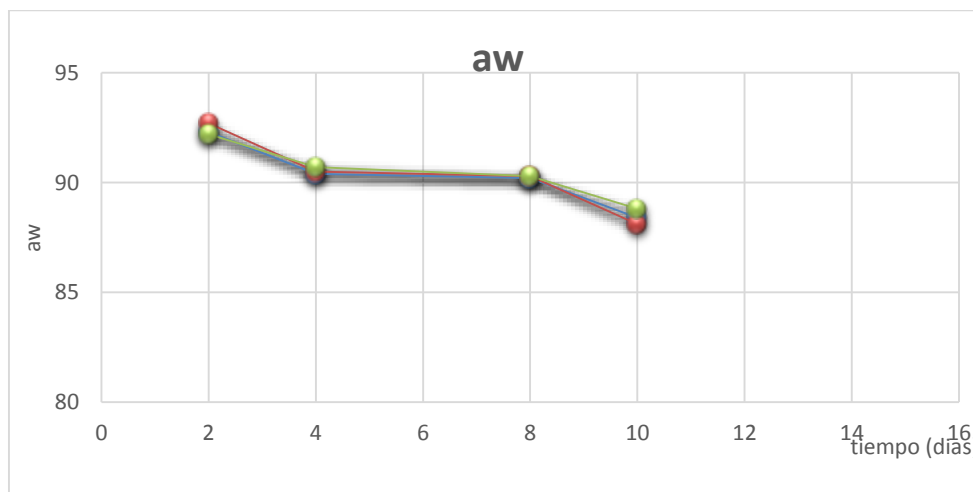


Grafico 22 Variación de la actividad acuosa de la frutilla respecto al tiempo

Fuente: Autores

Se puede determinar el día 8 como crítico debido a la caída de aw en este día, después de no mostrar variación por cuatro días en los cuatro refrigeradores. Sin



embargo el día 6 es un día donde se puede evidenciar una caída de dureza que luego, se estabiliza. Lo que nos indicaría una pérdida significativa de su textura. La dureza es un valor determinante en el estado de aceptabilidad de las frutillas, por lo cual tiene mayor peso como factor de aceptación.

Al desarrollar el estudio de la vida de estante de la frutilla con el parámetro de variación de peso, podemos hacer referencia al análisis gráfico y fotográfico para comparar el resultado obtenido durante por el proceso de cálculo.

Los gráficos de pérdida de peso, dureza y °Brix presentan una drástica variación en los días 6 al día 8. Mientras que las imágenes para los artefactos No-Frost 1 y No-Frost 2 se visualizan una considerable pérdida de brillo, color y textura de las muestras en el día 4, pero para el artefacto Bioactivo la muestra aún se puede apreciar su textura intacta. Con un brillo y color degradados levemente. Considerando que en las frutillas el deterioro que se puede apreciar visualmente es crítico, se escoge el día cuatro como día crítico o tiempo sugerido de conservación. Será calculado el tiempo de vida de estante con el valor de pérdida de humedad del día cuatro del artefacto Bioactivo. Esto porque es el artefacto que muestra una frutilla de mejor apariencia que en las otras y con fines de comparación en las tres refrigeradoras.

Finalmente se puede observar como en el refrigerador con convección natural de aire Bioactivo es imposible obtener la vida de estante. Lo que indica la interferencia de otra variable que interactúa además de temperatura y flujo interno de aire. Esta variable podría tratarse de la madurez del alimento en el momento de la prueba, o que el ambiente del refrigerador Bioactivo puede ofrecer mejores condiciones para que se produzca el fenómeno de maduración. Ya que no deshidrataría bruscamente la piel del alimento permitiendo al alimento respirar con facilidad, todo lo contrario sucede en los dos ambientes No-Frost.

3.2.1.5 QUESO FRESCO

- a. Cinética de deterioro basada en la Pérdida de Peso por deshidratación. Correlaciones de los datos obtenidos TABLA 24.



Tabla 24. Correlaciones de orden cero y primer orden para el queso fresco en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos.

		R. ORDEN CERO	R. PRIMER ORDEN
ARTEFACTO NO-FROST 1	Tmin	0,9739	0,9824
	Tmed	0,9162	0,9211
	Tmax	0,9737	0,9894
ARTEFACTO BIOACTIVO	Tmin	0,9984	0,9984
	Tmed	0,9734	0,9813
	Tmax	0,9976	0,9991
ARTEFACTO NO-FROST 2	Tmin	0,9732	0,9855
	Tmed	0,9178	0,9284
	Tmax	0,9797	0,9921
PROMEDIO		0,9671	0,9753

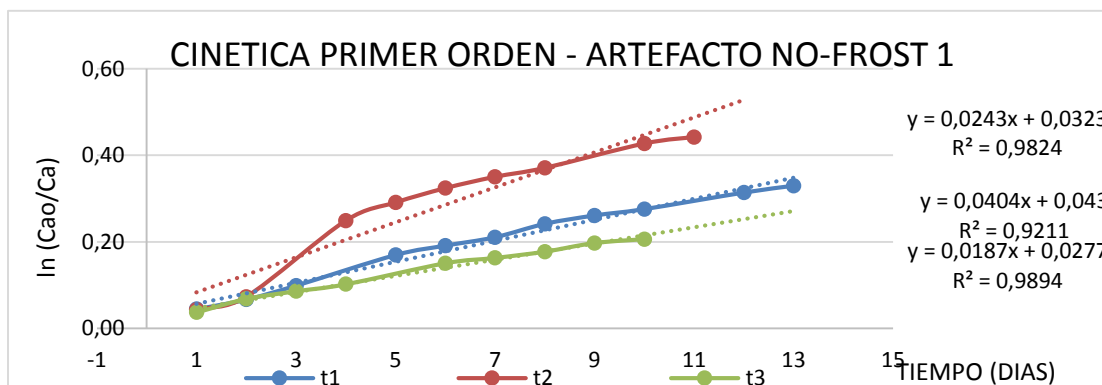
Fuente: Autores

Como muestra la Tabla 24, el comportamiento de la correlación es muy bueno en los dos órdenes, pudiendo ser cualquiera de los dos utilizados en el procedimiento para la obtención de la vida de estante.

- Análisis de Gráficos cinéticos.

Se muestran a continuación las curvas cinéticas de primer orden por que las de orden cero presentaron un mal comportamiento en sus pendientes también.

- Cinética de primer orden



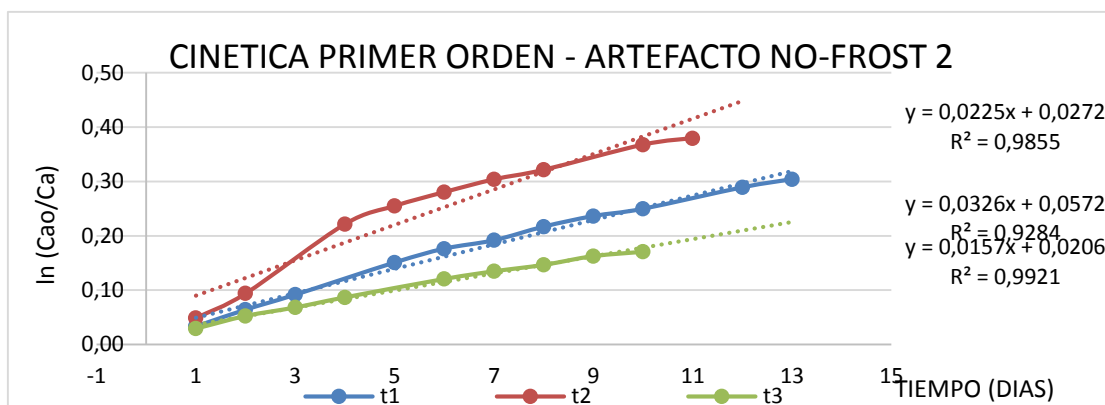
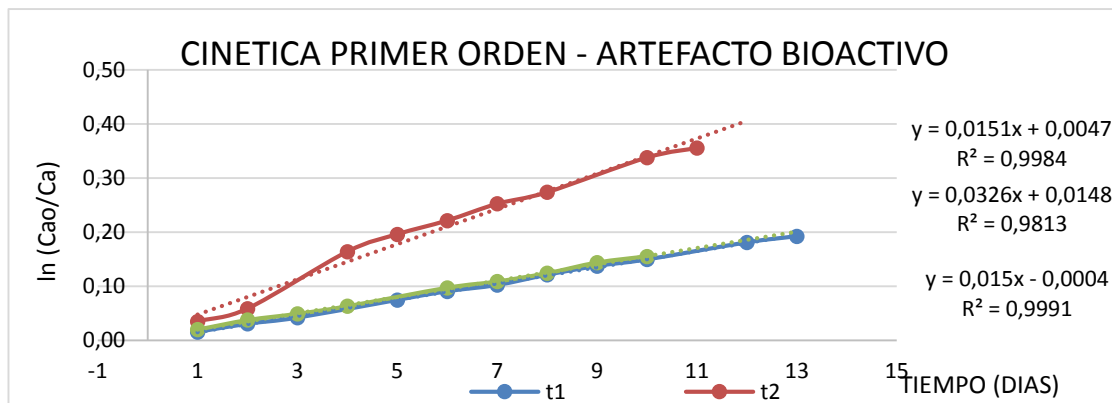


Gráfico 23 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en el queso fresco.

Fuente: Autores

Como se visualiza en los gráficos los datos no pueden ser sometidos al proceso de Arrhenius, debido a que no existe un comportamiento coherente de la pendiente en los gráficos de cinética con respecto a la temperatura.

Este comportamiento indica la presencia de un factor que influye en la conservación de este alimento mucho más que la temperatura.

- PRIMER ORDEN

Tabla 25. Calculo de Arrhenius en una reacción de primer orden para la pérdida de peso del queso

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
Arrhenius PRIMER ORDEN				Arrhenius PRIMER ORDEN				Arrhenius PRIMER ORDEN			
Temp.	k	1/T	ln(k)	Temp.	k	1/T	ln(k)	Temp.	k	1/T	ln(k)
1	-	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-
5	-	-	-	5,00	-	-	-	5,00	-	-	-
9	-	-	-	9,00	-	-	-	9,00	-	-	-

Fuente: Autores

No se muestran gráficos de la ecuación de Arrhenius debido a que las curvas cinéticas como se expuso anteriormente no son adecuadas para el análisis.

- **Vida de estante a distintas temperaturas**

Tabla 26. Vida de estante calculada de una reacción de primer orden para la pérdida de peso del queso.

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
TEMP.	ln k	k	tiempo(días)	TEMP.	ln k	k	tiempo(días)	TEMP.	ln k	k	tiempo(días)
1	-	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-
5	-	-	-	5,00	-	-	-	5,00	-	-	-
10	-	-	-	10,00	-	-	-	10,00	-	-	-
15	-	-	-	15,00	-	-	-	15,00	-	-	-

Fuente: Autores

La vida de estante en este alimento no es posible calcularla por ecuación cinética de Arrhenius basada en la temperatura como principal factor como se sostuvo anteriormente.

Pero saber cuál de los artefactos presenta mejor conservación de este alimento, puedo ser obtenido desde la comparación de fotografías y de los gráficos de dureza vs tiempo. Como se expone a continuación.

b. Comparación Visual:



IMAGEN 20. Comparación del deterioro de textura y color del queso, vista frontal y lateral, día 1,7 y 14

Fuente: Autores

Se puede observar en las imágenes que la atmosfera del refrigerador Bioactivo, no deshidrata con la misma agresividad que los otros dos artefactos. Mostrando un queso de 7 días de conservación con una buena apariencia y evidentemente mejor que las otras muestras.

También se puede observar una mayor deshidratación por parte del refrigerador No-Frost 1.

C. Selección del día crítico o tiempo de conservación sugerido.

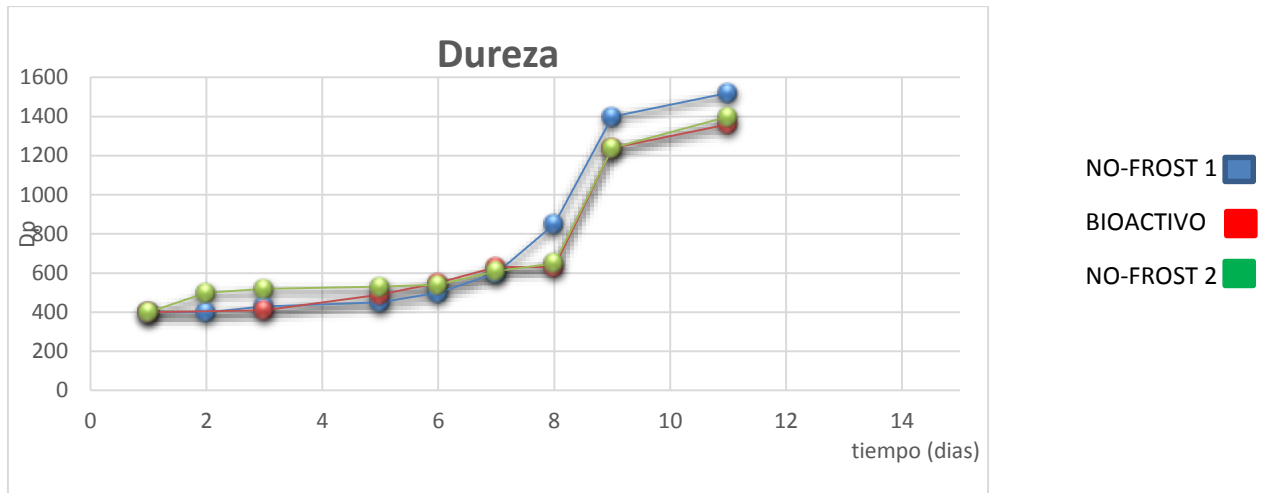


Grafico 24 Variación de la dureza del queso respecto al tiempo

Fuente: Autores

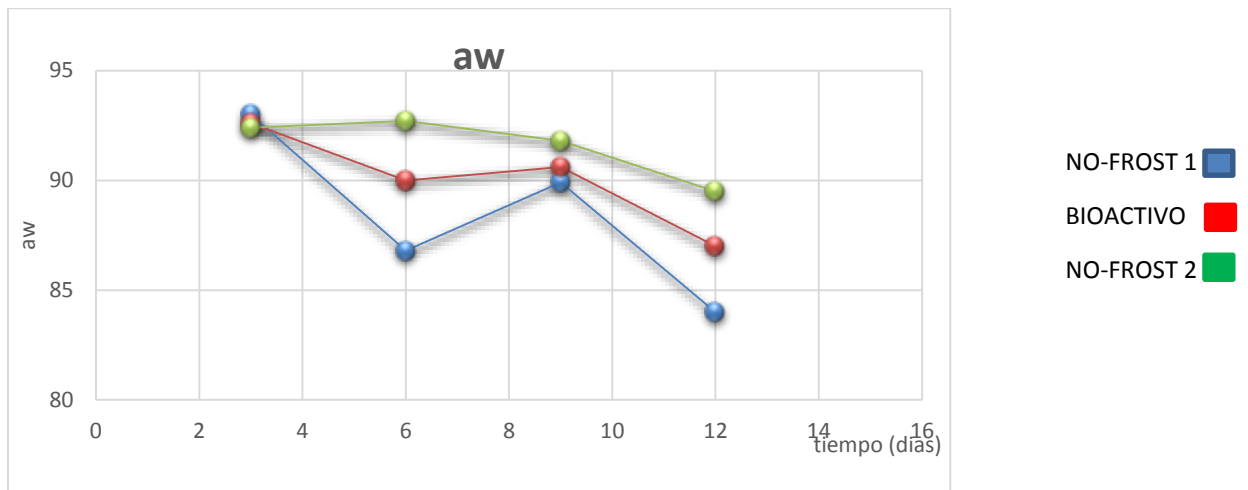


Grafico 25 Variación de la actividad acuosa del queso respecto al tiempo

Fuente: Autores

Como se puede observar en el Grafico 23, el día en que se presenta un salto en la pendiente del grafico de dureza frente al tiempo es el día 8 para los artefactos Bioactivo y No-Frost 2 pero para No-Frost 1 el cambio de pendiente ocurre el día 7. De forma simultánea se observa que para la aw los 3 artefactos inician con el mismo valor, para el día 9 los 3 artefactos presentan una variación drástica de la pendiente, siendo más pronunciada para el artefacto No-Frost 1.

Para concluir el análisis basados en las fotografías y la dureza, ambos parámetros apreciables por el consumidor. Se escoge al día 8 como tiempo promedio de almacenamiento sugerido. Mostrando una mejor conservación por parte del artefacto Bioactivo.

3.2.1.6 ALIMENTO COSIDO – MENESTRA DE LENTEJA

- a. Cinética de deterioro basado en la pérdida de peso por deshidratación.

Analizamos primero la correlación lineal cuadrática en los dos órdenes de reacción para escoger posteriormente con cual trabajar más adelante.

Tabla 27. Correlaciones de orden cero y primer orden para la menestra de lenteja en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos.

		R. ORDEN CERO	R. PRIMER ORDEN
ARTEFACTO NO-FROST 1	Tmin	0,9989	0,9975
	Tmed	0,9979	0,9982
	Tmax	0,9887	0,9822
ARTEFACTO BIOACTIVO	Tmin	0,9896	0,9974
	Tmed	0,9816	0,9765
	Tmax	0,9811	0,9812
ARTEFACTO NO-FROST 2	Tmin	0,998	0,9955
	Tmed	0,997	0,9987
	Tmax	0,9896	0,9855
PROMEDIO		0,9914	0,9903

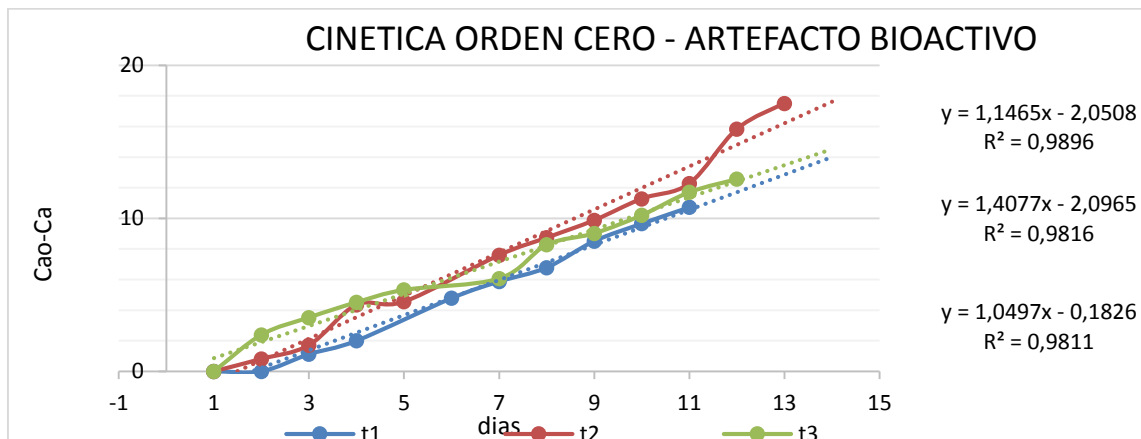
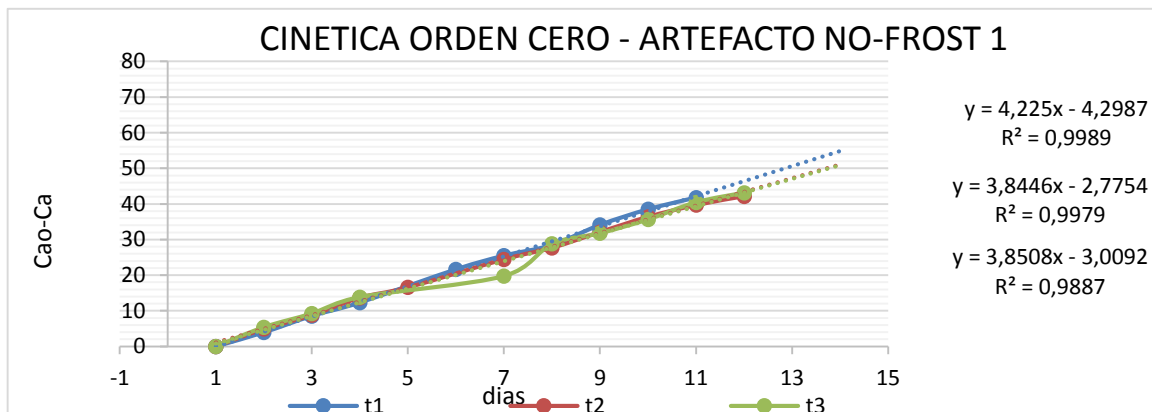
Fuente: Autores



Se puede observar una buena correlación en los dos casos, lo que indica que el orden de reacción de este alimento en refrigeración corresponde a un orden de reacción entre cero y uno.

- **Análisis de Gráficos cinéticos**

Se muestran gráficos únicamente de primer orden de reacción, debido a que son los que mejor comportamiento presentaron.



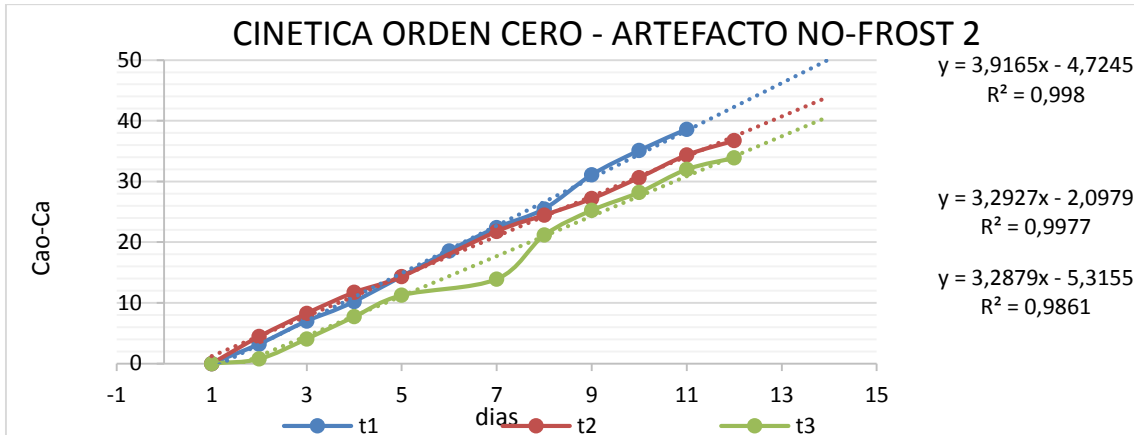


Gráfico 26 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en menestra.

Fuente: Autores

Sin embargo como se puede observar el único artefacto con un adecuado comportamiento de pendientes con respecto a la variación de temperatura es el artefacto No-Frost 2.

- Ecuación de Arrhenius

- ORDEN CERO

Tabla 28. Calculo de Arrhenius en una reacción de orden cero para la

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
Arrhenius orden cero				Arrhenius orden cero				Arrhenius orden cero			
TEMP.	k	1/T	ln(k)	TEMP.	k	1/T	ln(k)	TEMP.	k	1/T	ln(k)
1,00	-	-	-	1,00	-	-	-	1,00	3,29	0.0036	1,19
5,00	-	-	-	5,00	-	-	-	5,00	3,29	0.0036	1,19
9,00	-	-	-	9,00	-	-	-	9,00	4,23	0.0035	1,44

pérdida de peso de la menestra

Fuente: Autores

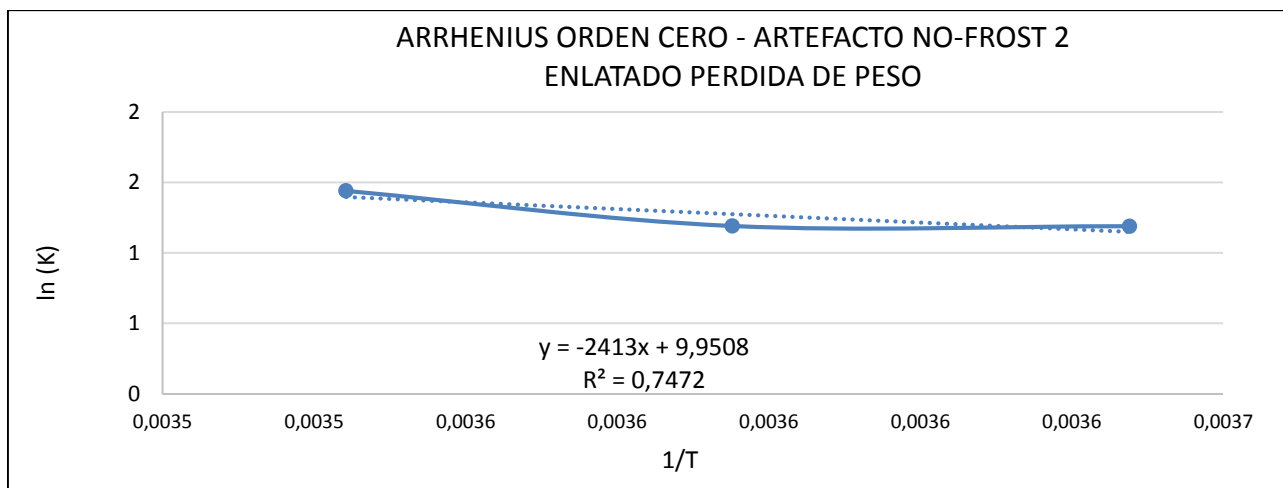


Gráfico 27 Ecuación de Arrhenius para cada artefacto de orden cero para la menestra

Fuente: Autores

Los gráficos para los refrigeradores Bioactivo y No-Frost 1 no pueden ser elaborados por el comportamiento de las curvas cinéticas como se expuso anteriormente. Este comportamiento nos indica que su deterioro con respecto al tiempo no se debe únicamente a la temperatura.

- Vida de estante a distintas temperaturas

Tabla 29. Vida de estante calculada partiendo de una reacción de orden cero, utilizando la pérdida de peso por deshidratación en granos cocidos como factor de deterioro a distintas temperaturas.

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
TEMP.	ln k	k	tiempo(días)	TEMP.	ln k	k	tiempo(días)	TEMP.	ln k	k	tiempo(días)
1	-	-	-	1	-	-	-	1	1,15	3,16	5,55
5	-	-	-	5	-	-	-	5	1,28	3,58	4,89
10	-	-	-	10	-	-	-	10	1,43	4,17	4,20
15	-	-	-	15	-	-	-	15	1,58	4,84	3,62

Fuente: Autores

La vida de estante por todo lo mencionado anteriormente, solo es posible obtenerla del refrigerador No-Frost 2. El comportamiento de las curvas cinéticas en los otros dos aparatos indica que los alimentos cocidos en estos artefactos se ven afectados por un parámetro o parámetros más influyentes que solo la temperatura. Uno que es evidente es el flujo de aire el cual es mayor cuando estos artefactos presentan mayor cantidad de ciclos de encendido. Otro importante factor es la localización del alimento en el refrigerador, si bien todos fueron colocadas en similares posiciones, hay que recordar que estos artefactos no tienen el mismo diseño ni distribución de aire frío.

b. Comparación Visual:



NO-FROST 1

**BIOACTIVO
DIA 1**

NO-FROST 2

NO-FROST 1

**BIOACTIVO
DIA 10**

NO-FROST 2

IMAGEN 23. Comparación de la deshidratación de la menestra, día 1 al 10

Fuente: Autores

Para los artefactos No-Frost 1 y No-Frost 2 el día 10 las muestras se encuentran completamente secas, haciéndoles de apariencia desagradable. En el artefacto Bioactivo el aspecto es mucho mejor debido a que la deshidratación no es tan evidente.

c. Selección del día crítico o tiempo sugerido de conservación.

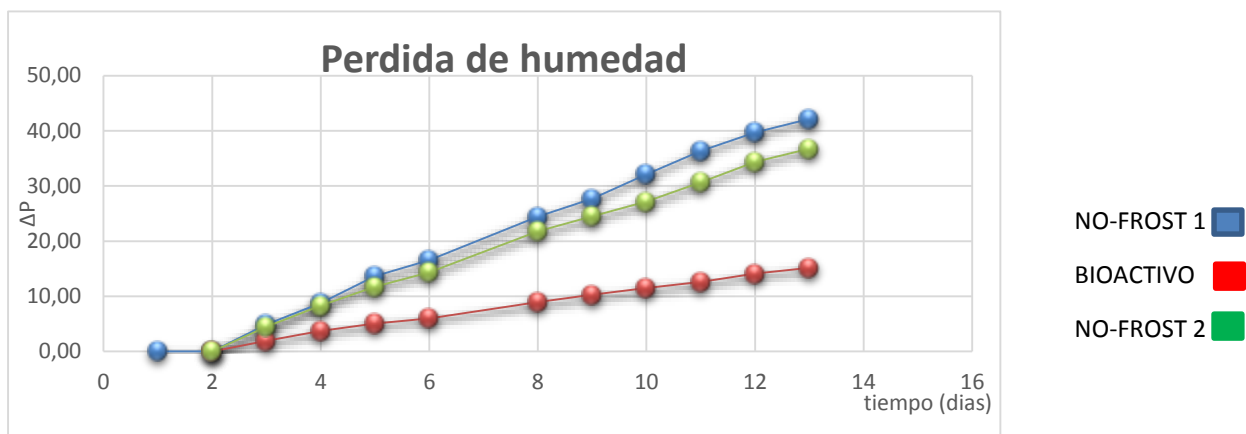


Grafico 28 Pérdida de peso con respecto al tiempo, menestra

Fuente: Autores

El grafico confirma lo visto en las imágenes, la mayor deshidratación la presentan los artefactos No-Frost 1 y No-Frost 2. Afirmando que el artefacto Bioactivo presenta un mejor ambiente de conservación.

Podríamos escoger como día crítico de conservación el día 7 en el refrigerador Bioactivo y el día 4 para los refrigeradores No-Frost 1 y No-Frost 2, basando esta selección en el gráfico de perdida de humedad.

3.2.2 ALIMENTOS LEGUMBRERA

3.2.2.1 LECHUGA

- a. Cinética de deterioro basado en la Pérdida de Peso por deshidratación
Correlaciones de los datos obtenidos TABLA 30.



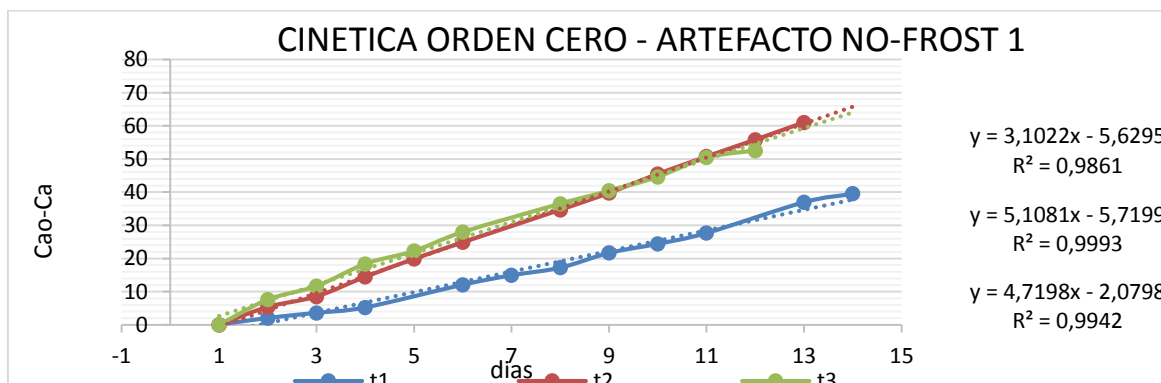
Tabla 30. Correlaciones de orden cero y primer orden para la lechuga en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos.

		R. ORDEN CERO	R. PRIMER ORDEN
ARTEFACTO NO-FROST 1	Tmin	0,9861	0,9828
	Tmed	0,9993	0,9936
	Tmax	0,9942	0,9977
ARTEFACTO BIOACTIVO	Tmin	0,9928	0,9867
	Tmed	0,9982	0,9927
	Tmax	0,995	0,994
ARTEFACTO NO-FROST 2	Tmin	0,992	0,9818
	Tmed	0,9982	0,9895
	Tmax	0,9942	0,992
PROMEDIO		0,9944	0,9901

Fuente: Autores

Como señala la Tabla 30, la correlación lineal en los gráficos cinéticos de orden cero es mayor a los de primer orden, esto nos da una buena pauta para la selección del orden cero.

- Análisis de Gráficos cinéticos



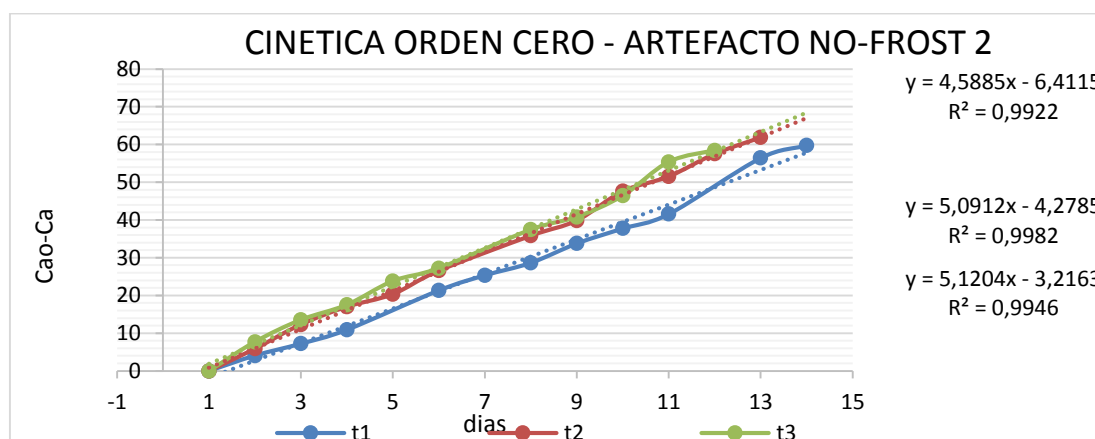
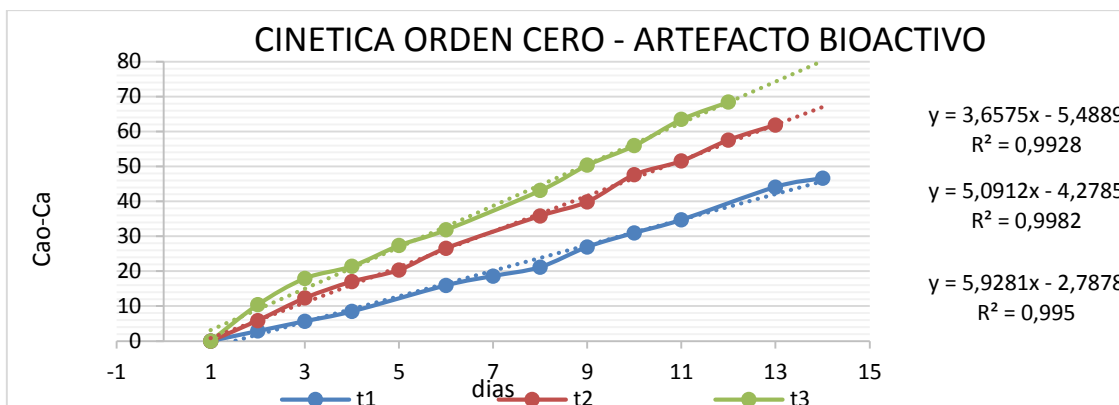


Gráfico 29 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en la lechuga.

Fuente: Autores

Como es visible en los gráficos el comportamiento de las curvas cinéticas en orden cero presenta un adecuado comportamiento con la variación de temperaturas, lo que no sucede con la cinética de primer orden. Un dato importante que se debe señalar es el cambio de orientación de la pendiente.

- Ecuación de Arrhenius

- ORDEN CERO

Tabla 31. Calculo de Arrhenius en una reacción de orden cero para la pérdida de peso de la lechuga



ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
Arrhenius orden cero				Arrhenius orden cero				Arrhenius orden cero			
TEMP.	k	1/T	ln(k)	TEMP.	k	1/T	ln(k)	TEMP.	k	1/T	ln(k)
1	4,72	0,0036	1,55	1,00	5,93	0,00	1,78	1,00	5,12	0,00	1,63
5	5,11	0,0036	1,63	5,00	5,09	0,00	1,63	5,00	5,09	0,00	1,63
9	3,10	0,0035	1,13	9,00	3,66	0,00	1,30	9,00	4,59	0,00	1,52

Fuente: Autores

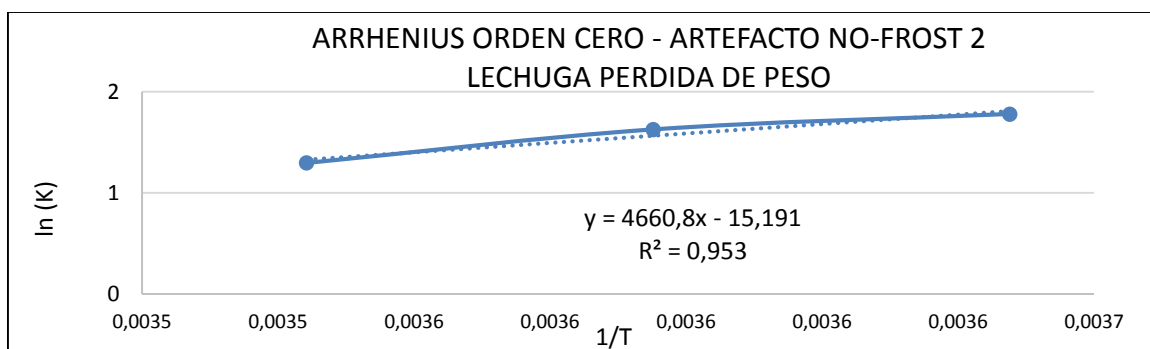
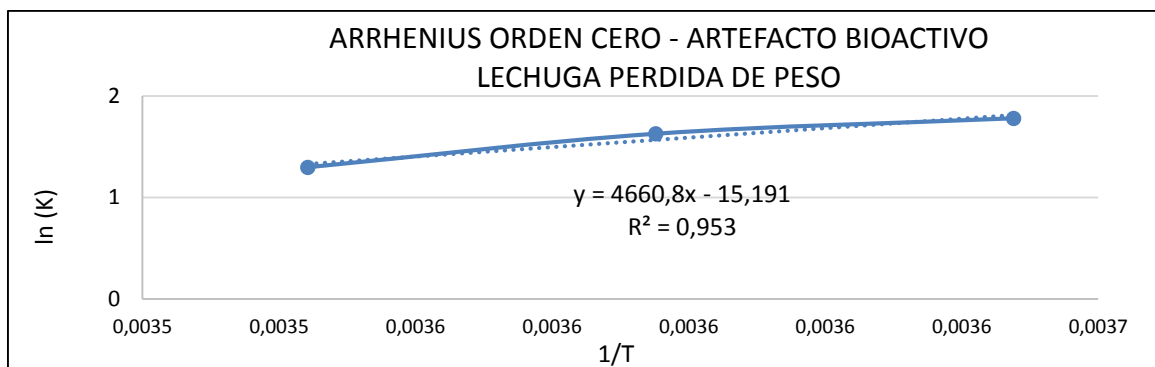
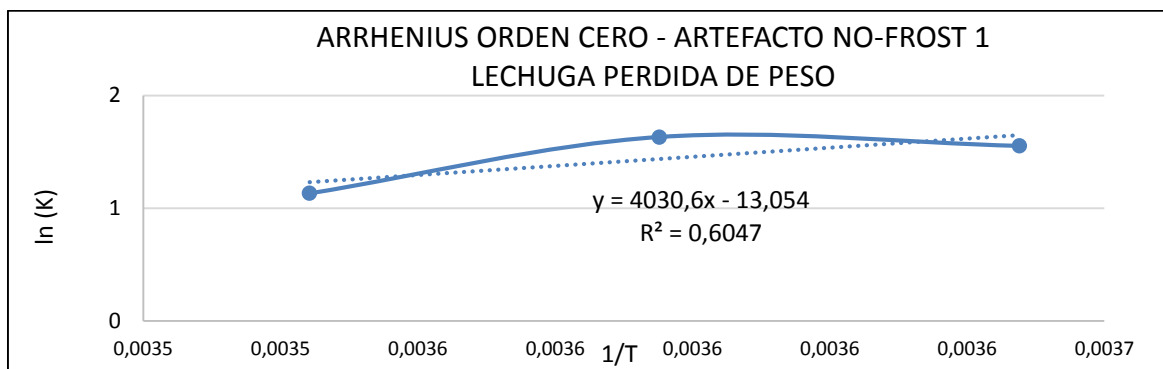


Gráfico 30 Ecuación de Arrhenius para cada artefacto de orden cero para la lechuga

Fuente: Autores



La correlación en el gráfico de la ecuación de Arrhenius en el refrigerador No-Frost 1 se encuentra por debajo del límite de correlación en alimentos, el cual es 0.85 (Breene, 1979), pero se ha considerado aceptable la correlación debido a la presentada por el refrigerador No-Frost 2 el cual tiene características similares de funcionamiento. Cabe recalcar que la eficacia de la ecuación encontrada y la vida de estante determinada no tendrán la misma fiabilidad.

Vida de estante a distintas temperaturas.

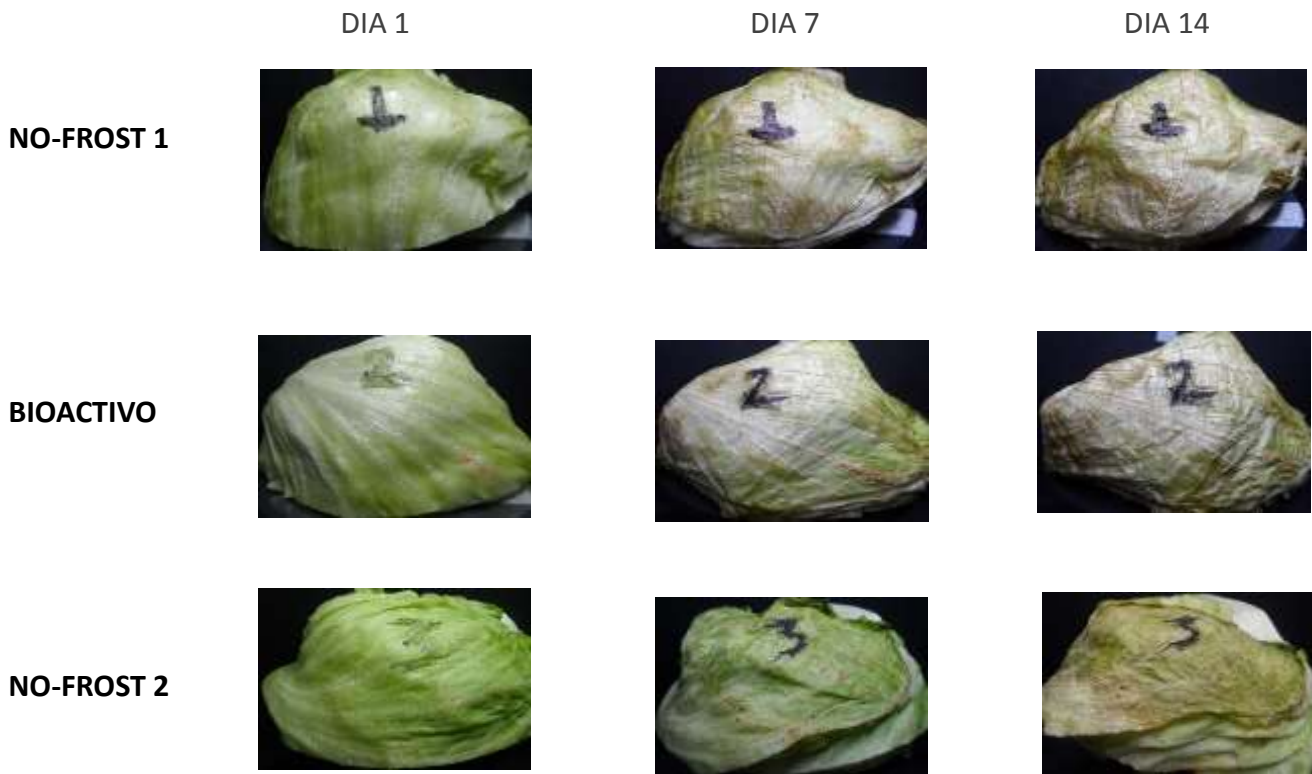
Tabla 32. Vida de estante calculada de una reacción de orden cero para la pérdida de peso de la lechuga

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
TEMP.	ln k	k	tiempo(días)	TEMP.	ln k	k	tiempo(días)	TEMP.	ln k	k	tiempo(días)
1	1,65	5,20	6,89	1	1,81	6,11	5,86	1	1,65	5,21	6,88
5	1,44	4,21	8,51	5	1,57	4,78	7,49	5	1,59	4,93	7,27
10	1,18	3,26	11,00	10	1,27	3,56	10,06	10	1,53	4,61	7,78
15	0,93	2,54	14,08	15	0,98	2,67	13,39	15	1,46	4,32	8,30

Fuente: Autores

La vida de estante máxima calculada analíticamente para los artefactos en estudio es de 8, 7 y 7 días para No-Frost 1, Bioactivo y No-Frost 2 respectivamente. Lo que se traduce en que las características de los refrigeradores no afectan a la legumbrera. Se pudiera decir que los tres refrigeradores tienen condiciones de conservación muy similares en la legumbrera. Un punto muy sobresaliente es, que cuando se aumenta la temperatura en este compartimento aumenta la vida de estante, comportamiento totalmente contrario al encontrado en el refrigerador.

b. Comparación Visual:



VISTA INFERIOR



IMAGEN 25. Comparación de la deshidratación de la lechuga, del día 1 al 14

Fuente: Autores

La legumbrera tuvo un efecto similar en todas las muestras, se secó completamente la parte externa de las lechugas como se ve en las imágenes.

Es evidente que la muestra del refrigerador Bioactivo presenta menor deterioro, la razón tuviese lugar a que: el aire que rodea este alimento tiene menor



velocidad de flujo y mayor humedad. Basando este análisis en las características de este refrigerador expuestas en el capítulo 2. Lo que causa una fuerza de deshidratación débil, haciendo que las hojas externas resecas sirvan como protección a la parte interna prolongando la conservación.

C. Selección del día crítico o tiempo sugerido de conservación

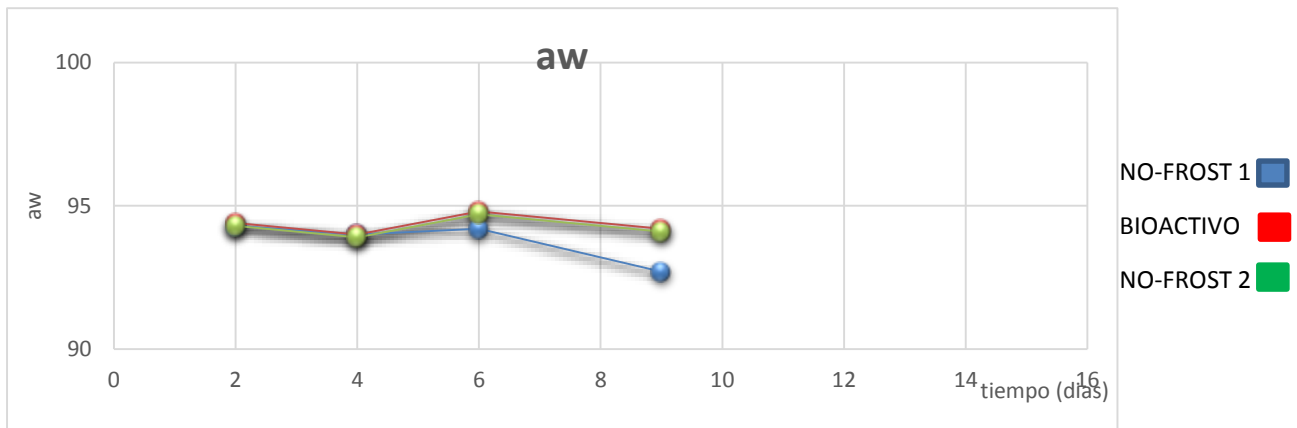


Grafico 31 Variación de la actividad acuosa de la lechuga respecto al tiempo

Fuente: Autores

Al no evidenciarse deterioro en la lechuga. Se tomara el dato del último día.

Se puede concluir analizando este alimento, que el comportamiento de esta parte del refrigerador no es el adecuado, son necesarias modificaciones que reduzcan el aire circundante o calcular el flujo de aire necesario. Para que no se tenga condensado en el interior de la legumbreira, con la finalidad de regular la humedad relativa del ambiente. La cual debería encontrarse alrededor de un 90%, para evitar la deshidratación de los alimentos (Breene, 1979).

3.2.2.2 ESPINACA

- a. Cinética de deterioro basada en la pérdida de peso por deshidratación. Correlaciones de los datos obtenidos TABLA 33



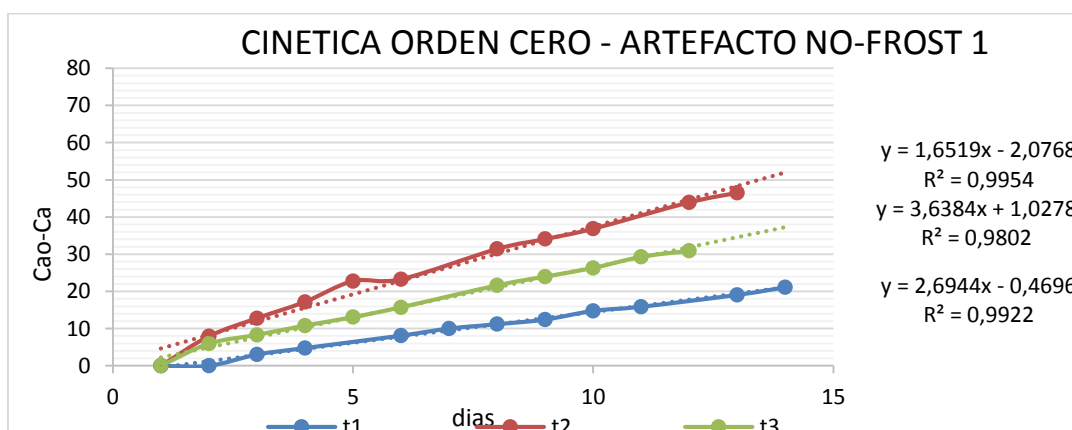
Tabla 33. Correlaciones de orden cero y primer orden para la espinaca en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos

		R. ORDEN CERO	R. PRIMER ORDEN
ARTEFACTO NO-FROST 1	Tmin	0,9954	0,976
	Tmed	0,9802	0,9886
	Tmax	0,9922	0,9901
ARTEFACTO BIOACTIVO	Tmin	0,9955	0,9631
	Tmed	0,9824	0,9874
	Tmax	0,9919	0,9828
ARTEFACTO NO-FROST 2	Tmin	0,9973	0,946
	Tmed	0,9575	0,9922
	Tmax	0,9955	0,9881
PROMEDIO		0,9875	0,9794

Fuente: Autores

Se observa en la Tabla 33, una mayor correlación en el orden cero, este fue usado para realizar el análisis cinético según Arrhenius.

- Análisis de Gráficos cinéticos



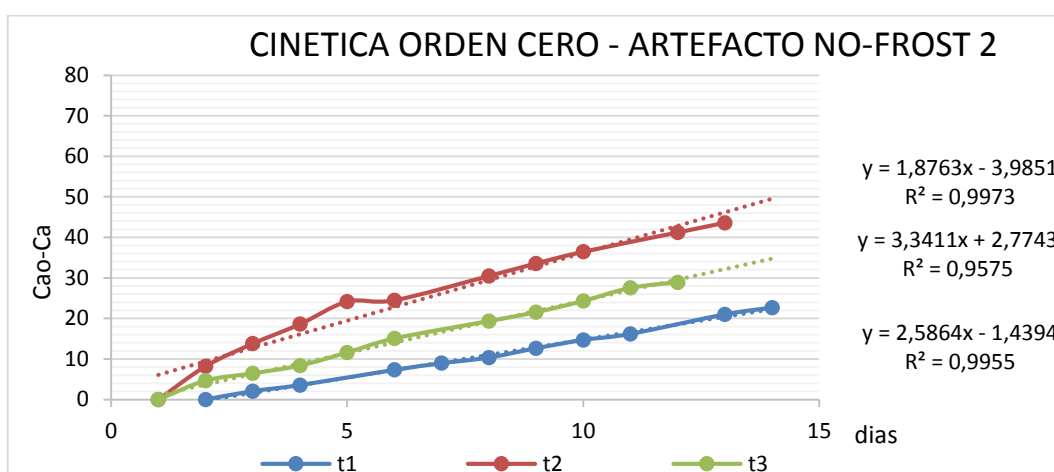
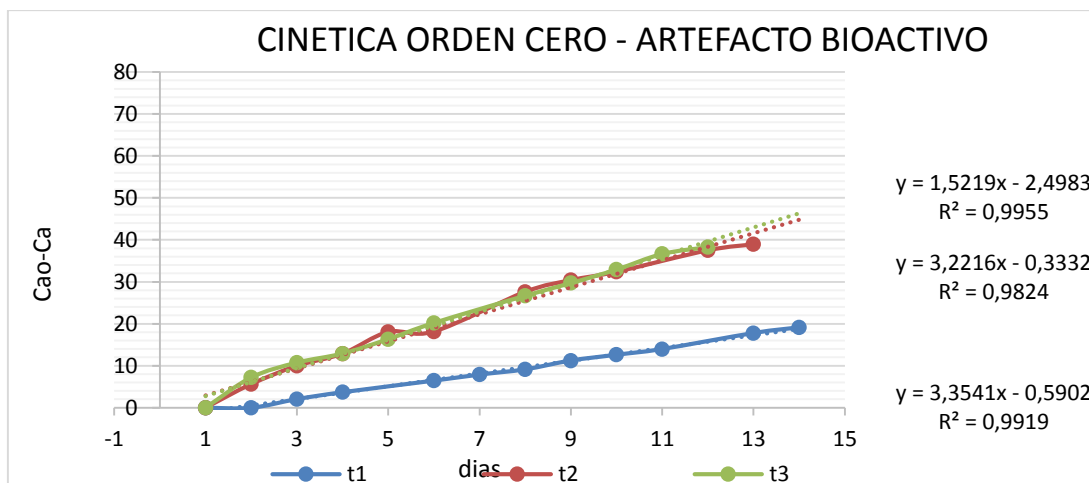


Gráfico 32 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en la espinaca.

Fuente: Autores

Se puede observar en los gráficos que solo fue posible obtener la ecuación de vida de estante en el refrigerador Bioactivo. Por qué la tendencia de las pendientes en las curvas cinéticas en los otros dos aparatos no tiene un comportamiento adecuado con la temperatura. Una característica importante es el cambio de dirección de la pendiente en los gráficos, genera que el comportamiento de la ecuación de vida de estante sea inversa, es decir, que a medida que aumenta la temperatura de almacenamiento también aumenta la vida de estante.



- Grafico de la ecuación de Arrhenius

- ORDEN CERO

Tabla 34. Vida de estante calculada partiendo de una reacción de orden cero, utilizando la pérdida de peso por deshidratación en espinaca como factor de deterioro a distintas temperaturas.

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
Arrhenius orden cero				Arrhenius orden cero				Arrhenius orden cero			
TEMP.	k	1/T	ln(k)	TEMP.	k	1/T	ln(k)	TEMP.	k	1/T	ln(k)
1,00	-	-	-	1,00	3,35	0.0036	1,21	1,00	-	-	-
5,00	-	-	-	5,00	3,22	0.0036	1,17	5,00	-	-	-
9,00	-	-	-	9,00	1,52	0.0035	0,42	9,00	-	-	-

Fuente: Autores

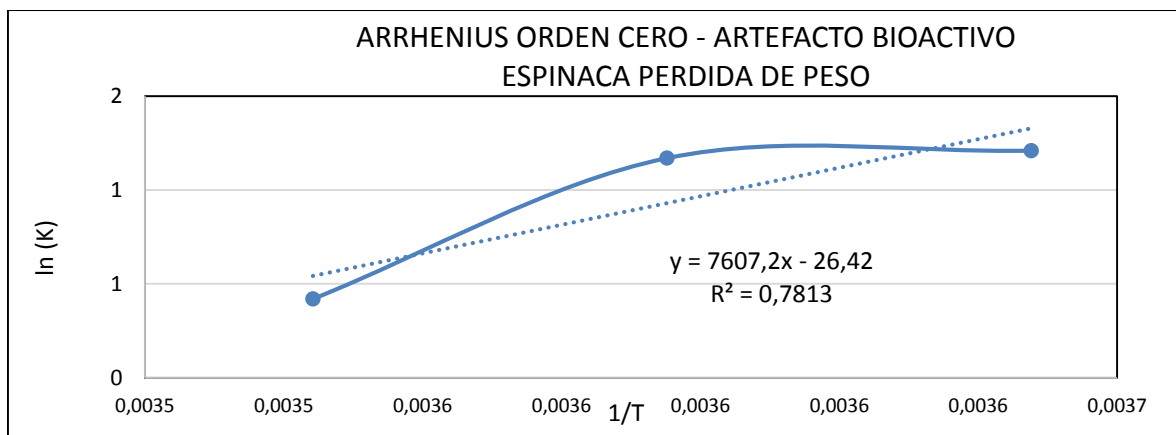


Grafico 33 Ecuación de Arrhenius para cada artefacto de orden cero para la espinaca

Fuente: Autores

Se observa que el grafico obtenido tiene una correlación baja. Lo que hace la ecuación de vida de estante no sea muy confiable.

- VIDA DE ESTANTE

Tabla 35. Vida de estante calculada de una reacción de orden cero para la pérdida de peso de la espinaca

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
TEMP.	In k	k	tiempo(días)	TEMP.	In k	k	tiempo(días)	TEMP.	In k	k	tiempo(días)
1,00	-	-	-	1,00	1,34	3,80	7,26	1,00	-	-	-
5,00	-	-	-	5,00	0,94	2,55	10,82	5,00	-	-	-
10,00	-	-	-	10,00	0,45	1,57	17,55	10,00	-	-	-
15,00	-	-	-	15,00	-0,01	0,99	27,97	15,00	-	-	-

Fuente: Autores

Se puede observar en la Tabla 35 que al aumentar la temperatura aumenta los días de conservación, lo que contradice la definición de refrigeración.

b. Comparación Visual:

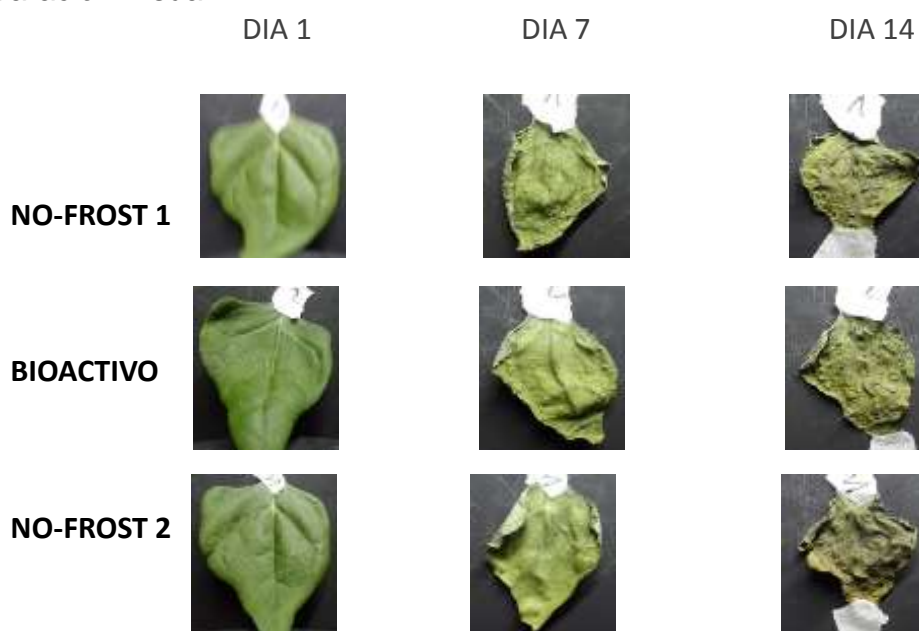


IMAGEN 27. Comparación de la deshidratación de la espinaca, en los días: 1, 7 y 14

Fuente: Autores

Como se observa en la imagen 15, la espinaca presento el mismo deterioro en los tres artefactos.



C. Selección del día crítico o tiempo sugerido de conservación.

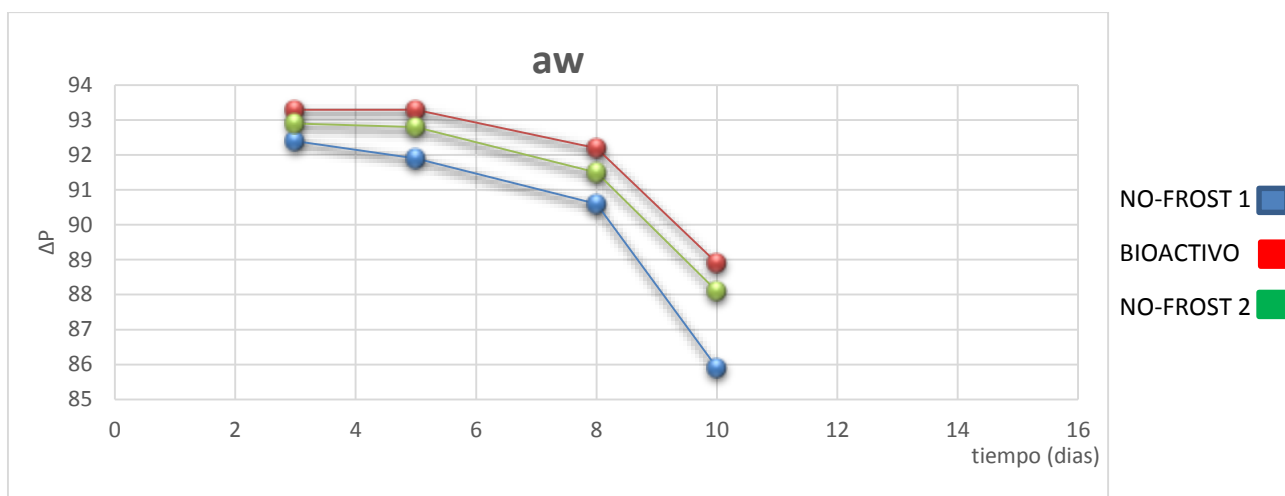


Grafico 34 Variación de la actividad acuosa de la espinaca respecto al tiempo

Fuente: Autores

Basados en el gráfico 32, se puede observar una caída de la pendiente de la curva en el día 8. Día escogido como crítico o tiempo sugerido de conservación, para manojos de espinaca.

3.2.2.3 BROCOLI

a. Cinética de la Pérdida de Peso

Correlaciones de los datos obtenidos TABLA 36

Tabla 36. Correlaciones de orden cero y primer orden para el brócoli en los tres artefactos y a tres temperaturas diferentes, en sus respectivos gráficos cinéticos.

		R. ORDEN CERO	R. PRIMER ORDEN
ARTEFACTO NO-FROST 1	Tmin	0,9871	0,9871
	Tmed	0,9873	0,9944
	Tmax	0,9992	0,9942
ARTEFACTO	Tmin	0,9937	0,995

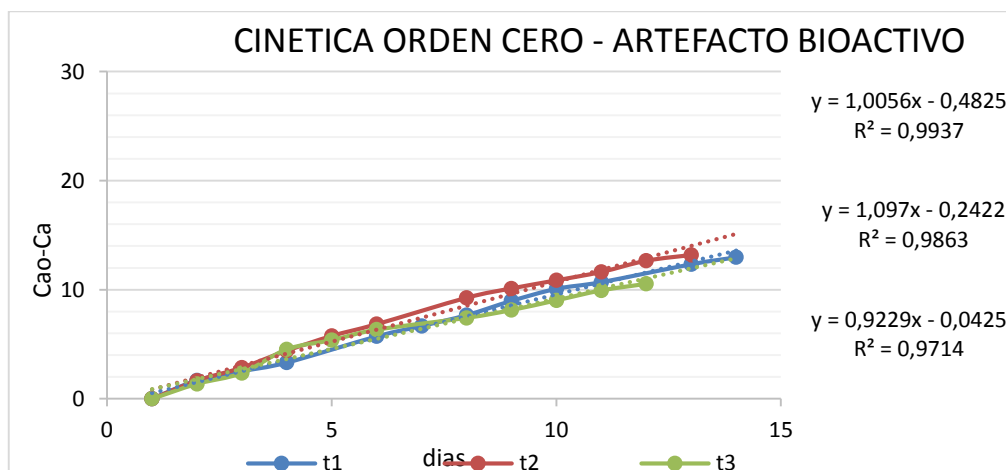
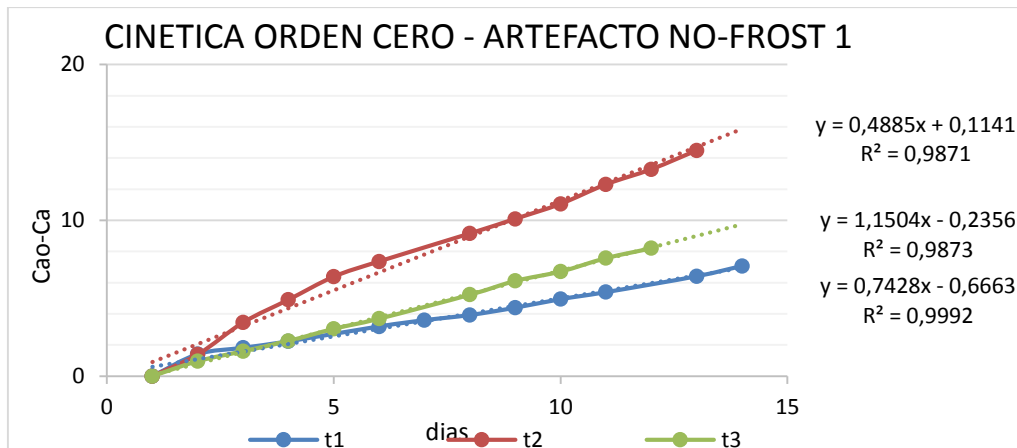


BIOACTIVO	Tmed	0,9863	0,9634
	Tmax	0,9714	0,9832
ARTEFACTO NO-FROST 2	Tmin	0,9914	0,9882
	Tmed	0,9688	0,9348
	Tmax	0,9899	0,9997
PROMEDIO		0,9861	0,9822

Fuente: Autores

Aunque que la correlación, es alta en todos los gráficos lo cual permite usar cualquier orden de reacción aparentemente. A continuación se muestra los gráficos del orden de reacción que mejor comportamiento presentaron.

- **Análisis de Gráficos cinéticos**



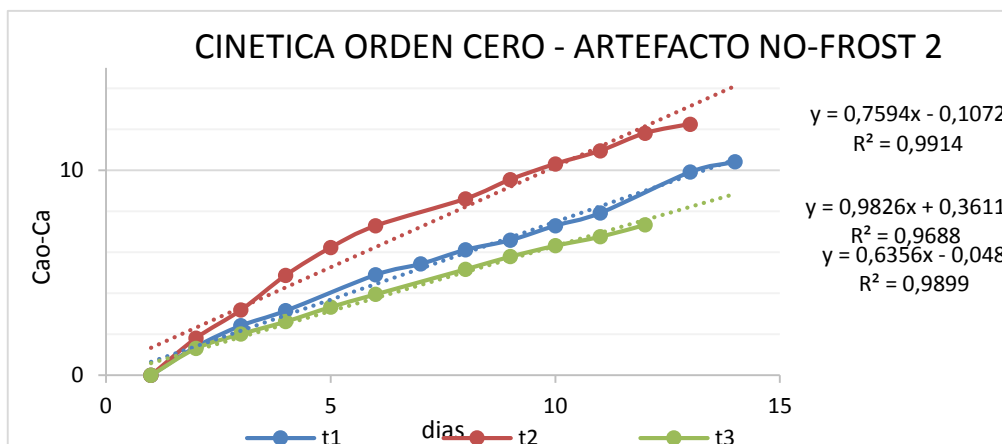


Grafico 35 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en el brócoli.

Fuente: Autores

Se puede observar que el comportamiento de las curvas cinéticas con respecto a la temperatura es erróneo en los refrigeradores Bioactivo y No-Frost 2. El estudio cinético de Arrhenius pudo ser realizado en el refrigerador No-Frost 1.

- Ecuación de Arrhenius

- ORDEN CERO

Tabla 37. Calculo de Arrhenius en una reacción de orden cero para la pérdida de peso del brócoli

Fuente: Autores

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
Arrhenius orden cero				Arrhenius orden cero				Arrhenius orden cero			
TEMP.	k	1/T	ln(k)	TEMP.	k	1/T	ln(k)	TEMP.	k	1/T	ln(k)
1.00	0.0466	0.0036	-3.07	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-
5.00	0.0354	0.0036	-3.34	5,00	-	-	-	5,00	-	-	-
9.00	0.0305	0.0035	-3.49	9,00	-	-	-	9,00	-	-	-

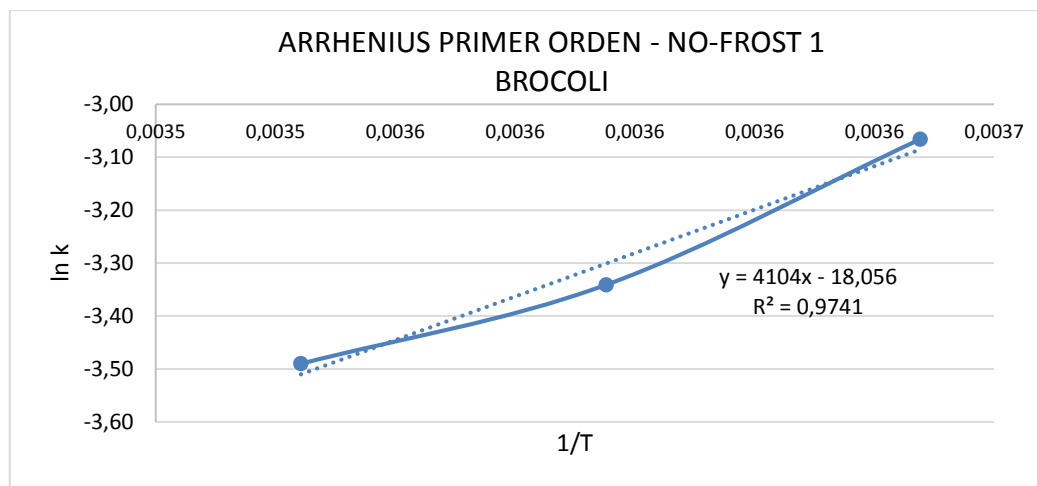


Grafico 36 Ecuación de Arrhenius para artefacto NO-FROST 1 de orden cero para el brócoli

Fuente: Autores

- Vida de estante

Tabla 38. Vida de estante calculada de una reacción de orden cero para la pérdida de peso del brócoli

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
TEMP.	ln k	k	tiempo(días)	TEMP.	ln k	k	tiempo(días)	TEMP.	ln k	k	tiempo(días)
1.00	-3.09	0.0457	17.42	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-
5.00	-3.30	0.0368	21.61	5.00	-	-	-	5.00	-	-	-
10.00	-3.56	0.0284	28.04	9.00	-	-	-	9.00	-	-	-
15.00	-3.81	0.0221	36.06	15.00	-	-	-	15.00	-	-	-

Fuente: Autores

Se observa en la vida de estante del refrigerador No-Frost 1 que al aumentar la temperatura aumenta los días de conservación lo cual contradice la definición de refrigeración.

b. Comparación Visual:

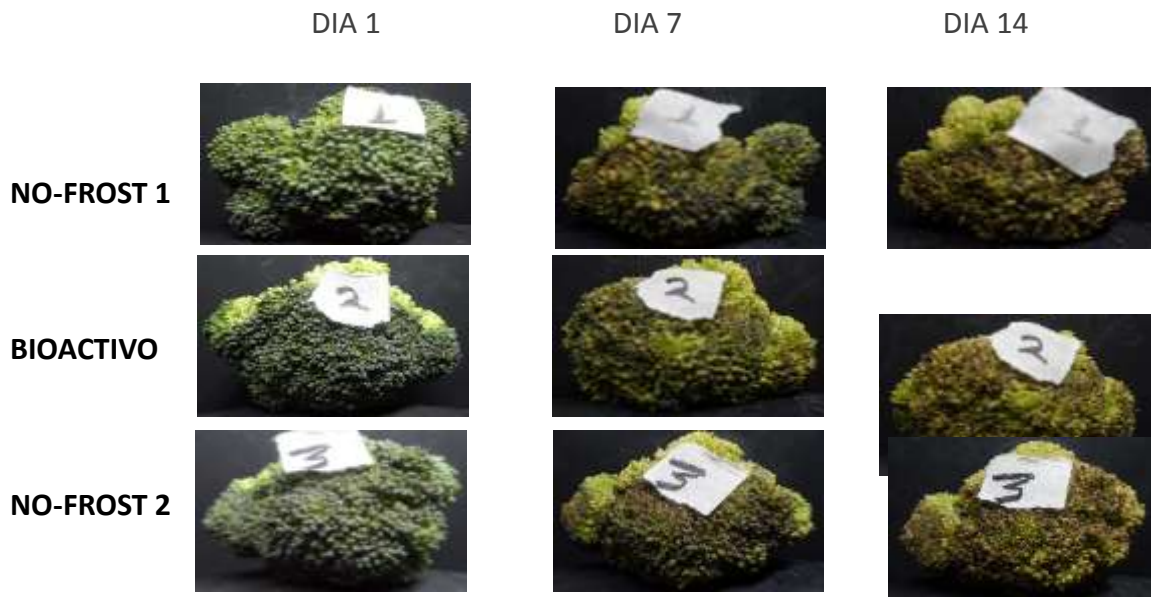


IMAGEN 30. Comparación de la deshidratación del brócoli, del día 1 al 14

Fuente: Autores

En las imágenes se muestra la variación de color después de permanecer 15 días en los artefactos, mostrando la Bioactivo mantener un buen color por mucho más tiempo.



C. Selección del día crítico o tiempo sugerido de conservación

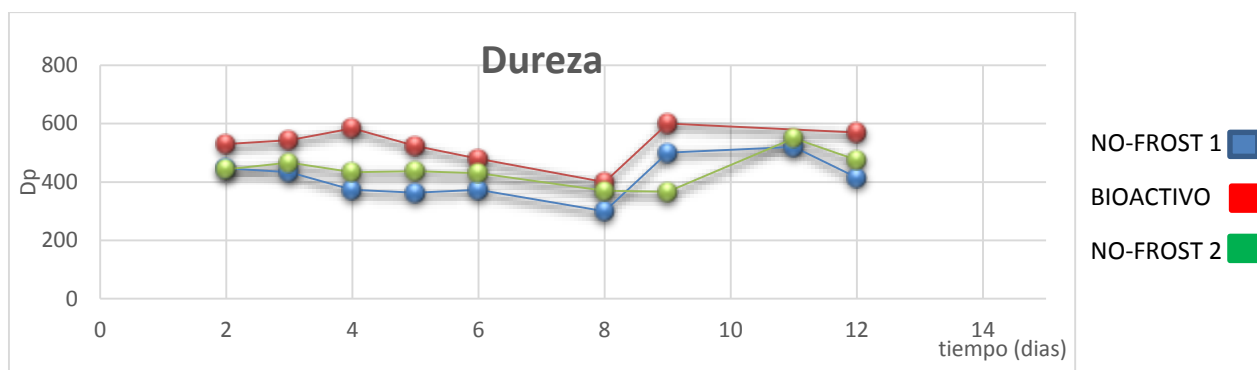


Grafico 37 Variación de la dureza del brócoli respecto al tiempo

Fuente: Autores

De forma visual el brócoli se conserva adecuadamente hasta el día 14, pero a nivel de dureza al deshidratarse las muestras de los artefactos No-Frost 1 y No-Frost 2 se van haciendo frágiles y quebradizos, mientras que la muestra del artefacto Bioactivo va adquiriendo una textura cauchosa representada en el grafico por tener mayor dureza. Estos cambios se evidencian por un aumento de pendiente a partir del día 8.

3.2.2.4 CEBOLLA

a. Cinética de la Pérdida de Peso

Correlaciones de los datos obtenidos TABLA 39

Tabla 39. Las correlaciones de orden cero y primer orden son similares, por lo tanto con el cálculo de Arrhenius se determinara cual es la relación más próxima.

		R. ORDEN CERO	R. PRIMER ORDEN
ARTEFACTO NO-FROST 1	Tmin	0,9465	0,9563
	Tmed	0,9984	0,9964
	Tmax	0,9966	0,9984
ARTEFACTO	Tmin	0,9912	0,9914

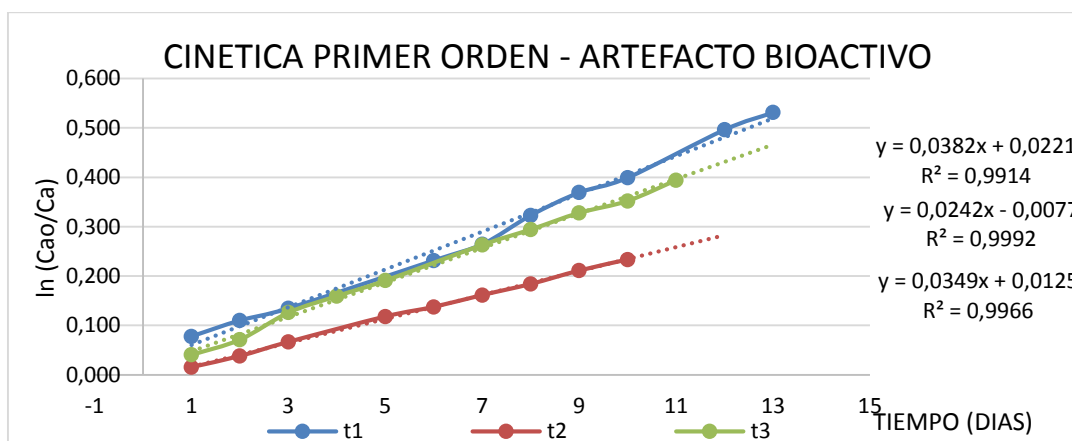
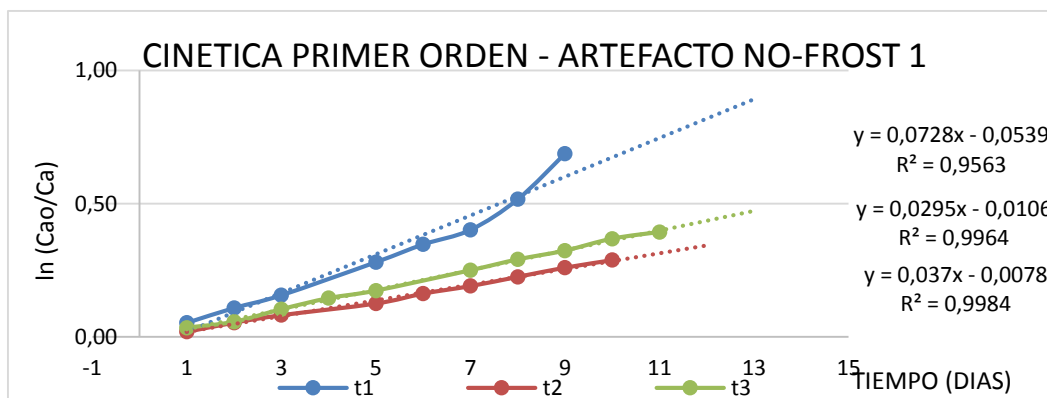


BIOACTIVO	Tmed	0,9984	0,9992
	Tmax	0,9966	0,9966
ARTEFACTO NO-FROST 2	Tmin	0,9919	0,987
	Tmed	0,9774	0,9774
	Tmax	0,9977	0,9967
PROMEDIO		0,9883	0,9888

Fuente: Autores

Aunque se puede observar una buena correlación en las curvas cinéticas, Lo que nos indica un correcto comportamiento en los dos órdenes de reacción por parte del alimento.

CINETICA DE PRIMER ORDEN



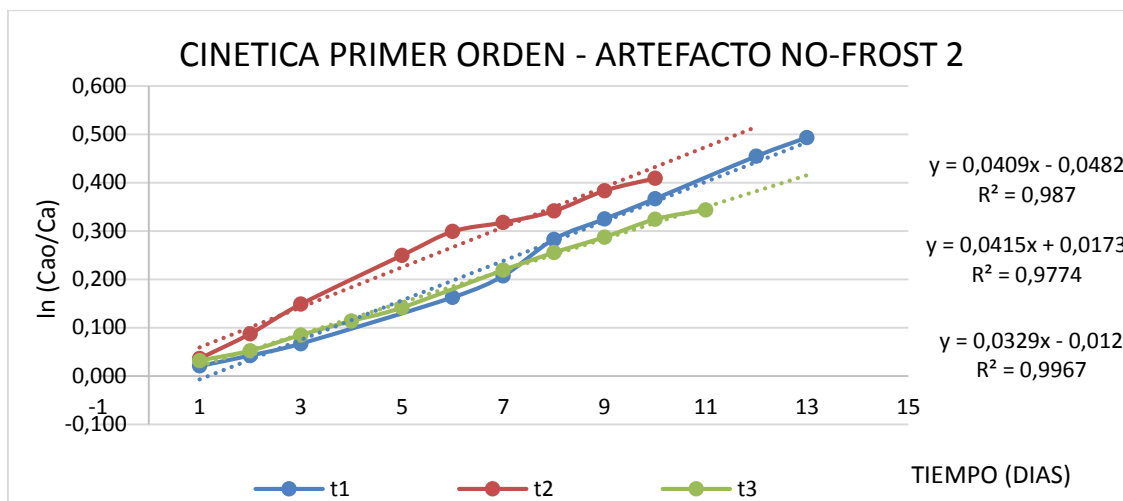


Gráfico 38 Gráficos de los datos de pérdida de humedad por deshidratación aplicados a un orden de reacción cero, en la cebolla.

Fuente: Autores

Según como se puede verificar en los gráficos, es imposible encontrar una ecuación de vida de estante aplicando Arrhenius debido a que el comportamiento de las pendientes no muestra un adecuado comportamiento con la variación de temperatura. En el caso de la cebolla ninguna curva cumple con este requerimiento lo que hace imposible de aplicar Arrhenius.

- ECUACION DE ARRHENIUS

- PRIMER ORDEN

Tabla 40. Calculo de Arrhenius en una reacción de primer orden para la pérdida de peso de la cebolla

ARTEFACTO NO-FROST 1			
Arrhenius PRIMER ORDEN			
tem	k	1/T	ln(k)
1	-	-	-
5	-	-	-
9	-	-	-

ARTEFACTO BIOACTIVO			
Arrhenius PRIMER ORDEN			
tem	k	1/T	ln(k)
1	-	-	-
5	-	-	-
9	-	-	-

ARTEFACTO NO-FROST 2			
Arrhenius PRIMER ORDEN			
tem	k	1/T	ln(k)
1	-	-	-
5	-	-	-
9	-	-	-

Fuente: Autores

NO ES POSIBLE

GRAFICO 2. Ecuación de Arrhenius para cada artefacto de primer orden para la cebolla

- Vida de estante

Tabla 41. Vida de estante calculada de una reacción de primer orden para la pérdida de peso de la cebolla

ARTEFACTO NO-FROST 1				ARTEFACTO BIOACTIVO				ARTEFACTO NO-FROST 2			
TEMP.	In k	k	tiempo(días)	TEMP.	In k	k	tiempo(días)	TEMP.	In k	k	tiempo(días)
1	-	-	-	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-
5	-	-	-	5,00	-	-	-	5,00	-	-	-
10	-	-	-	10,00	-	-	-	10,00	-	-	-
15	-	-	-	15,00	-	-	-	15,00	-	-	-

Fuente: Autores

Al no ser posibles el estudio de vida de estante en este alimento, solo se puede señalar el tiempo de conservación sugerida mediante:

b. Comparación Visual:

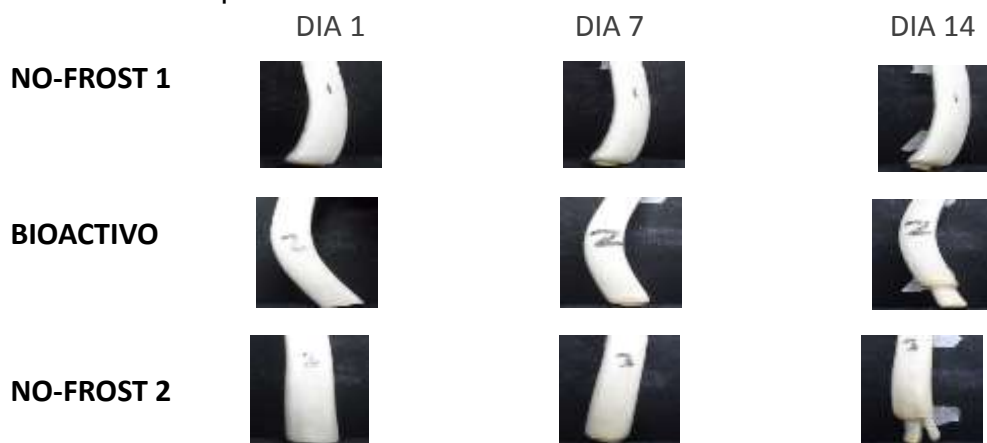
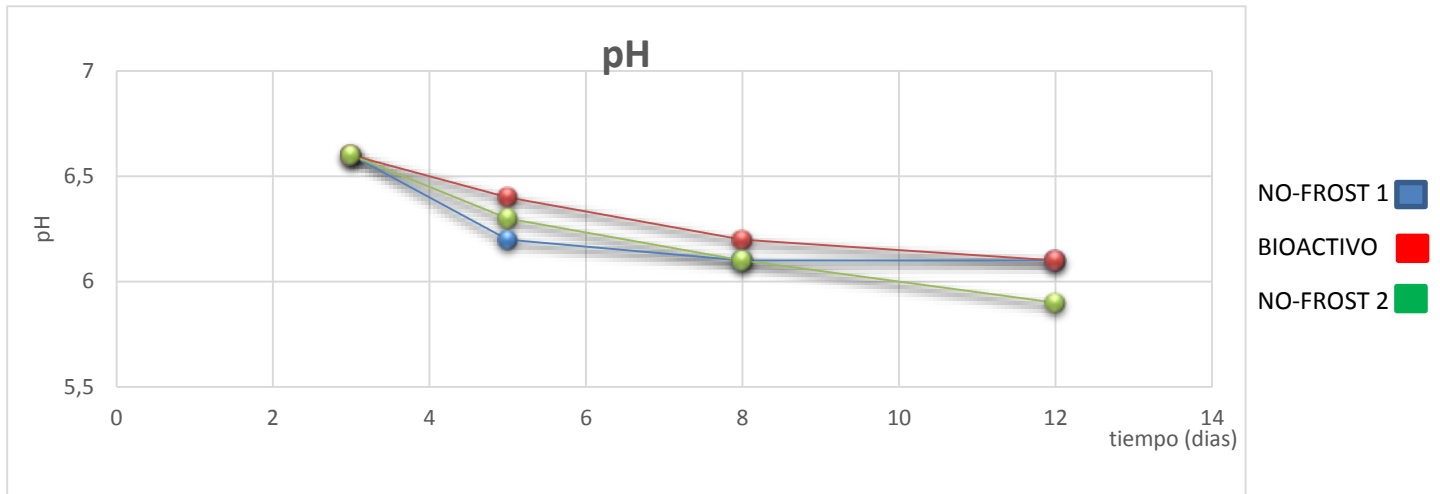


IMAGEN 32. Comparación de la deshidratación de la cebolla, del día 1 al 14

Fuente: Autores

La cebolla presento el mismo deterioro en los tres artefactos, según se puede observar en las imagen 17.

C. Análisis Grafico

**Grafico 39 Variación del pH de la cebolla respecto al tiempo**

Fuente: Autores

Haciendo referencia al pH la pendiente que se presenta en los primeros 4 días es pronunciada, después de este periodo tenemos una estabilización de este parámetro. La deshidratación de las capas externas de la cebolla protege a las capas internas, por lo tanto la conservación de este alimento supera los doce días. Como su apariencia no es cambia para poner en duda su aceptabilidad se puede concluir que este alimento tiene un tiempo mayor de conservación.



CAPITULO 4

4.1 DISCUSIÓN

La temperatura óptima de conservación es cercana a los 0°C o 32°F (Breene, 1979) para la mayoría de frutas, esto se comprueba al comparar las pendientes de las gráficas cinéticas de todos los alimentos en las tres condiciones de temperatura propuestas, donde claramente se evidencia que el menor deterioro se presenta en la posición de prueba T3 la cual se encuentra cercana a 0° C.

Se pudo verificar que durante el estudio en la sección de refrigeración que estuvo con una humedad relativa interna alrededor del 92 a 73% y una temperatura cercana a 0°C correspondiente al artefacto Bioactivo, se generó una atmósfera idónea para la conservación de vegetales y frutas, estos datos se pueden observar en el Anexo 5. Estos son los datos más cercanos con respecto a la referencia de la tabla 3, comprobándose el enunciado de Breene, de que “solo la temperatura baja no es suficiente para la conservación de alimentos, sino también depende de la humedad”.

Se puede observar que las curvas generadas en la pérdida de peso por deshidratación frente al tiempo, se ajustan al modelo cinético de orden cero y de primer orden, concordando con la afirmación de Labuza. La correlación lineal al cuadrado de estas curvas corresponden a valores comprendidos entre 0.9 y 1, consideración necesaria estipulada por la cinética de reacción (Fogler, 2001) para el análisis cinético. Esto coloca a la pérdida de peso por deshidratación dentro de un refrigerador entre los dos órdenes de reacción sin importar su diseño.

Los parámetros analizados de Brix, pH, dureza y actividad acuosa, si bien la mayoría de casos presentaban una buena tendencia gráfica con respecto al tiempo, estos parámetros no cumplieron con la correlación necesaria en el análisis cinético. Haciendo referencia a este comportamiento se presume que para estos, aparte de la influencia de la temperatura de conservación, también se ven afectados por otras variables como: maduración del alimento, respiración del alimento. Que según (Norman N. Potter, 1973) dependerá de: la estructura



química del alimento, de su concentración de agua interna y de su cascara, razón por la cual estos parámetros no fueron considerados en el procedimiento de Arrhenius

Las curvas cinéticas de deterioro por deshidratación en el refrigerador presentan un comportamiento cinético el que se adapta a órdenes de reacción entre primer orden y orden cero. Además estas curvas coinciden con el concepto de conservación a baja temperatura. Es decir los alimentos colocados a menor temperatura en el refrigerador podrán conservarse por mayor tiempo.

Sin embargo al aplicar el procedimiento de Arrhenius, se puede observar que la posición T2 de trabajo que es una temperatura media, deteriora los alimentos más que la temperatura de estudio T1 que es la más alta, esto se puede observar en los gráficos cinéticos de los alimentos que no fue posible la obtención de la ecuación de vida de estante. Los alimentos en los cuales fue posible la obtención de vida de estante fueron: tomate y papaya, ya que estos poseen una corteza semipermeable que se encuentra regulando la salida de las moléculas de agua del alimento, lo que produciría que en estos el flujo de aire externo no fuese un factor relevante en su deterioro dejándonos únicamente a la temperatura. Razón por la cual el modelo de Arrhenius y la ecuación de vida de estante en estos alimentos fue posible determinar.

El comportamiento de la legumbrera es diferente, ya que al observar las tendencias de las curvas cinéticas de deterioro por deshidratación en los tres artefactos, se puede evidenciar que el concepto de refrigeración en esta sección de estudio no se aplica. Debido a que en las legumbreras al disminuir la temperatura la vida de estante de los alimentos que se encuentran en estudio también disminuye. Esto puede deberse a la diferencia de temperaturas existente entre los dos compartimentos. El promedio de la diferencia de temperatura entre el refrigerador y la legumbrera es de: 2.41 °C en la posición baja, 3.82 °C en la posición media y 4.46 °C en la posición alta, cabe recalcar que la diferencia de temperatura entre estos compartimentos aumenta al disminuir la temperatura. Esta diferencia de temperatura sería la responsable de que la legumbrera tenga un mayor contenido de humedad que en el refrigerador como se puede observar en los datos de humedad y temperatura expuestos en



el Anexo 5, correspondientes a los equipos No-Frost 1 y No-Frost 2, esto no sucede de igual manera en la refrigeradora Bioactiva. Este fenómeno se podría deber a que el aire en la legumbrera se mueve de forma más lenta que en el refrigerador haciendo que este pueda tomar agua de los alimentos hasta alcanzar un valor mucho más alto de humedad que el presente en el compartimento superior. Lo que nos indica que la legumbrera tiene un ambiente más deshidratante debido al valor de humedad que se observa y además que cuando aumenta la temperatura en una masa de aire aumenta también su capacidad de adsorber humedad. Como expresan los datos se puede decir que la legumbrera está relativamente más caliente cuando la temperatura en el refrigerador es la mínima, basándonos en la diferencia de temperaturas entre los dos compartimentos, en todos los refrigeradores en estudio. En el caso del artefacto Bioactivo sucede lo contrario debido a su diseño el cual hace que el refrigerador tenga mayor humedad. La legumbrera tiene una circulación de aire similar a las otras dos, lo que nos llevara a decir que la velocidad de aire en el exterior de la legumbrera no es un factor importante debido a que se encuentra semi-aislada de la sección de refrigeración.

Basados en la diferencia de los promedios de la variación de temperatura en cada una de las posiciones que se realizaron los ensayos se puede distinguir que la mayor diferencia de temperatura se genera en la posición máxima, es decir cuando la temperatura al interior del refrigerador es la más baja. En esta posición se puede evidenciar que el deterioro de los alimentos en la legumbrera es mucho mayor, según se muestran en el gráfico 27 correspondiente a la lechuga en los tres refrigeradores estudiados, alimento en el cual fue posible obtener la ecuación de vida de estante. Igual comportamiento sería esperado en todos los alimentos colocados en la legumbrera, pero como se puede observar en casi todos los gráficos cinéticos de los alimentos estudiados mayor deterioro se puede observar en el ensayo realizado a temperatura media

La razón por la cual la lechuga tiene el comportamiento necesario como para poder obtener su vida de estante, se debería a la generación de una barrera que controla la pérdida de humedad al aumentar el flujo de aire interno. Esta barrera consiste en la primera hoja de la lechuga, la cual después de secarse y no ser



removida mantuvo las hojas debajo de ella frescas actuando como cascara esto se puede observar en la imagen 14.

Como se ha expuesto anteriormente la T2 es la temperatura que mayor deterioro causa en los alimentos estudiados que no tienen corteza o no desarrollaron algo similar. Esto ocurre en tanto en refrigerador como en legumbreira. Se podría explicar este fenómeno; si observamos la cantidad de ciclos de encendido de las refrigeradoras en las posiciones o rangos: mínima (T1), media (T2) y alta (T3) observados en el Anexo 7 ciclajes de las refrigeradoras en las tres posiciones. Donde se puede observar la mayor cantidad de ciclos de encendido en la posición media en las tres refrigeradoras. A mayor número de ciclos de encendido mayor flujo de aire interno, debido al encendido de ventiladores en las dos refrigeradoras que presenta flujo de aire por convección forzada. En el modelo de flujo de aire por convección natural ocurre lo mismo, es decir el flujo de aire también aumenta en este equipo; pero de manera mucho menor que en las otras dos.

Es necesario mencionar que al aumentar el flujo de aire aumenta la condensación de agua en los intercambiadores de calor de los refrigeradores produciendo que le aire pierda humedad esto se puede evidenciar en el Anexo 5, donde se pude ver que la menor humedad en todos los refrigeradores se produce cuando se calibran los equipos en el rango de control medio el cual se le ha llamado rango de temperatura T2; también se le conoce como posición de trabajo. Con esto se evidenciara que cuando los refrigeradores se encuentran en el rango de temperatura T2 o posición de trabajo, presenta el peor ambiente de conservación por tener la menor humedad en su interior. La cual se encuentra: $3\pm 1\%$ por debajo del promedio de la humedad en las posiciones alta y mínima en la mayoría de los casos.

Con este estudio se podría analizar la posibilidad de considerar al flujo de aire como un factor a considerar en la obtención de vida de estante de alimentos en refrigeración y no solamente la temperatura. Como se puede apreciar en el Anexo 7



Otro factor importante es la superficie del alimento o corteza en caso de frutas. La superficie o corteza juega un papel muy importante una vez que se ha afirmado al flujo de aire como un factor a considerar en la obtención de la ecuación de vida de estante. Ya que estas son la superficie de transferencia de masa, desde el alimento hacia la corriente de aire. La capacidad que tengan estas superficies de regular la salida de agua desde el alimento afecta directamente al estudio. Como se pudo ver solamente fue posible obtener la vida de estante en alimentos que tuvieron una superficie capaz de regular la pérdida de agua del alimento, dejando a la temperatura como variable más relevante.

Dentro del estudio existen alimentos que tienen corteza pero la obtención de la ecuación de vida de estante no fue posible, ya que en algunos casos el tiempo de conservación de estos eran muy largas o muy cortas con respecto a los 15 días planteados por el estudio. En el primer caso los alimentos no mostraron deterioro que pueda ser detectado por nuestros equipos, haciendo imposible una recolección de datos que sea satisfactoria para el estudio. En el segundo caso, los alimentos con vida de estante muy corta necesitaban ser analizados en periodos mucho más cortos de tiempo que los demás alimentos, lo que no fue posible por la extensión del estudio.

Como se pudo observar el cálculo de la vida de estante por el modelo de Arrhenius únicamente fue aplicable para el tomate, papaya y lechuga; por lo ya expuesto anteriormente.

En los alimentos que se obtuvo la ecuación de vida de estante en los tres refrigeradores se puede observar que tomando un punto de deterioro similar, el mismo que fue fijado por uno de los parámetros fisicoquímicos que se analizaron en el estudio. La refrigeradora que tiene circulación natural de aire puede conservar cualquiera de estos alimentos por mucho más tiempo que los equipos con circulación forzada de aire en la sección del refrigerador. Esto se puede observar en: tabla 14 correspondiente a la vida de estante del tomate a distintas temperaturas dentro de los tres refrigeradores y la tabla 20 correspondiente a la papaya.



En la legumbreira se apreciar un comportamiento distinto como se expresó anteriormente aparte de conservar a mayor temperatura un mayor tiempo. También las legumbreras de los tres equipos tienen ambientes de conservación similares en humedad y en distribución de aire pero como se observa en la tabla 32 en el caso de este compartimento la legumbreira con mejor ambiente de conservación es la del equipo No-Frost 1 con 14.08 días seguido por el equipo Bioactivo con un periodo de conservación de 13.39 días y finalmente el equipo No-Frost con un periodo 8.30 días. El comportamiento de las legumbreras en el equipo No-Frost 1 y Bioactivo son muy cercanos apenas separados por 0.69 día, reforzara nuestra suposición de que las legumbreras tienen un comportamiento similar si la renovación de aire en su interior es baja, similar y controlada. Como se puede observar en el Anexo 4 análisis del estudio de temperaturas, podemos notar que se alteró la entrada de aire en la legumbreira del artefacto No-Frost 2 para que alcance un mismo rango de temperatura que las demás refrigeradoras, produciendo una renovación de aire más rápida en su legumbreira, lo que junto a la diferencia de temperatura existente con el refrigerador generaría un ambiente de conservación no tan bueno como los otros dos casos.



4.2 Conclusiones

Se puede evidenciar la influencia del flujo de aire interno y su humedad en la conservación de alimentos refrigerados además de la temperatura. Mostrando un mejor ambiente de conservación en este caso el equipo Bioactivo el cual reúne factores claves para una mejor conservación como son aire húmedo y de flujo lento. La humedad relativa en el interior del refrigerador tiene un máximo de 89% y un mínimo de 70% en el refrigerador, el cual es mayor a las humedades relativas que oscilan los otros dos equipos, las cuales son en promedio: máxima 55% y mínima 31.5 %, a una temperatura promedio de 5°C.

El número de encendidos y apagados, actúan directamente sobre el tiempo de conservación. Los ventiladores en el caso de los equipos que tienen convección forzada y la placa de transferencia de calor en los de convección natural generan movimiento de aire al interior de los equipos, produciendo un flujo de aire interno el cual retira humedad de los alimentos que luego la perderá cuando entra en contacto con los intercambiadores de calor en los equipos de refrigeración.

El flujo aire interno circundante es usado para retirar el calor de los alimentos de manera más eficiente, lo cual lo hace necesario pero controlar su velocidad o su ingreso a los intercambiadores de calor ayudando a mantener la humedad y con esto mejorar el ambiente de conservación.

Es evidente decir que en todos los casos la disminución de la diferencia de temperatura entre refrigerador y legumbreira es necesaria. En el artefacto Bioactivo habría que aumentar la circulación de aire entre el refrigerador y la legumbreira también.

Los modelos cinéticos de primer orden y de orden cero se ajustan al deterioro relacionado directamente con la pérdida de humedad. Lo que indica que se puede obtener una ecuación cinética que describa el comportamiento de cada alimento en cada refrigerador a una temperatura específica. Por otro lado los otros parámetros físicos químicos expuestos en el estudio no muestran un ajuste a ninguno de estos dos órdenes de reacción.

Si bien las curvas de deshidratación se ajustaron a un orden cero y primer orden, la obtención de la vida de estante de los alimentos con la temperatura como



único factor, fue posible en papaya, tomate y lechuga. Estos tienen características como: cascara que permite al producto regular la pérdida de humedad o hojas que realizaban una función similar cubriendo a las demás, así como también tiempos de vida de estante medibles por los métodos establecidos en este estudio.

Es evidente que existen factores que tienen fuerte influencia en la conservación de alimentos dentro de un refrigerador además de la temperatura, los cuales en algunos casos imposibilitan la obtención de la ecuación de la vida de estante. Por lo tanto, buscar un modelo que relacione temperatura, flujo de aire y humedad, daría mejores resultados en la obtención de una ecuación de vida de estante.

Generalizando para los alimentos estudiados sugerir un tiempo de conservación de 8 días dentro de los refrigeradores es posible con excepciones como son: frutillas, espinaca, manzanas; las dos primeras con un tiempo muy corto de vida de estante y el último con un periodo de vida de estante más largo que el propuesto. Estos a una temperatura de alrededor de 5°C en el refrigerador y de 8°C en legumbreira. Es posible corroborar estos datos con tres ecuaciones de vida de estante de los alimentos mencionados anteriormente. Ya además es factible comprobar eso con los gráficos cinéticos basados en deshidratación de cada uno de los alimentos en los tres refrigeradores.

Cabe también resaltar la mejor apariencia de los alimentos conservados en la refrigeradora Bioactivo durante los 15 días de duración en cada experimento. Esto gracias a las características de su ambiente de conservación anteriormente expuestas.

Finalmente desarrollar un sistema de refrigeración con un ambiente que tenga una humedad del 85% al 90% evitara la deshidratación de los alimentos almacenados. Ocasionalmente que colocar alimentos dentro de fundas plásticas para evitar su deshidratación ya no sea necesario, generando una reducción de los desperdicios plásticos. Hecho que se pudo observar durante el estudio.



4.3. RECOMENDACIONES

Realizar este estudio cinético de deterioro en alimentos refrigerados utilizando el flujo de aire interno y la humedad como variables igual que la temperatura o en caso contrario eliminándolos del estudio. Lo cual daría mejores resultados al estudio. También mejorar el control de: temperatura, flujo de aire y el de humedad de los ambientes de conservación en estudios futuros. Son factores que elevaran la calidad del estudio y mejoraría sus resultados.

La necesidad de mantener la humedad en el interior de los refrigeradores en un rango que permita conservar de mejor manera los alimentos es necesaria especialmente en los modelos con convección forzada de aire. De igual manera estudiar si los alimentos en la legumbreira se conservarían mejor a una temperatura más baja que la actual junto con el flujo de aire y su humedad, ayudara a entender mejor su comportamiento y mejorar su diseño el cual es evidentemente necesario.

Con respecto al refrigerador Bioactivo, la modificación del diseño de la legumbreira es evidente debido a que presenta una ambiente de conservación de menor calidad que el espacio de refrigeración, por lo cual aumentar el flujo de aire entre la legumbreira y el refrigerador en este quipo es evidente.



BIBLIOGRAFÍA

- Amos, J. (1968). *Manual de Industrias de Alimentos*. Barcelona.
- Apolo, T. L. (1965). *Análisis Bromatológico*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- BLUE GOOSE Inc. (1980). *BUYING GUIDE*. Maryland: Blue Goose Inc. .
- Breene, W. M. (1979). *Industrial Processing of Fruits and Vegetables*.
Minnesota: University of Minnesota .
- Chaubin, V. (1973). *Análisis Bromatológico de las Diferentes Variedades de Alvejas*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Dergal, S. B. (2012). *La Ciencia de los Alimentos en la Práctica*. Mexico:
PEARSON.
- Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires. (s.f.). *Fiuba*. Recuperado el 5 de Abril de 2014, de <http://laboratorios.fi.uba.ar/lscm/termocuplas02.pdf>
- Figueroa, D. I. (3 de julio de 2002). PSICROMETRÍA, METODOS DE HUMIDIFICACION Y DEHUMIDIFICACION Y SUS APLICACIONES EN DISEÑO ARQUITECTONICO. Guadalajara, Jalisco, Mexico.
- Fogler, H. S. (2001). *ELEMENTOS DE INGENIERIA DE LAS REACCIONES QUIMICAS*. Mexico: Pentice Hall .
- foodsafetymagazine. (20 de febrero de 2015). *foodsafetymagazine*. Obtenido de foodsafetymagazine: <http://www.foodsafetymagazine.com/magazine-archive1/februarymarch-2001/water-activitye28099s-role-in-food-safety-and-quality/>
- Giancoli, D. C. (2006). *Física Sexta Edición*. Mexico: Pearson Educación.
- Green, R. H.-D. (2001). *Manual del Ing. Químico*. MEXICO : MC GRAW-HILL.
- Johnson, W. C. (2006). *Tecnología de la Refrigeración y Aire Acondicionado*. España: Artes Graficas Cuesta S.A: .



- Lasso, Z. A. (1992). *Estudio Bromatológico de la Guayaba*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Norman N. Potter, P. (1973). *La Ciencia de los Alimentos*. Buenos Aires: AVI Publishing Company.
- Nuria Martínez Navarrete, A. M. (1998). *TERMODINAMICA Y CINETICA DE SISTEMAS ALIMENTO ENTORNO*. Valencia - España: REPROSAL S.L.
- Ordoñez, L. (1969). *Análisis Bromatológico de las diferentes variedades de fregol*. Cuenca.
- Ordoñez, L. (1969). *Análisis Bromatológico de las diferentes variedades de frejol (phaseolus vulgaris)*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Ortomet. (2005). *Penetrómetros*. Recuperado el 14 de noviembre de 2014, de <http://www.ortomet.com/>
- Pillaga, C. M. (2007). *CONSERVACION Y COMERCIALIZACION DE LA CHICHA DE JORA EN ENVASES DE VIDRIO, A PARTIR DE MAIZ MOROCHO*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Ramírez, J. A. (1994). *REFRIGERACION*. Lima: Ceac S.A.
- Rivera, V. (2009). Bases de la Alimentación Humana. *Dimensiones de la Seguridad Alimentaria*, 222.
- Robert E. Hardenburg, A. E. (1988). *Almacenamiento Comercial de Frutas, Legumbres y Existencias de Floristerías y Viveros*. San José: I.S.B.N.
- Sandoval, B. J. (1954). *OPERACIONES DE CONSERVACION DE ALIMENTOS POR BAJAS TEMPERATURAS*. Venezuela: Editorial Equinoccio.
- Secretaría de Comercio Interior, Corporación del Mercado Central de Buenos Aires. (2013). *MERCADO Y MANEJO POSCOSECHA DE MAÍZ DULCE*. Buenos Aires: Web.



Teodoro Labuza, S. M. (2000). *Shelf-Life Dating of Foods* (2000 (30 de junio de 2000 ed.). Springer; Edición:).

Testo. (2006). ACTIVIDAD ACUOSA. *TESTO*, 11.



ANEXOS



ANEXO 1.

NTE INEN 2206:2011–8,7 CONTROL DE TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO

8.7.1 El propósito de este ensayo es comprobar la conformidad con los requisitos del numeral 6.1.2.2, literal a), a cada una de las temperaturas ambientes [ver el numeral 8.2.1.1 literal a)] para las clases de clima apropiado.

8.7.1.1 Procedimiento

a) Preparación del artefacto

a.1) El artefacto debe estar instalado en el local del ensayo de acuerdo con el numeral 8.2.1.1, literal

c). El(los) evaporador(es) debe(n) estar descongelado(s), si es necesario, y las paredes internas y los componentes del artefacto secos. Los medios de acceso (puertas o tapas) deben mantenerse cerradas durante los ensayos.

a.2) El artefacto debe ser puesto en servicio de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Todos los accesorios internos suministrados con el artefacto, incluso las bandejas para hielo, deben ser colocados en posición, excepto que las bandejas para hielo deben ser removidas en el caso de un compartimiento (o gabinete) congelador de alimentos o compartimiento (o gabinete) para almacenamiento de alimentos congelados que no tengan subdivisiones específicas para contener tales bandejas. Si el artefacto tiene termostato(s) y/o otro(s) dispositivo(s) para control de la temperatura el(los) cual(es) está(n) diseñado(s) para ser regulado(s) por el usuario, el(los) termostato(s) y/o dispositivo(s) debe(n) ser fijado(s) a la(s) posición(es) recomendada(s) por el fabricante para operación normal a la temperatura ambiente apropiada. Cuando el(los) termostato(s) y/o dispositivo(s) no está(n) diseñado(s) para regulación por el usuario, la medida debe ser dada por el artefacto como fue distribuida.

El artefacto vacío debe ser operado por al menos 24 h para alcanzar el equilibrio.

a.3) El compartimiento de almacenamiento de alimentos frescos y el compartimiento de depósito, si hay alguno, debe ser equipado con cilindros de cobre o bronce de acuerdo con los numerales 8.2.4 y 8.2.5.



a.4) El compartimiento (o gabinete) congelador de alimentos y cualquier (cualesquiera) compartimiento(s) (o gabinete) de almacenamiento de alimentos congelados debe(n) estar equipado(s) con paquetes de ensayo y paquetes "M" de acuerdo con el plan de almacenamiento siguiente.



ANEXO 2.

CONSERVAS VEGETALES DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACION DEL ION HIDRÓGENO (pH) - INEN 389

Primera Revisión 1985-12

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método potenciométrico para determinar la concentración del ion hidrógeno (pH) en conservas vegetales.

2. INSTRUMENTAL

2.1 Potenciómetro, con electrodos de vidrio.

2.2 Vaso de precipitación de 250 cm³.

2.3 Agitador.

3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

3.1 Si la muestra es líquida, homogeneizarla convenientemente mediante agitación.

3.2 Si la muestra corresponde a productos densos o heterogéneos, homogeneizarla con ayuda de una pequeña cantidad de agua (recientemente hervida y enfriada) y mediante agitación.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Efectuar la determinación por duplicado sobre la misma muestra preparada.

4.2 Comprobar el correcto funcionamiento del potenciómetro.

4.3 Colocar en el vaso de precipitación aproximadamente 10 g ó 10 cm³ de la muestra preparada, añadir 100 cm³ de agua destilada (recientemente hervida y enfriada) y agitar suavemente,



4.4 Si existen partículas en suspensión, dejar en reposo el recipiente para que el líquido se decante.

4.5 Determinar el pH introduciendo los electrodos del potenciómetro en el vaso de precipitación con la muestra, cuidando que éstos no toquen las paredes del recipiente ni las partículas sólidas, en caso de que existan.



ANEXO 3.

DETERMINACION DEL BRIX DE LAS FRUTAS (NORMA MEXICANA)

NMX-F-103-1982. ALIMENTOS. FRUTAS Y DERIVADOS. DETERMINACIÓN DE GRADOS BRIX. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.

PREFACIO: En la elaboración de esta Norma participaron los siguientes Organismos: Conservas La Torre, S.A. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Comisión Nacional de Fruticultura. Departamento de Normalización e Inspección Frutícola. Herdez, S.A. Cámara Nacional de la Industria de Transformación, Sección Normas.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Mexicana establece el método refractométrico para la determinación de los grados Brix en productos derivados de las frutas y líquidos azucarados.

2. DEFINICIÓN

Grados Brix: Es el por ciento de sólidos disueltos en un producto derivado de las frutas o de un líquido azucarado.

3. FUNDAMENTO

Este método se basa en el cambio de dirección que sufren los rayos luminosos en el límite de separación de dos medios en los cuales es distinta la velocidad de propagación.

4. REACTIVOS Y MATERIALES

Alcohol, Éter de petróleo, Bromonaftaleno, Papel

5. EQUIPOS

Refractómetro Abbé



6. PROCEDIMIENTO

Colocar el refractómetro en una posición tal que difunda la luz natural o cualquier otra forma de luz artificial, que pueda utilizarse para iluminación. Hacer circular agua a 293 K (20°C) a través de los prismas. Limpiar cuidadosamente con alcohol y éter de petróleo el refractómetro antes de hacer la lectura.

Para cargar el refractómetro abrir el doble prisma girando el tornillo correspondiente y poner unas gotas de muestra sobre el prisma, cerrar y ajustar finamente.

Verificar la exactitud del refractómetro con agua a 293 K (20°C) a esta temperatura, el índice de refracción del agua es de 1.3330, o bien utilizar la placa de cuarzo que viene con el equipo, usando Bromonaftaleno, al leer hacer las correcciones necesarias. Mover el brazo giratorio del aparato hacia delante y hacia atrás hasta que el campo visual se divida en dos partes, una luminosa y otra oscura. La línea divisoria entre esas dos partes, se le conoce como "línea margen". Ajustar la línea margen y leer directamente el por ciento de sólidos en la escala °Brix.

7. BIBLIOGRAFÍA

NMX-Z-013-1977. Guía para Redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Mexicanas. NMX-F-103-1965. Norma Oficial de Método de Prueba para la Determinación de "Grados Brix"

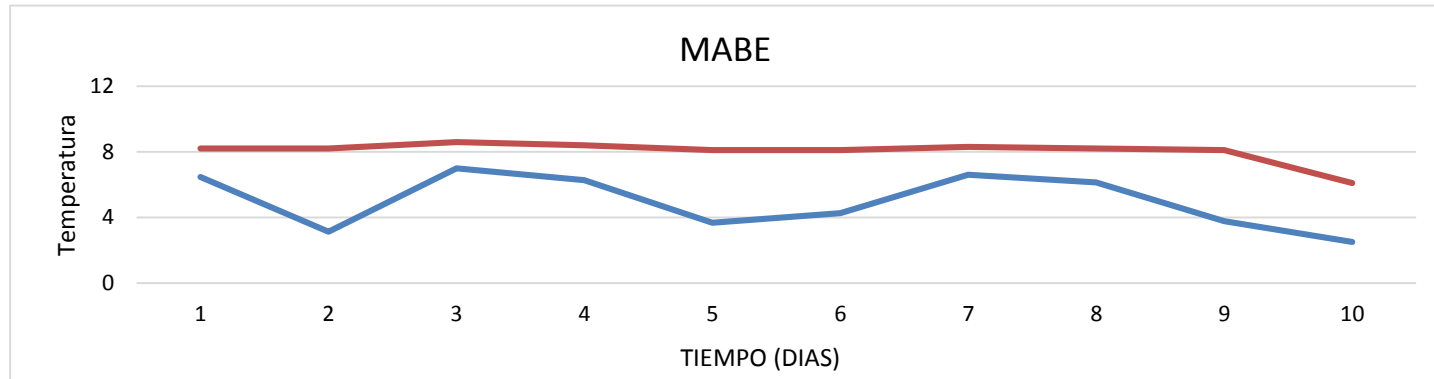
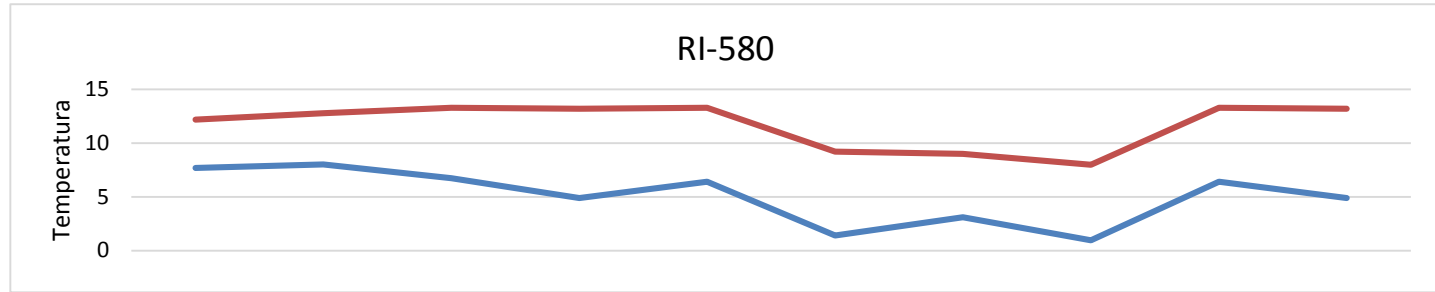
ANEXO 4. DATOS DE CALIBRACION DE LA TEMPERATURAS DE CADA ARTEFACTO

1. **DATOS OBTENIDOS EN INDURAMA (sin modificaciones)** - Promedios de temperaturas obtenidos después de una toma de 60 muestras por posición.

	BIOACTIVO	NO-FROST 2	NO-FROST 1
PROM. REFRIGERADORA	3,40	5,05	4,98
PROM. LEGUMBRERA	8,47	11,75	8,03

BIOACTIVO	T1R	rango de temperaturas de 3 a 6 °C	NO-FROST 2	T1R	rango de temperaturas de 4 a 7 °C	NO-FROST 1	T1	rango de temperaturas de 3 a 7 °C
	T2R	rango de temperaturas de 3 a 6 °C		T2R	rango de temperaturas de 4 a 7 °C		T2	rango de temperaturas de 3 a 7 °C
	T3R	rango de temperaturas de 0 a 4 °C		T3R	rango de temperaturas de 6 a 9 °C		T3	rango de temperaturas de 4 a 7 °C
	T4L	rango de temperaturas de 7 a 9 °C		T4L	rango de temperaturas de 9 a 13 °C		T4L	rango de temperaturas de 6 a 9 °C

GRAFICOS:



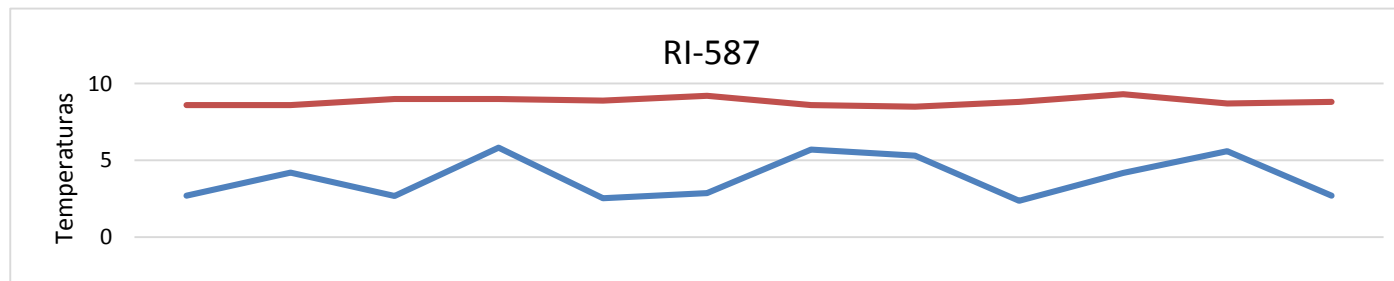


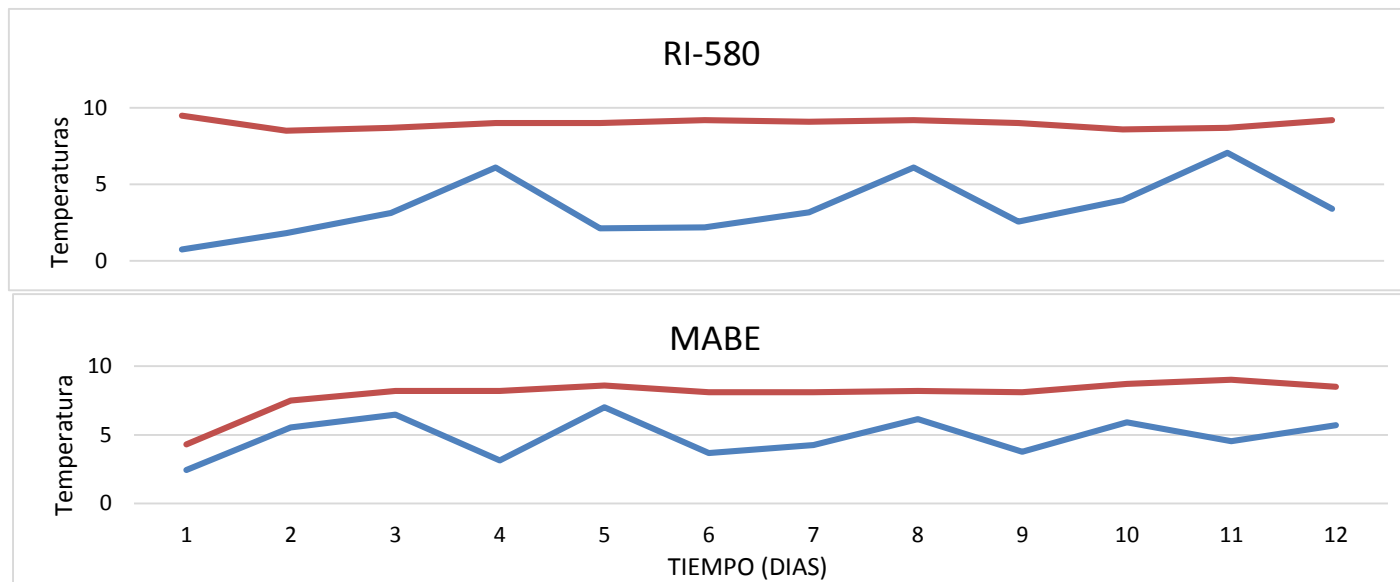
2.- DATOS OBTENIDOS EN LA UNIVERSIDAD (sin modificaciones) - Promedios de temperaturas obtenidos después de una toma de 60 muestras por posición.

	BIOACTIVO	NO-FROST 2	NO-FROST 1
PROM. REFRIGERADORA	3,89	3,53	4,88
PROM. LEGUMBRERA	8,83	8,98	7,96

BIOACTIVO	T1	rango de temperaturas de	NO-FROST	T1	rango de temperaturas de	NO-FROST	T1	rango de temperaturas de		
	R	4 a 7 °C		2	R		3 a 6 °C	1	R	3 a 6 °C
	T2	rango de temperaturas de		T2	rango de temperaturas de		T2	rango de temperaturas de		
	R	3 a 6 °C		R	3 a 6 °C		R	3 a 6 °C		
T3	rango de temperaturas de	T3	rango de temperaturas de	T3	rango de temperaturas de					
R	0 a 6 °C	R	3 a 7 °C	R	4 a 7 °C					
T4 L	rango de temperaturas de	T4 L	rango de temperaturas de	T4 L	rango de temperaturas de					
	8 a 9 °C		8 a 9 °C		7 a 9 °C					

GRAFICOS:





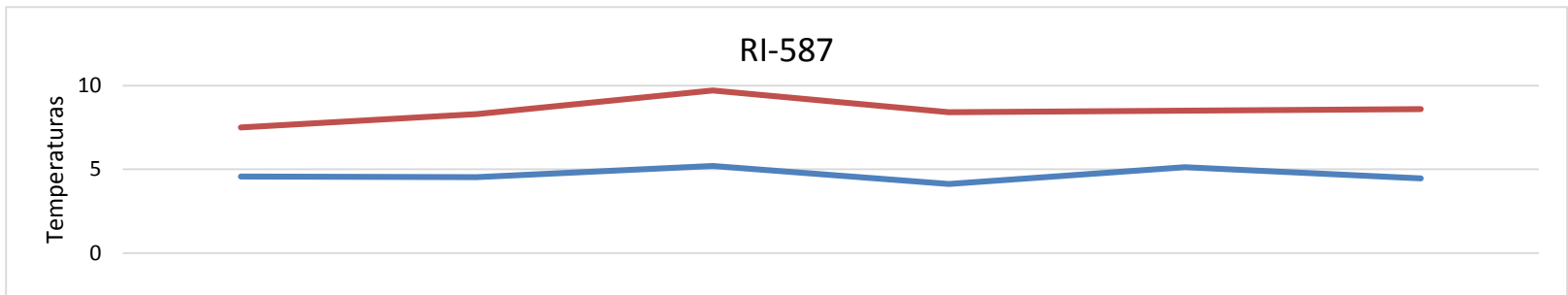
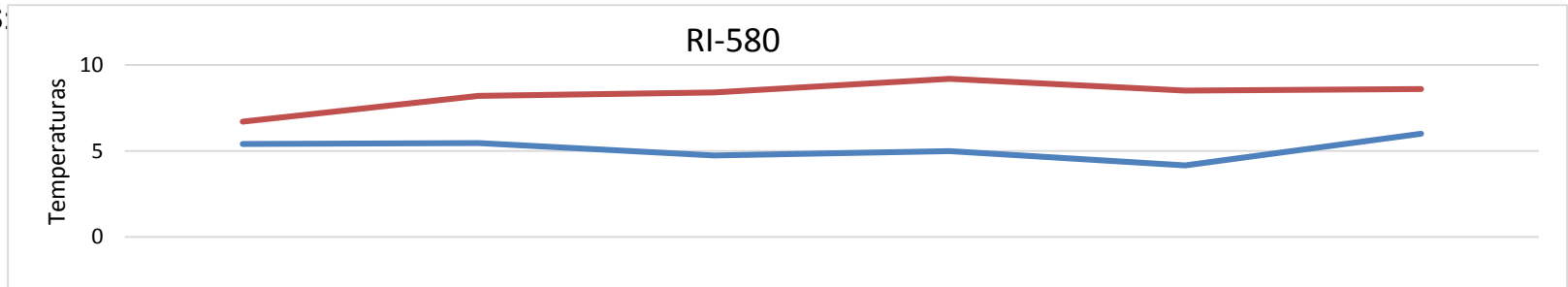
3.- DATOS OBTENIDOS EN INDURAMA (con modificaciones) - Promedios de temperaturas obtenidos después de una toma de 60 muestras por posición.

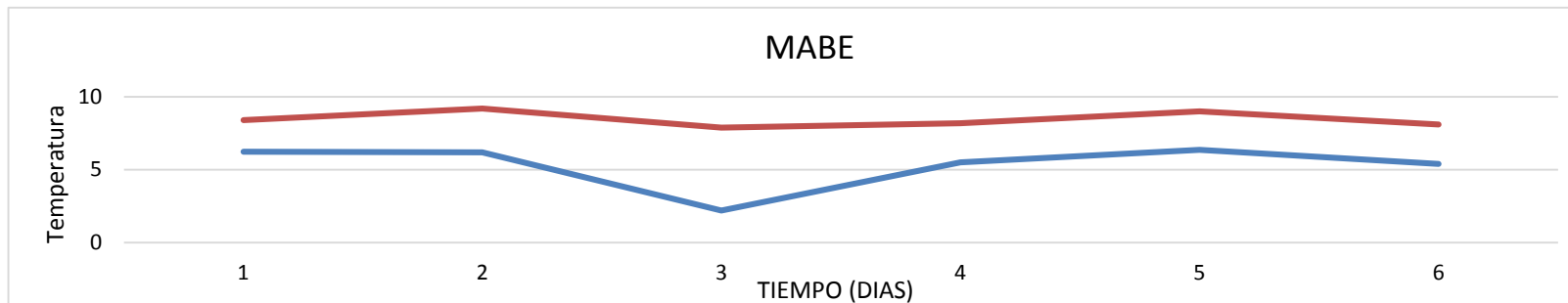
	BIOACTIVO	NO-FROST 2	NO-FROST 1
PROM. REFRIGERADORA	4,64	5,14	5,26
PROM. LEGUMBRERA	8,50	8,27	8,47



BIOACTIVO	T1 R	rango de temperaturas de 4 a 5 °C	NO-FROST 2	T1 R	rango de temperaturas de 4 a 6 °C	NO-FROST 1	T1 R	rango de temperaturas de 5 a 7 °C
	T2 R	rango de temperaturas de 4 a 6 °C		T2 R	rango de temperaturas de 4 a 6 °C		T2 R	rango de temperaturas de 5 a 6 °C
	T3 R	rango de temperaturas de 3 a 5		T3 R	rango de temperaturas de 4 a 6		T3 R	rango de temperaturas de 5 a 6 °C
	T4 L	rango de temperaturas de 7 a 9 °C		T4 L	rango de temperaturas de 7 a 9 °C		T4 L	rango de temperaturas de 7 a 9 °C

GRAFICOS:





4.- DATOS OBTENIDOS EN LA UNIVERSIDAD (con modificaciones)

Promedios de temperaturas obtenidos después de una toma de 60 muestras por posición.

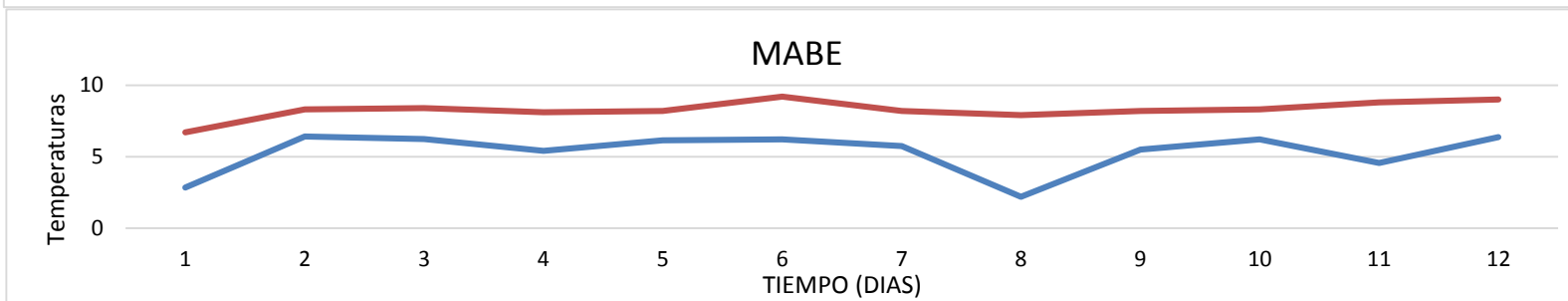
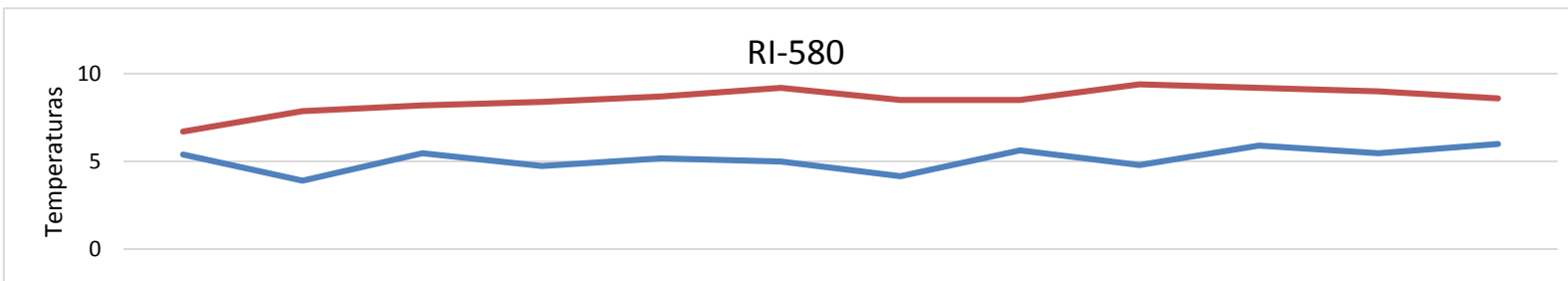
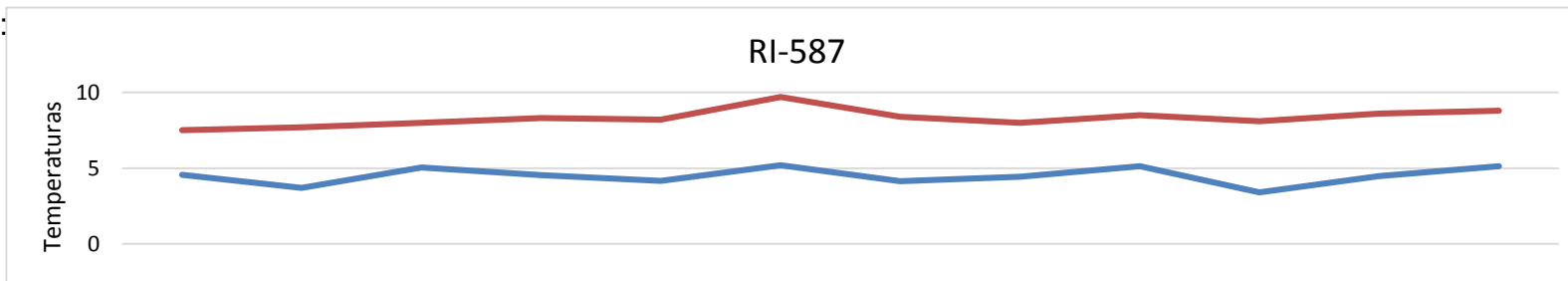
	BIOACTIVO	NO-FROST 2	NO-FROST 1
PROM. REFRIGERADORA	4,47	5,14	5,29
PROM. LEGUMBRERA	8,32	8,52	8,28

BIOACTIVO	T1R	rango de temperaturas de 3 a 5 °C	NO-FROST 2	T1 R	rango de temperaturas de 3 a 5 °C	NO-FROST 1	T1 R	rango de temperaturas de 5 a 6 °C
	T2 R	rango de temperaturas de 4 a 6 °C		T2 R	rango de temperaturas de 3 a 5 °C		T2 R	rango de temperaturas de 3 a 6 °C
	T3 R	rango de temperaturas de 3 a 6		T3 R	rango de temperaturas de 4a 6		T3 R	rango de temperaturas de 3 a 6 °C



	T4 L	rango de temperaturas de 7 a 9 °C		T4 L	rango de temperaturas de 7 a 9 °C		T4 L	rango de temperaturas de 7 a 9 °C
--	------	-----------------------------------	--	------	-----------------------------------	--	------	-----------------------------------

GRAFICOS:





ANALISIS DEL ESTUDIO DE TEMPERATURAS: Al analizar los datos obtenidos tanto en un laboratorio con ambiente controlado como en un laboratorio sin control del ambiente para los artefactos sin modificaciones, se puede determinar que el artefacto BIOACTIVO mantiene un rango de temperaturas entre 0 y 5 °C que para el objetivo del estudio en posición media es demasiado frío, así mismo dentro del diagrama de temperaturas del artefacto NO-FROST 2 la sección de refrigeración está dentro del promedio establecido, pero en la legumbrera las temperaturas oscilan de 9 a 13 °C, fuera del promedio. Al presentar los artefactos variaciones no favorables para el inicio del estudio con alimentos, se probaron ciertas modificaciones para estabilizar las temperaturas, dichas modificaciones son detalladas a continuación:

- ARTEFACTO BIOACTIVO

- tercera bandeja plegada en un 100%, legumbreras abiertas 0,5 cm hacia delante
- Entradas de aire de legumbreras completamente abiertas, bandeja de legumbrera alzada 0,6 cm en la parte trasera
- Cobertura del 75% del plate, para mejor distribución del calor, evitando la generación excesiva de escarcha

- ARTEFACTO NO-FROST 2

- entradas de aire de legumbreras completamente abiertas
- Legumbreras abiertas 1 cm hacia delante
- Tapado las $\frac{3}{4}$ partes de la tercera entrada de aire

Con esto, como se observa en los diagramas los rangos de temperatura entraron dentro de los promedios planteados, facilitando el control y permitiendo mantener la temperatura estable durante los análisis con alimentos.

IMÁGENES:

ARTEFACTO NO-FROST 2



LEGUMBRERA ABIERTA 1cm
ENTRADAS DE AIRE DE LEGUMBRERAS
COMPLETAMENTE ABIERTAS

ARTEFACTO BIOACTIVO

BANDEJA DESLIZABLE RETRAIDA 100%



BANDEJA LEGUMBRERA ALZADA 6mm LA PARTE TRASERA



ANEXO 5.

CONTROL DIARIO DE LAS TEMPERATURAS Y HUMEDADES DE LOS ARTEFACTOS CALIBRADOS

- CALIBRACION DE CONTROL BAJO

N.	NO-FROST 1				%H - R		%H - L		BIOACTIVO				%H - R		%H - L		NO-FROST 2				%H - R		%H - L	
	T1	T2	T3	T4	MA X	MI N	MA X	MI N	T1	T2	T3	T4	MA X	MI N	MA X	MI N	T1	T2	T3	T4	MA X	MI N	MA X	MI N
1	6,7 0	5,9 0	7,7 0	9,70	64	40	80	22	8,6 0	8,8 0	9,0 0	11,1 0	97	65	80	78	7,2 0	7,5 0	8,00	10,7 0	53	25	82	30
2	7,5	7,2	8,2	9,1	62	44	90	74	7,4	7,4	7,6	9,6	96	54	87	63	7,1	7,4	8,6	10,8	60	31	97	86
3	7,5 0	7,3 0	8,0 0	9,50	49	42	84	86	7,4 0	7,2 0	7,3 0	10,2 0	95	83	87	66	8,8 0	9,3 0	10,0 0	11,3 0	59	41	94	89
4	7,5 0	7,9 0	8,4 0	10,0	46	35	98	97	8,0 0	8,1 0	8,4 0	10,6 0	95	85	81	72	7,8 0	8,4 0	9,00	10,6 0	60	40	92	85
5	7,9 0	7,8 0	8,3 0	9,90	57	38	97	95	7,5 0	7,2 0	7,6 0	9,80	96	84	82	58	8,1 0	8,6 0	9,20	10,5 0	52	25	93	82
6	7,7	7,6	8,7	9,5	45	37	97	89	8,5	8,4	8,2	10,3	96	73	93	75	8,1	6,5	8,7	11,1	58	40	92	88
7	9,1	8,3	9,3 6	11	50	33	74	74	7,6	7,3	7,2	10,2	91	71	85	71	8,5	9	9,6	11,4	56	42	77	66



8	8,0 0	7,6 0	8,8 0	10,9 0	44	33	82	75	9,1 0	9,1 0	9,6 0	11,6 0	87	70	89	80	8,4 0	9,2 0	9,40	11,8 0	54	41	83	69		
9	6,2	7	8,4	10,1	45	34	89	73	8,1	7,6	5,8	11,2	90	71	87	63	9,6	9,4	10,4	11,8	52	39	86	78		
10	8,9 0	8,2 0	8,7 0	10,6 0	47	30	73	68	7,7 0	7,8 0	8,1 0	10,5 0	89	70	73	58	9,0 0	9,5 0	10,1 0	11,5 0	50	35	75	68		
11	7,5 0	6,8 0	8,5 0	10,6 0	46	30	80	69	8,2 0	8,1 0	8,2 0	10,8 0	91	63	73	50	9,3 0	9,1 0	10,6 0	12,6 0	51	35	69	60		
12																										
13																										
14																										
15																										
PRO				10,1									10,4								11,3					
M.	7,96			2	49	36	86	80	7,86				8	93	72	84	66	8,89				4	55	37	86	77
					14		6						20		18						18		9			



- CALIBRACION DE CONTROL MEDIO

N.	NO-FROST 1				%H - R		%H - L		BIOACTIVO				%H - R		%H - L		NO-FROST 2				%H - R		%H - L	
	T1	T2	T3	T4	MAX	MIN	MAX	MIN	T1	T2	T3	T4	MAX	MIN	MAX	MIN	T1	T2	T3	T4	MAX	MIN	MAX	MIN
1																								
2	4,8	5,3	4,9	7,2	56	38	76	57	4,10	4,70	2,30	7,70	89	76	96	97	3,3	3,6	4,3	8,2	59	27	71	61
3	5,20	4,00	5,20	8,20	61	31	76	67	5,10	5,20	4,80	8,00	94	78	80	55	4,10	5,10	5,50	8,50	67	29	91	76
4	3,60	3,10	4,00	7,60	61	33	77	64	4,50	4,70	4,40	8,30	94	78	80	55	5,20	5,80	6,10	8,90	61	28	57	37
5	5,20	5,15	6,10	8,00	42	34	66	46									3,90	2,50	4,80	8,00	56	28	70	61
6	4,8	4,6	5	7	50	31	75	70	4,30	4,20	4,00	8,20	86	69	70	54	4,3	5	5,6	8,6	50	27	67	58
7									6,50		3,90	9,70	88	65	61	50								
8	2,60	2,10	6,00	9,00	54	32	77	64	3,90	4,60	3,90	8,40	88	68	59	53	3,90	2,50	4,80	8,00	56	28	70	61
9									5,00	4,20	4,10	8,00	91	68	67	46								
10					50	31	76	57	5,70	5,20	4,50	8,50	90	68	57	54	4,70	3,40	5,10	8,90	51	33	66	60
11	3,30	2,50	3,40	8,30	50	33	76	67	4,70	4,40	1,10	8,10	92	70	66	45	4,80	5,60	5,90	9,00	54	28	68	46
12																								
13	4,10	4,60	5,40	8,80	56	36	73	54	4,80	4,30	4,30	8,60	86	66	55	54	5,90	3,40	5,10	8,90	51	33	66	60
14	5,70	5,10	5,70	8,20	53	35	66	46	5,30	4,90	5,20	8,80					4,40	4,80	5,20	9,40	64	35	64	56
15													77	69	57	47								
PROM.	4,50		8,03		53	33	74	59	4,46		8,39		89	70	68	55	4,62		8,64		57	30	69	58



- CALIBRACION DE CONTROL ALTO

N.	NO-FROST 1				%H - R		%H - L		BIOACTIVO				%H - R		%H - L		NO-FROST 2				%H - R		%H - L					
	T1	T2	T3	T4	MAX	MIN	MAX	MIN	T1	T2	T3	T4	MAX	MIN	MAX	MIN	T1	T2	T3	T4	MAX	MIN	MAX	MIN				
1	-	-	1,30	4,80	66	24			2,20	2,20	1,90	5,20	84	58	82	39	1,20	1,30	2,20	4,70	63	25	69	29				
2	1	-0,9	1,1	4,4	63	39	92	74	2,2	2	2	5,2	92	75	83	58	1,2	1,3	2,2	4,8	67	28	89	75				
3	-	-	0,20	0,40	4,60	4,40	60	36	83	73	2,20	1,40	0,40	5,70	88	75	75	64	0,00	0,10	0,70	5,40	57	27	83	78		
4	0,00	-	0,80	1,00	4,90	65	40	82	68	2,20	2,40	2,50	5,70	98	79	79	66	1,10	1,70	2,40	5,50	55	28	81	70			
5	-	-	0,20	0,50	1,10	4,50	61	39	77	62	1,20	0,00	1,90	5,00	98	74	77	63	0,60	0,50	0,30	4,80	56	27	80	72		
6																												
7																												
8	0,40	0,00	1,80	5,00	57	38	71	64	2,30	1,30	0,40	5,90	87	72	66	53	1,60	1,40	2,50	5,80	42	32	77	73				
9	0,7	-0,4	1,4	4,6	62	39	69	58	1,7	1,1	1,2	5,5	98	76	68	54	1,3	-0,9	1,8	5,5	65	27	75	66				
10	0,10	-	0,40	1,20	4,40	56	37	69	56	2,00	2,20	2,00	6,20	85	66	69	55	-	-	-	0,50	1,10	0,50	4,90	54	27	70	63




11	0,00	0,80	0,40	4,60	56	35	58	56	1,30	1,50	1,50	5,50	87	72	66	52	-	0,50	0,00	0,00	5,00	51	32	75	69
12	-3,6	-2,7	-1	4,6	65	35	76	51	2,7	1,5	-0,1	6,9	91	66	64	47	1,8	-0,2	1,8	5,9	72	27	71	55	
13																									
14																									
15																									
PROMEDIO	0,17			4,60	61	38	75	62	1,42			5,73	92	73	72	57	0,66			5,29	58	28	78	69	
					23		13						19		15						29		9		



ANEXO 6. GRAFICOS DE LOS CONTROLES DE LOS PARAMETROS FISICO QUIMICOS ANALIZADOS

LEYENDA:

NO-FROST 1 

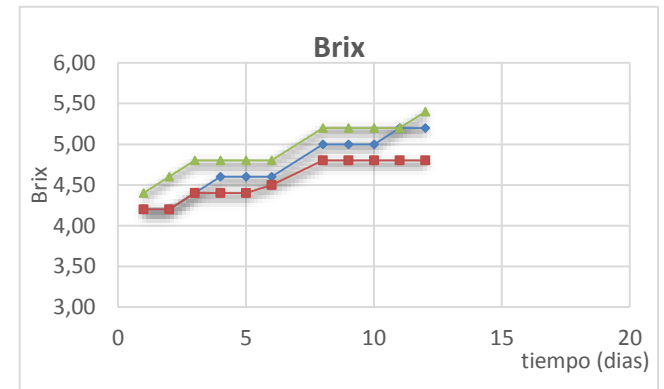
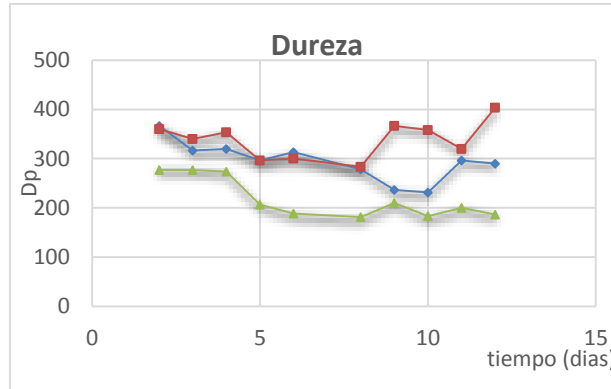
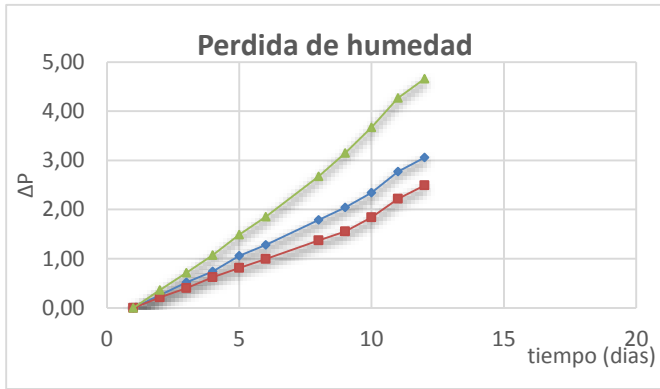
BIOACTIVO 

NO-FROST 2 

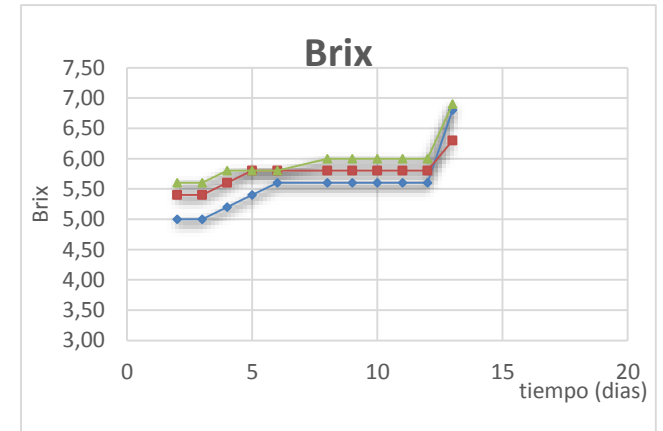
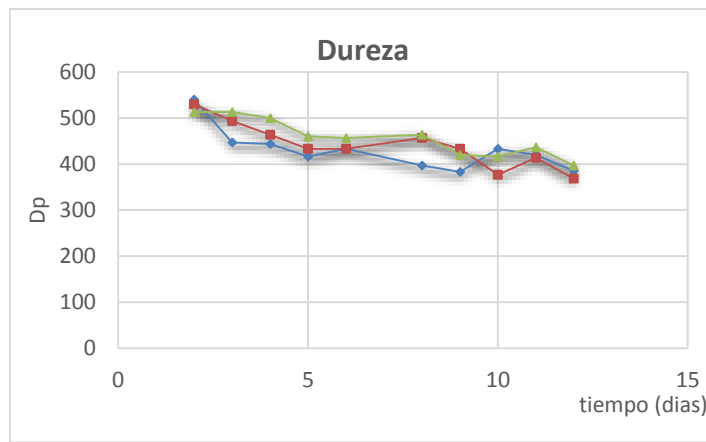
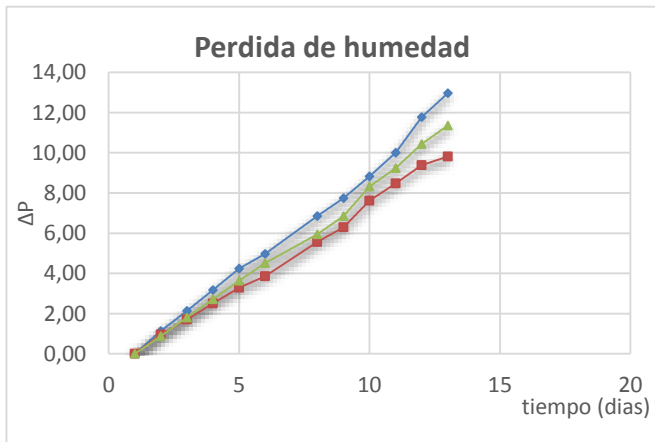


1. TOMATE

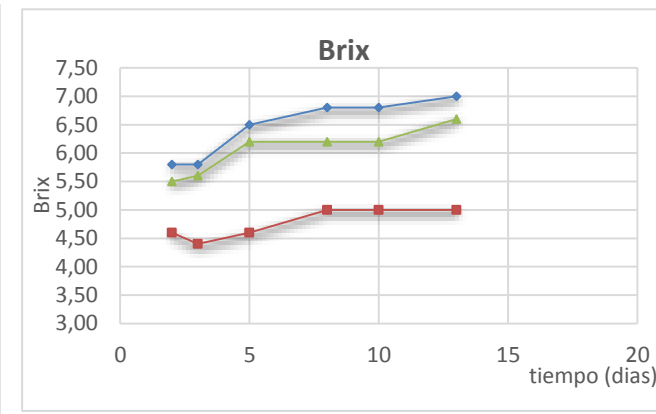
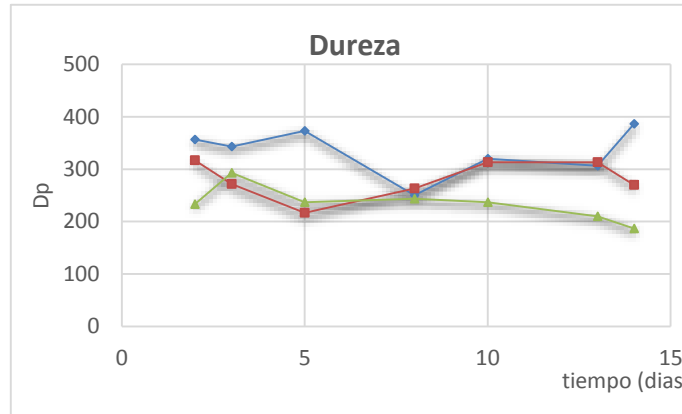
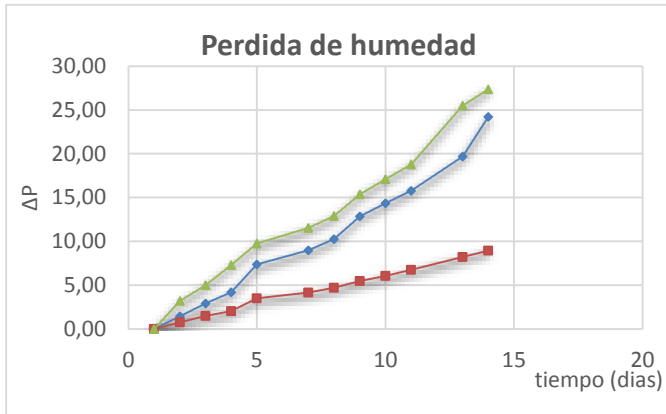
- Posición mínima



- Posición media

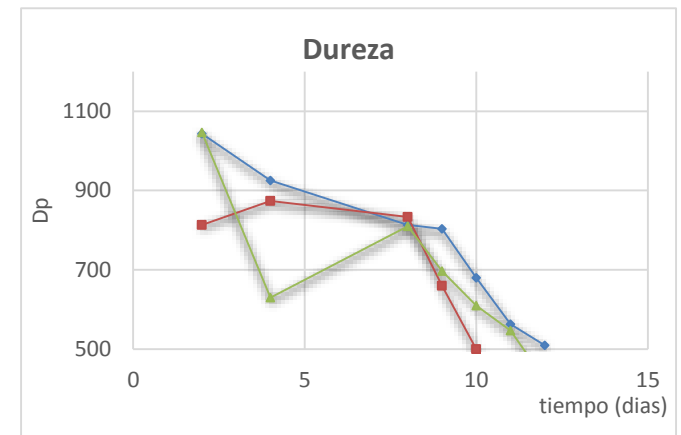
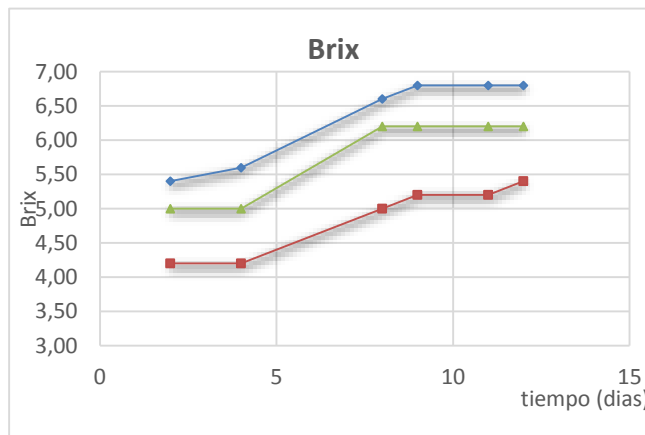
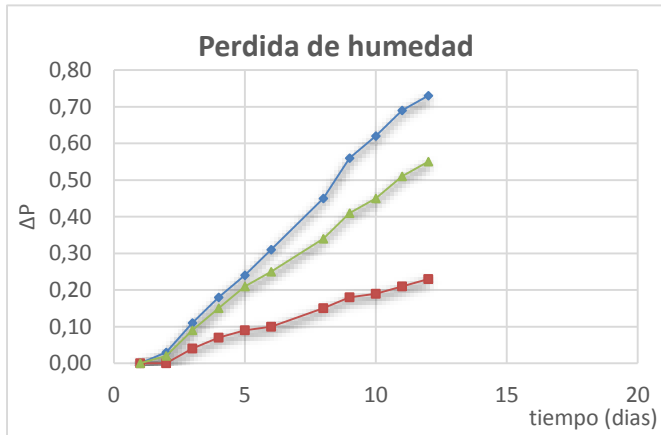


- Posición máxima



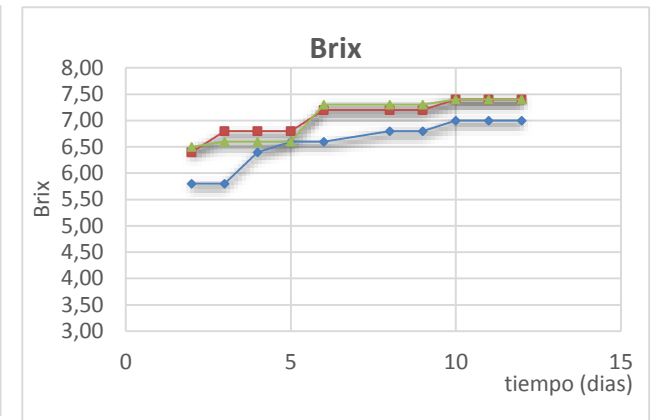
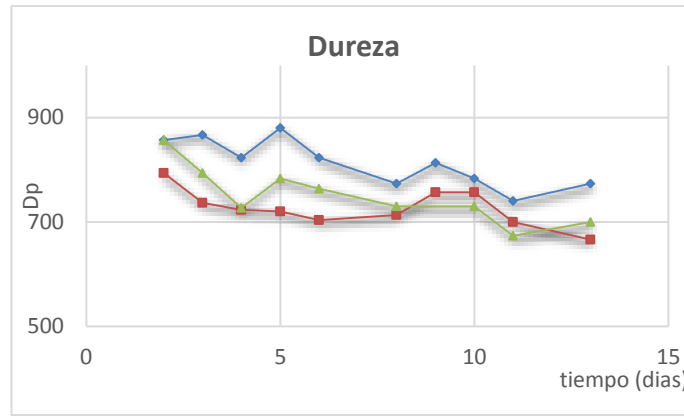
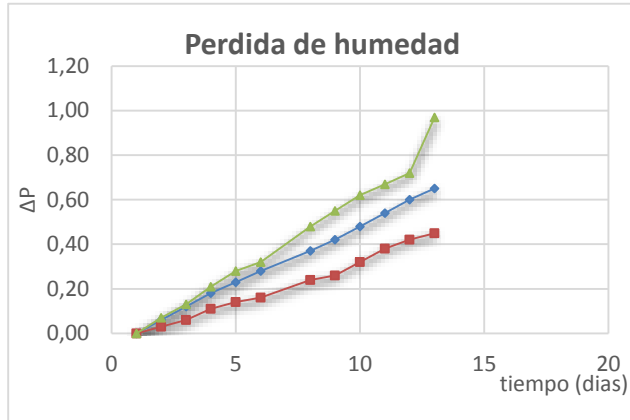
2. MANZANA

- Posición mínima

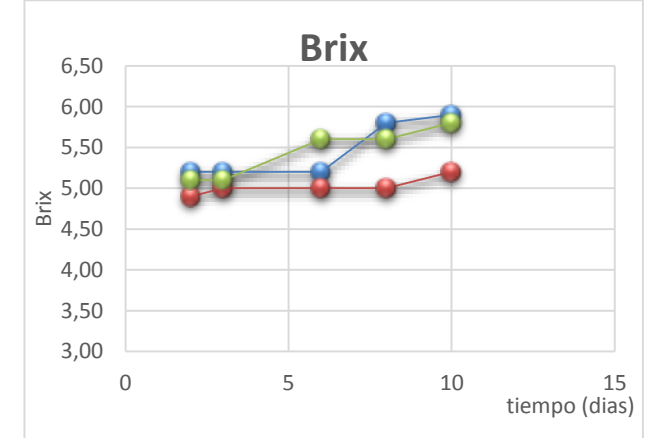
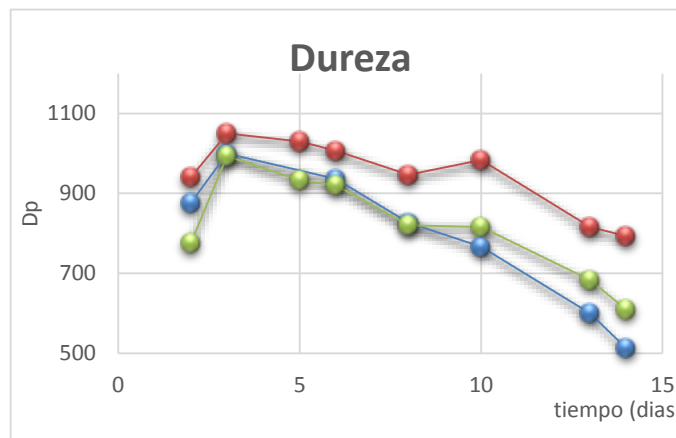
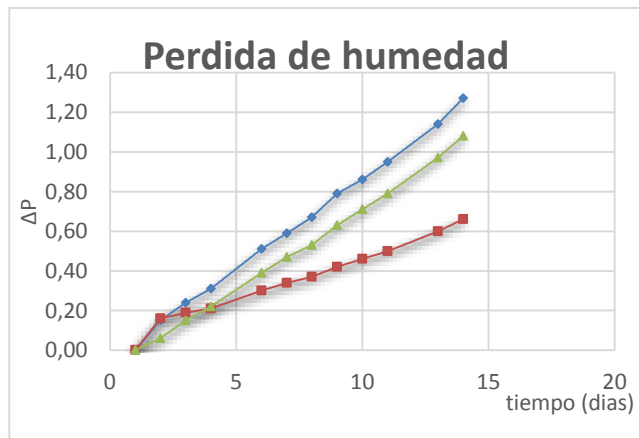




- Posición media



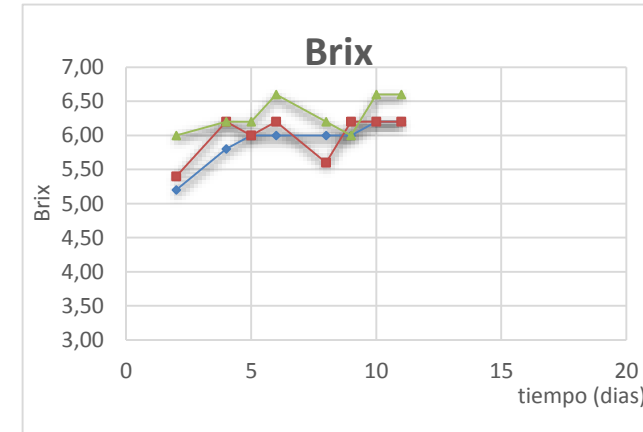
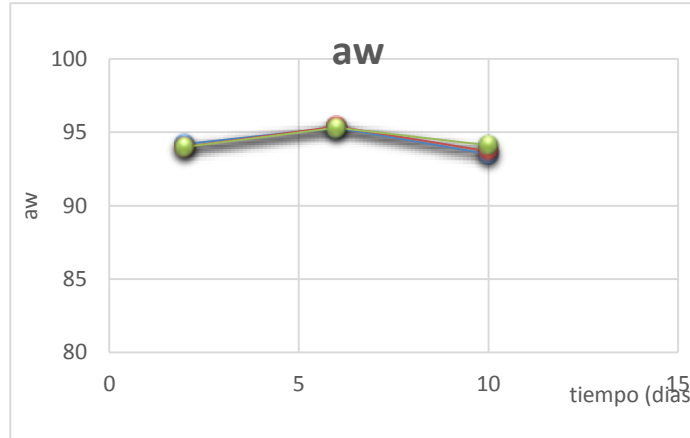
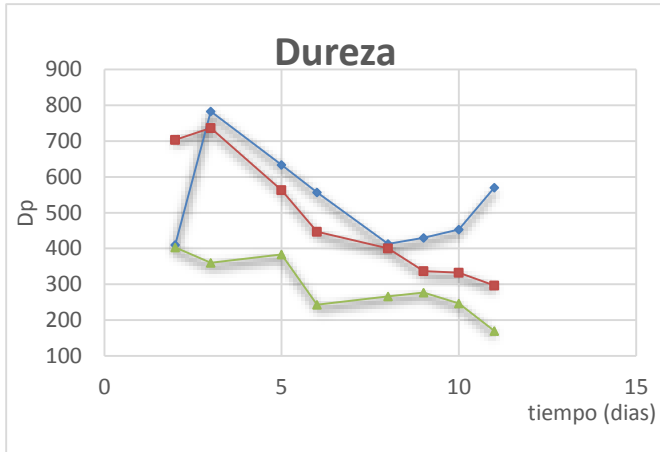
- Posición mínima



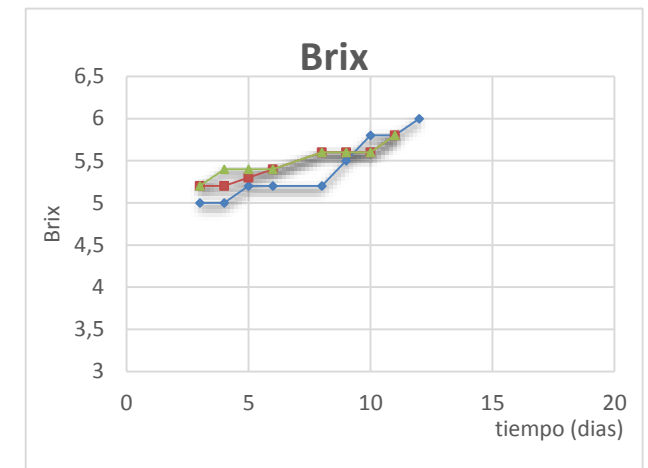
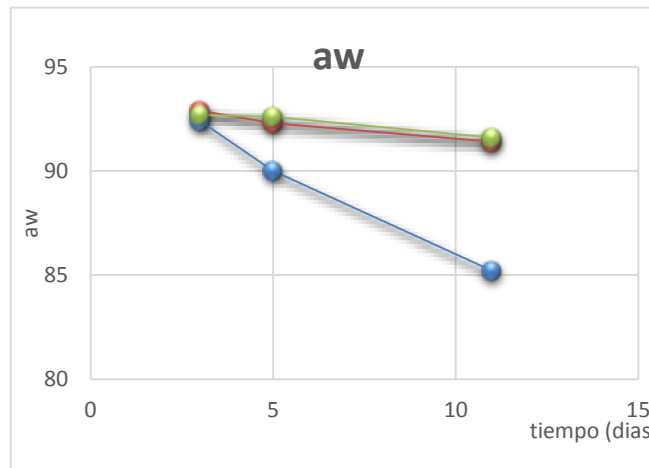
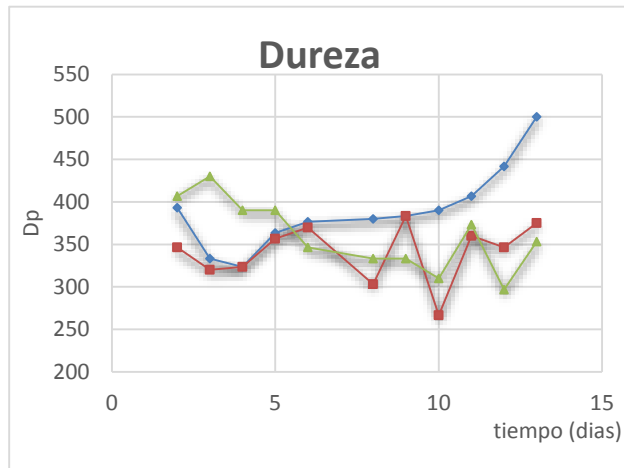


3. PAPAYA

- Posición mínima

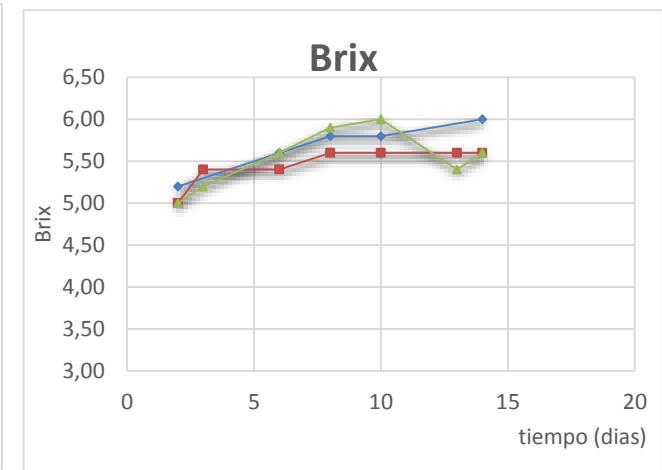
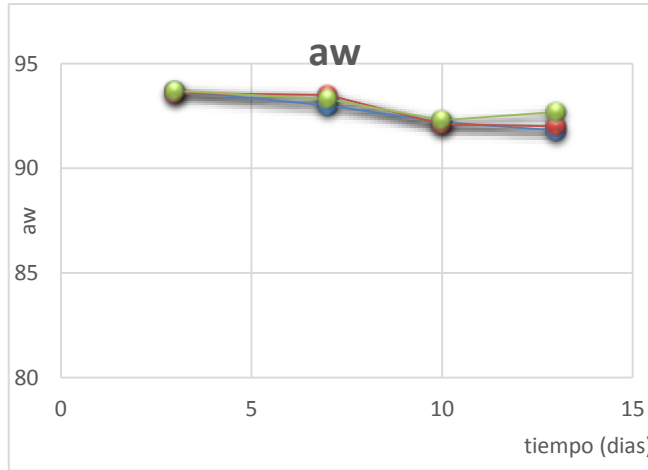
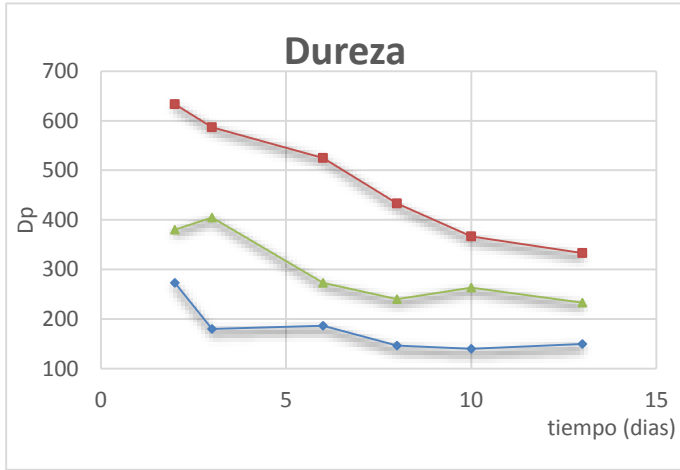


- Posición media



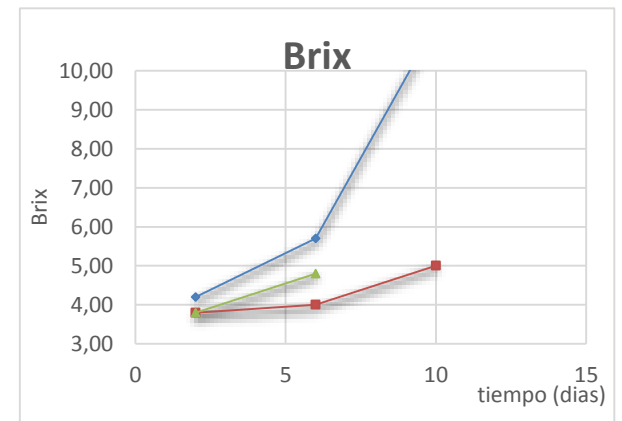
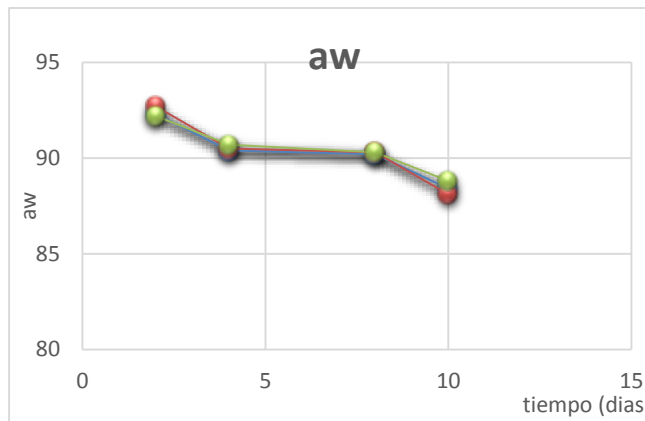
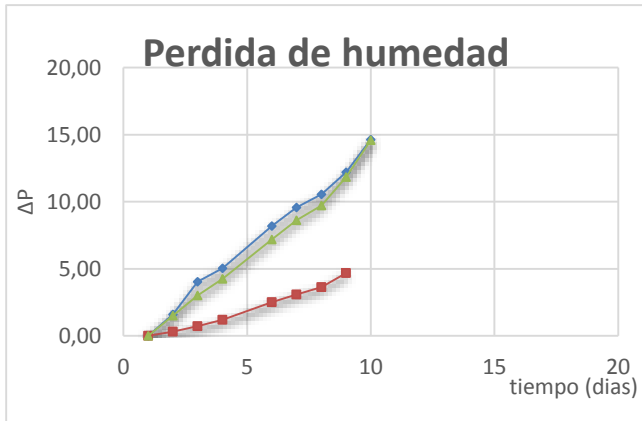


- Posición máxima

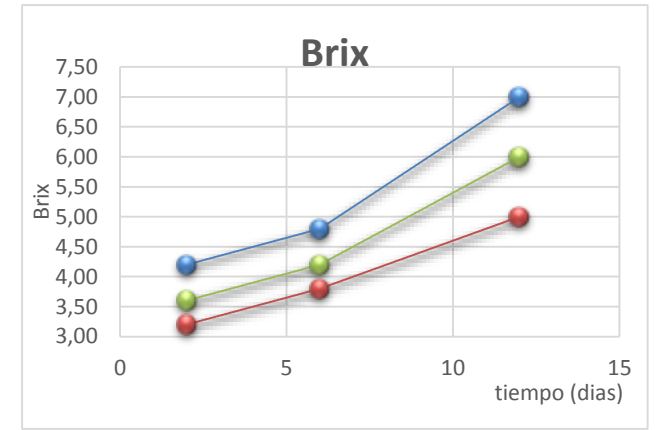
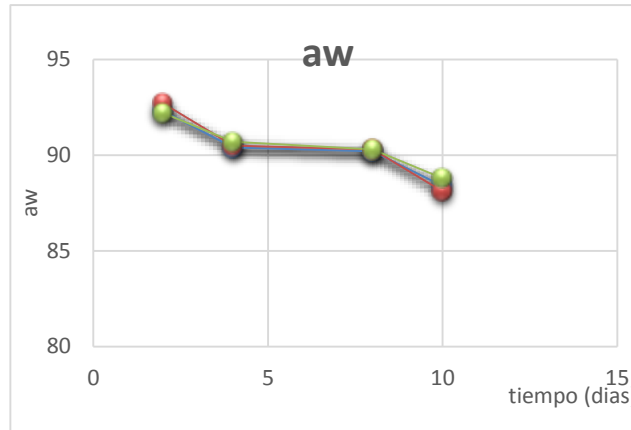
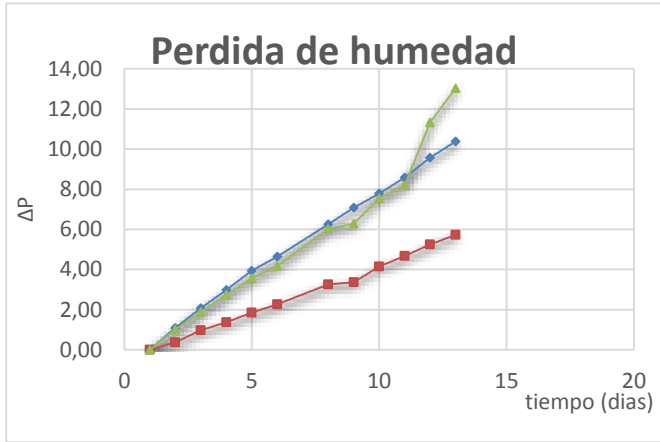


4. FRUTILLA

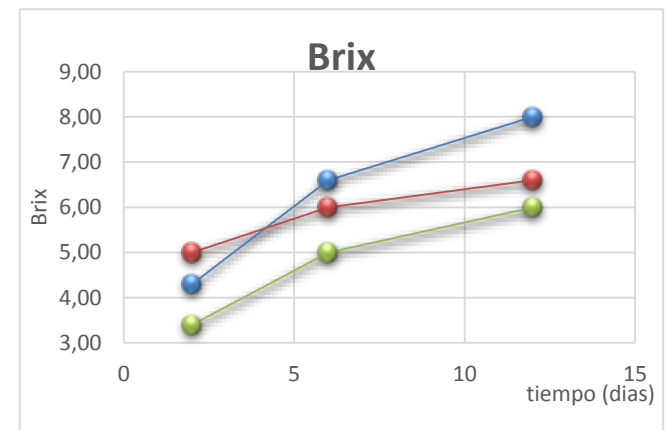
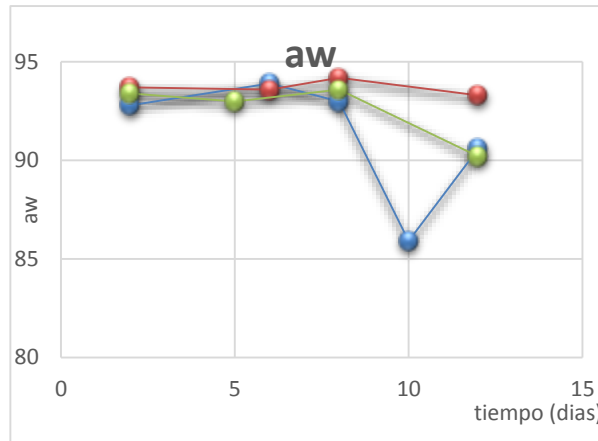
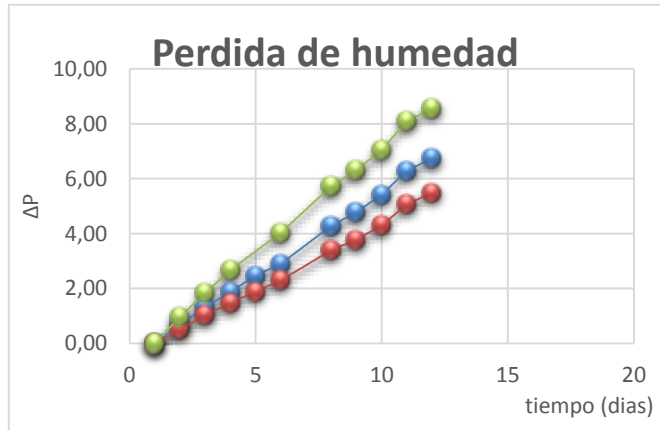
- Posición mínima



- Posición media

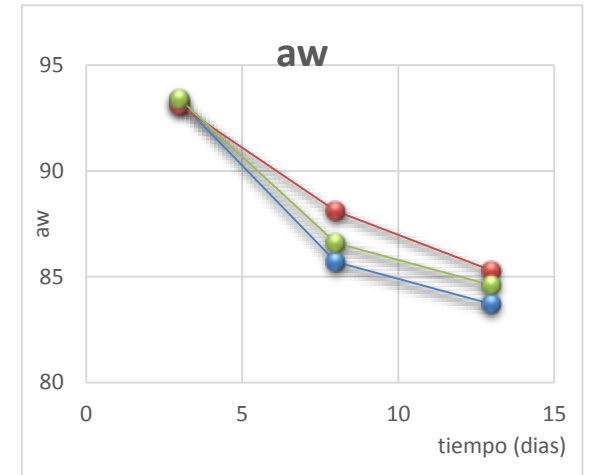
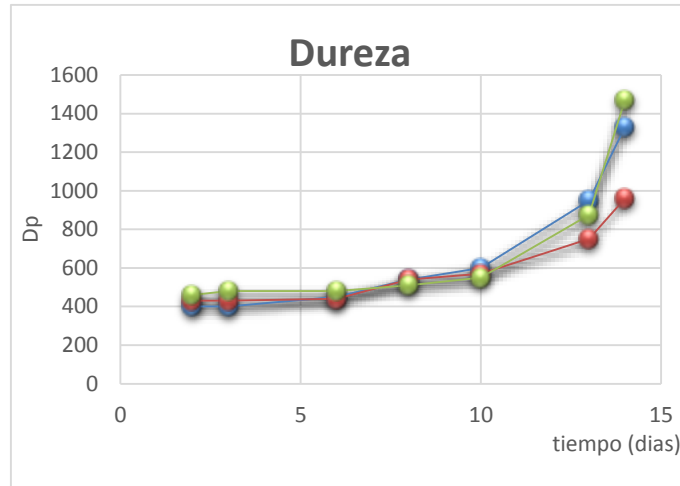
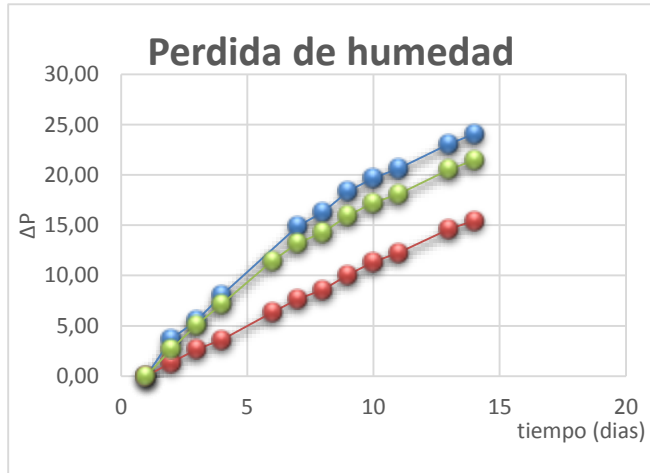


- Posición máxima

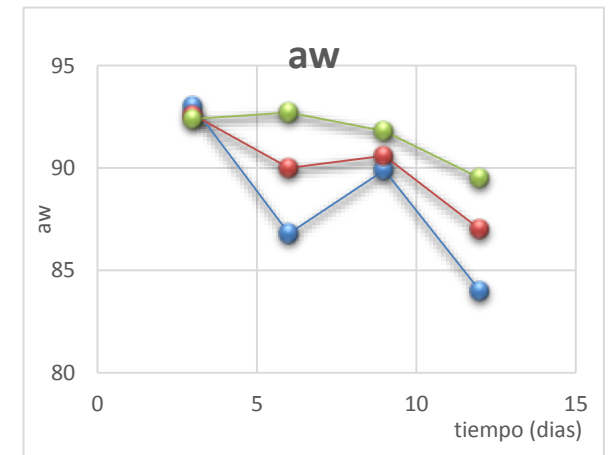
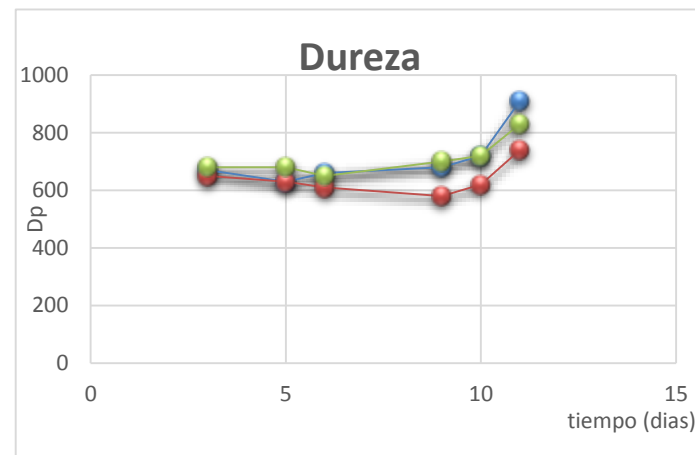
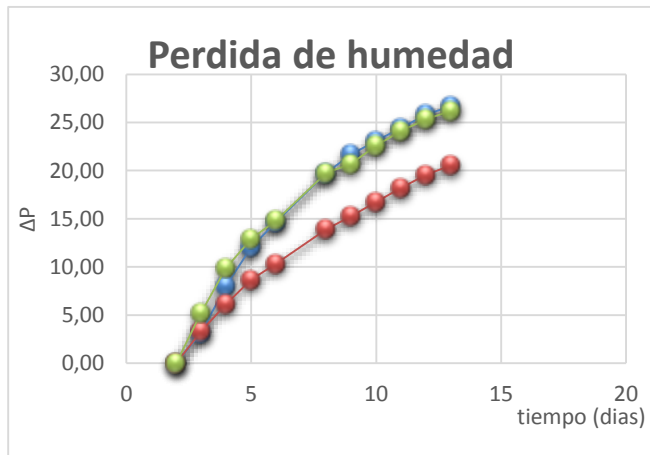


5. QUESO

- Posición mínima

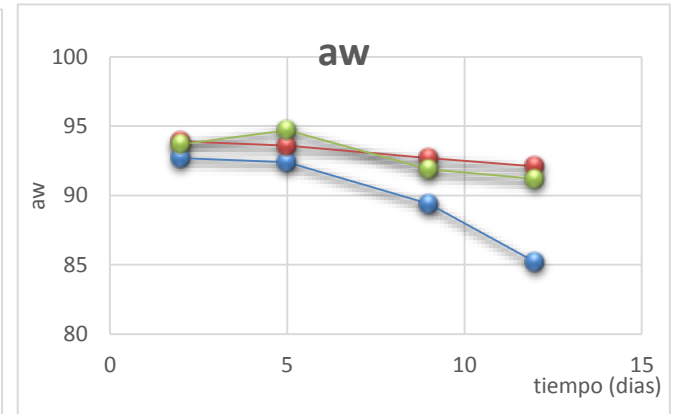
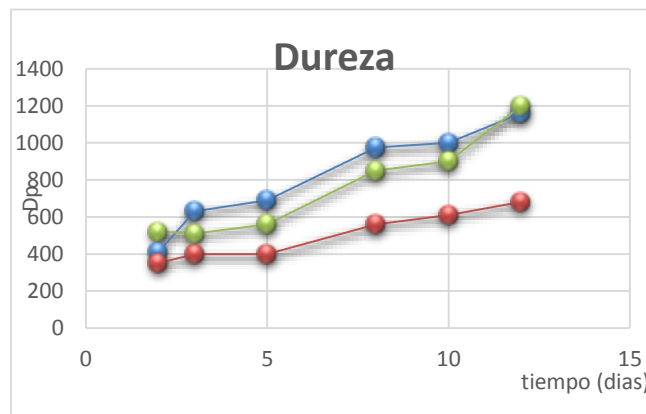
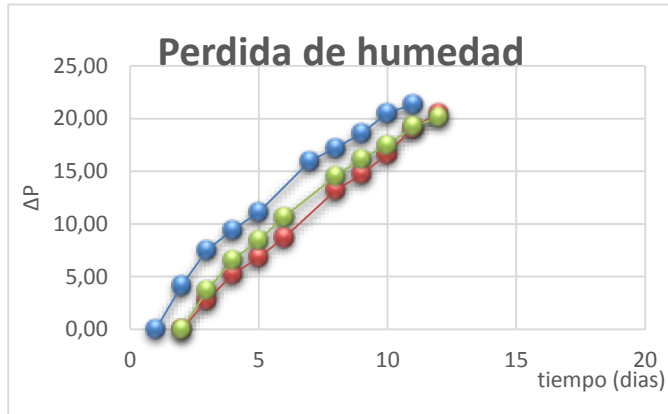


- Posición media



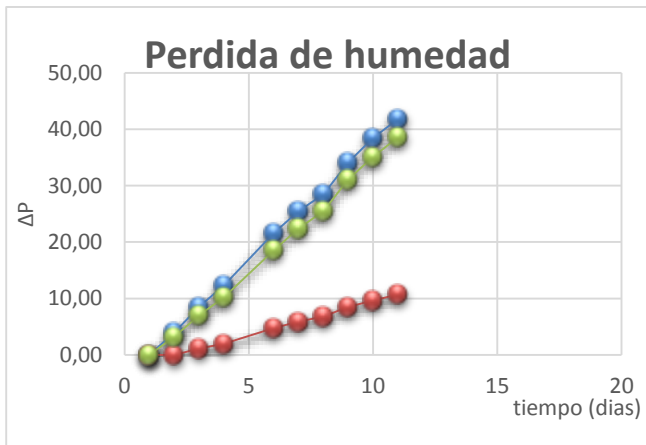


- Posición máxima

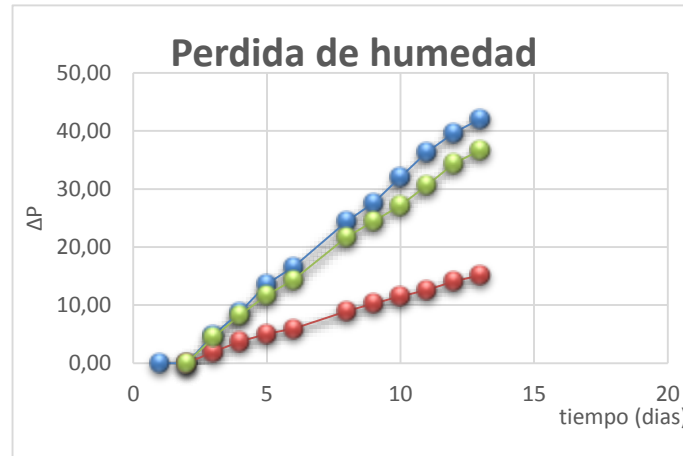


6. ALIMENTO COSIDO – MENESTRA DE LENTEJA

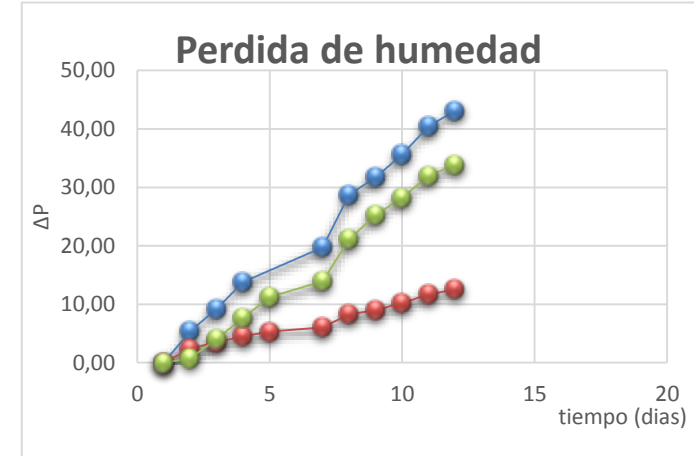
- Posición mínima



- Posición media

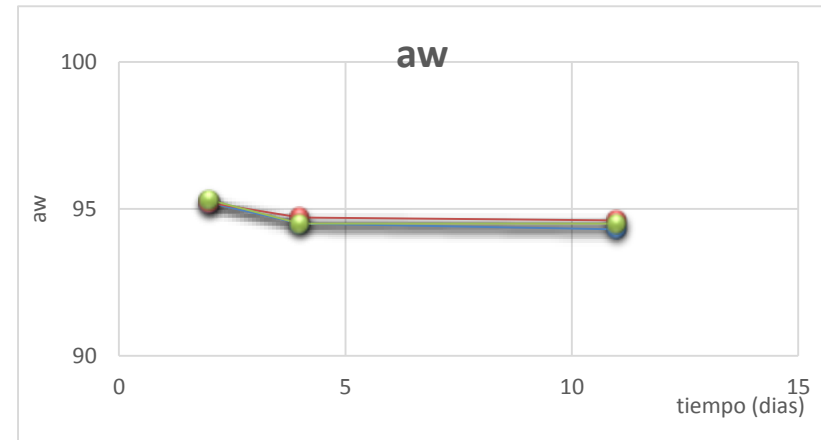
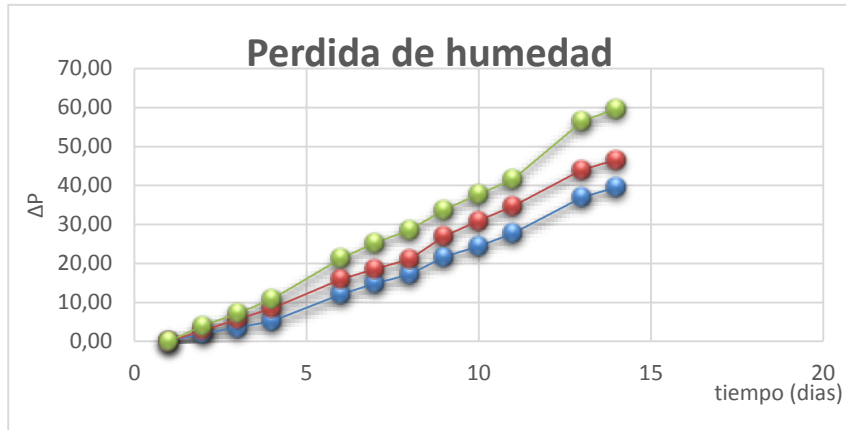


- Posición máxima

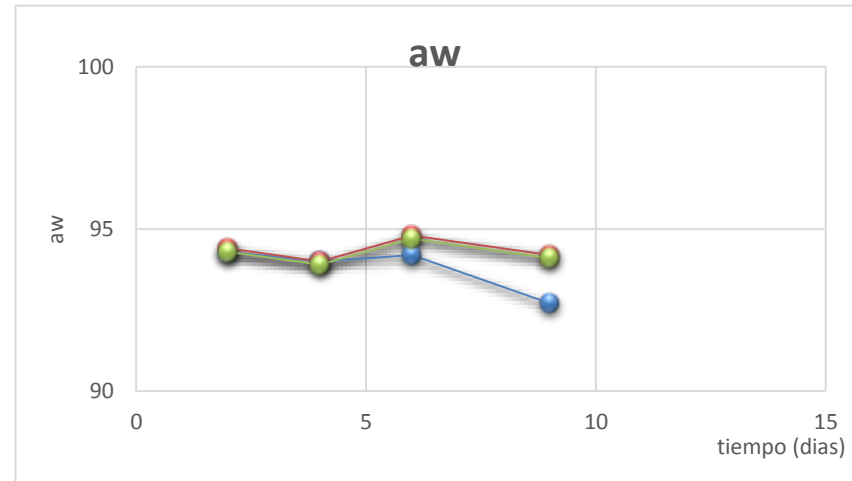
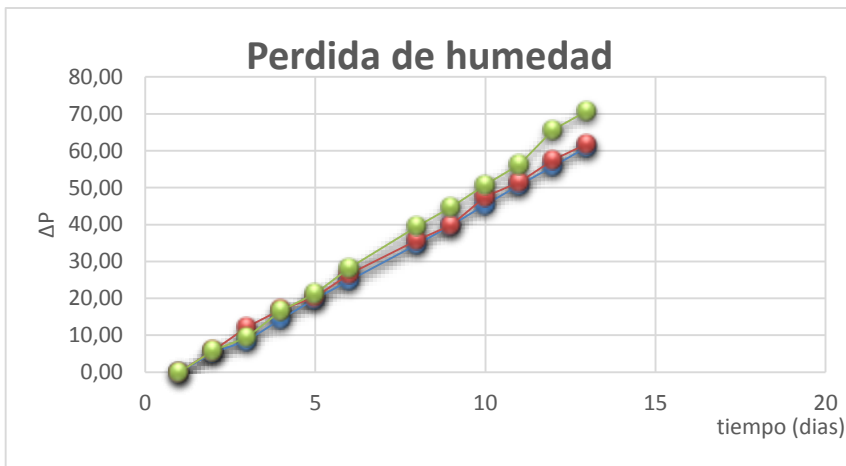


7. LECHUGA

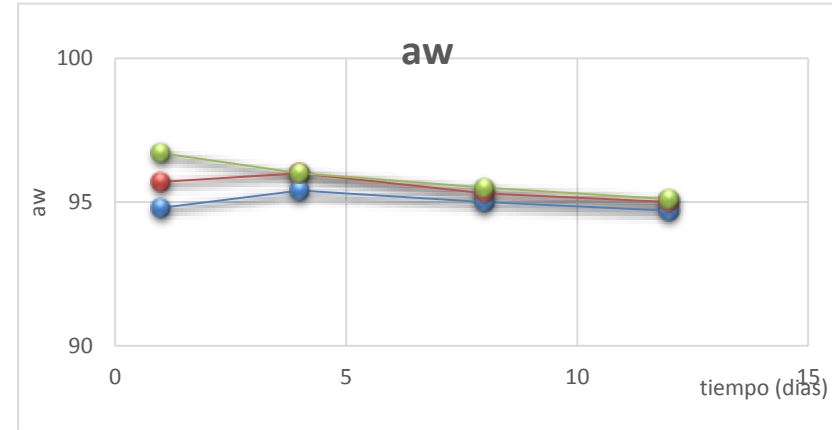
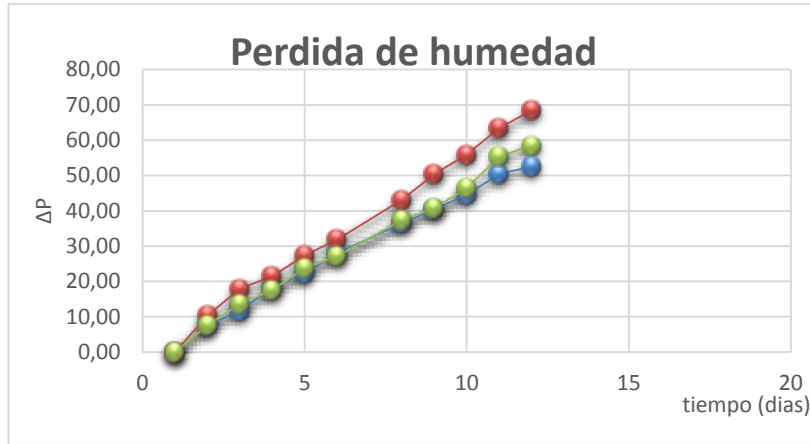
- Posición mínima



- Posición media

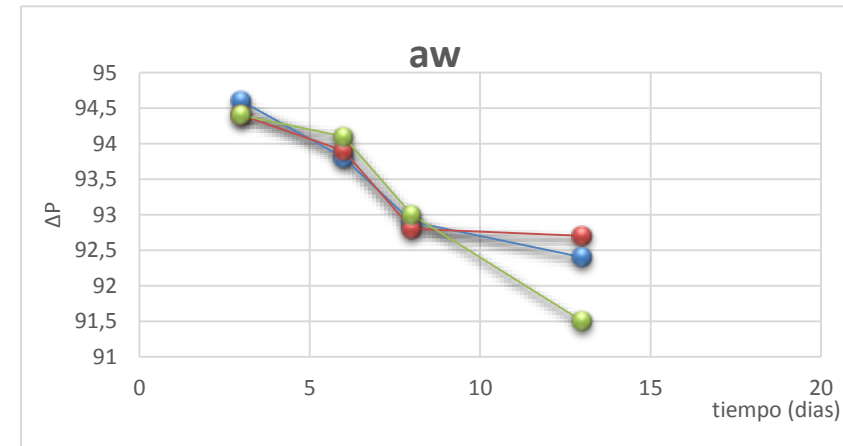
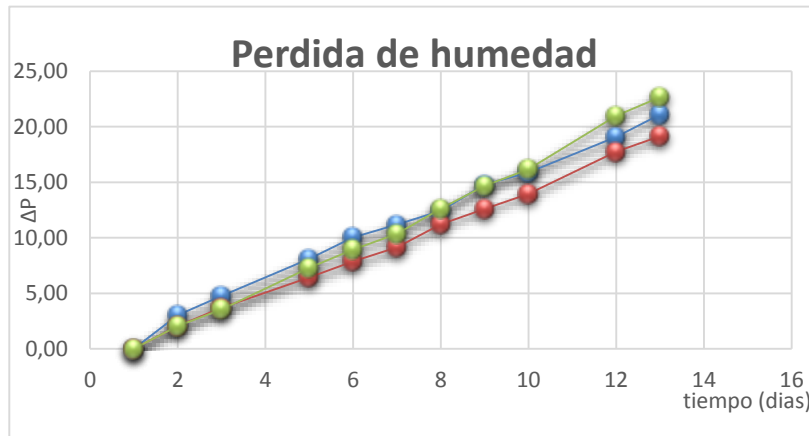


- Posición máxima

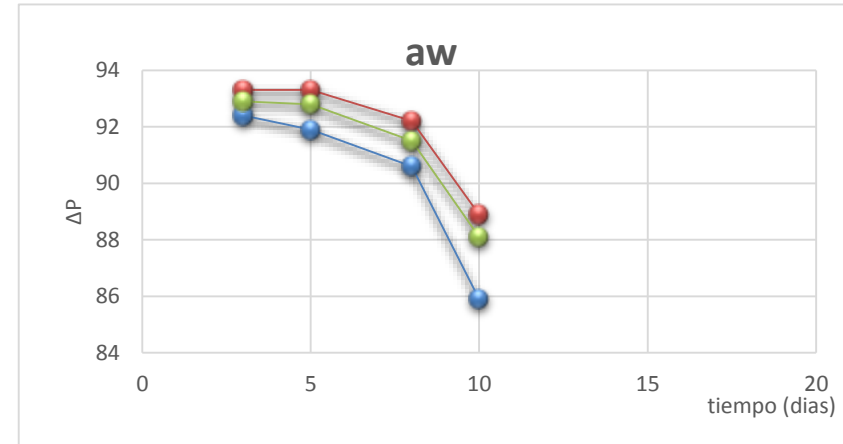
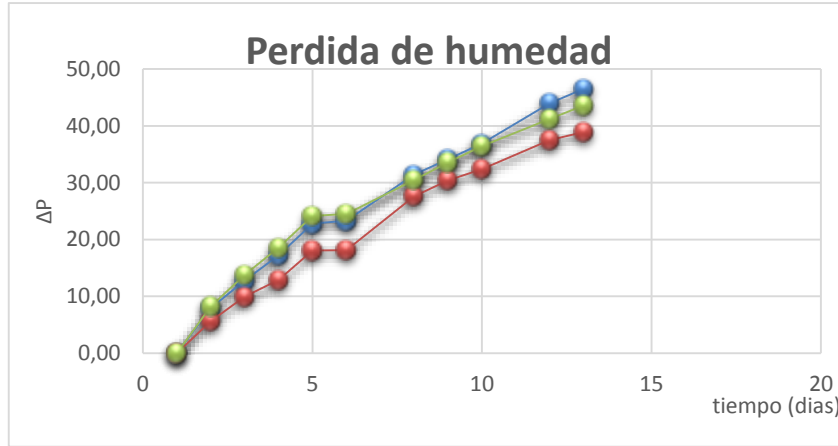


8. ESPINACA

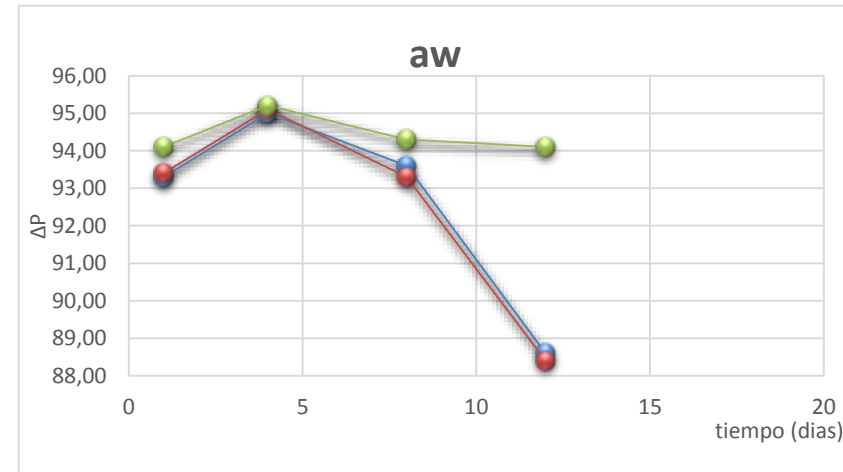
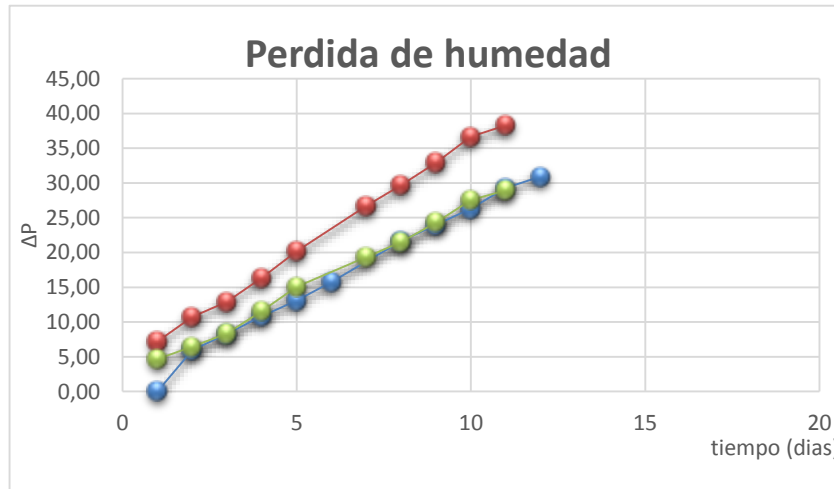
- Posición mínima



- Posición media



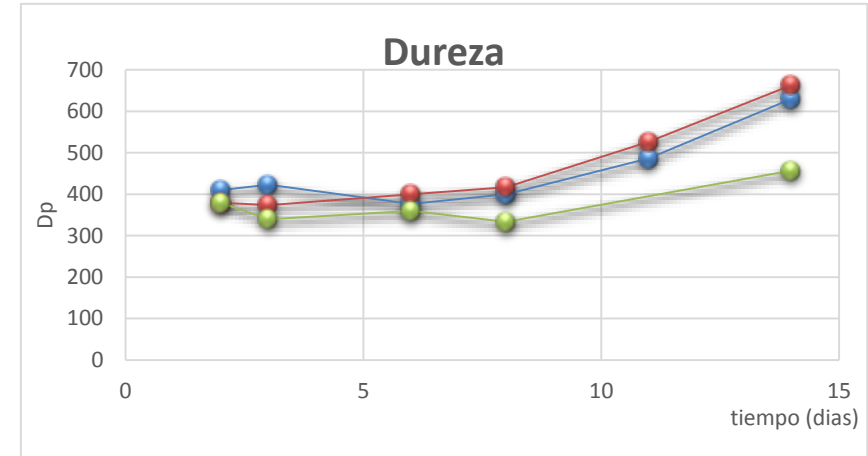
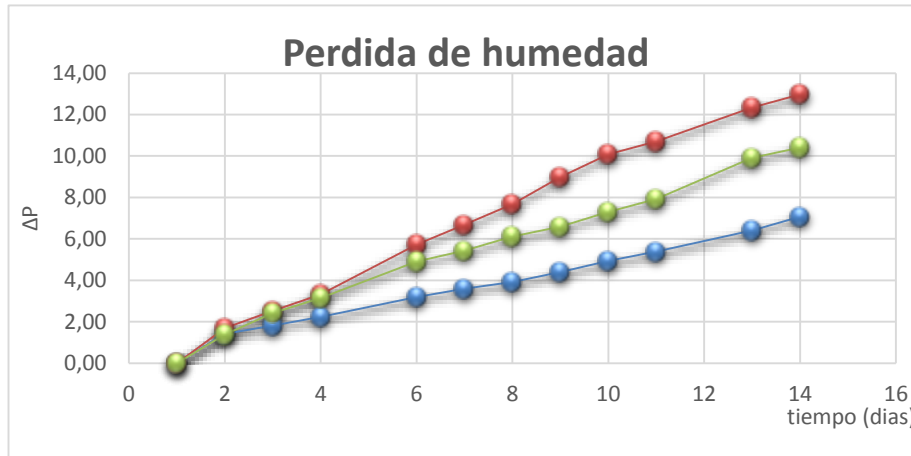
- Posición máxima



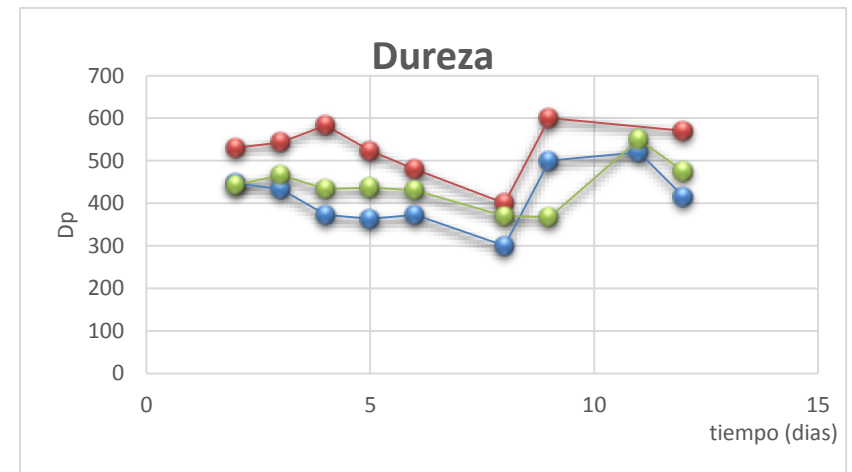
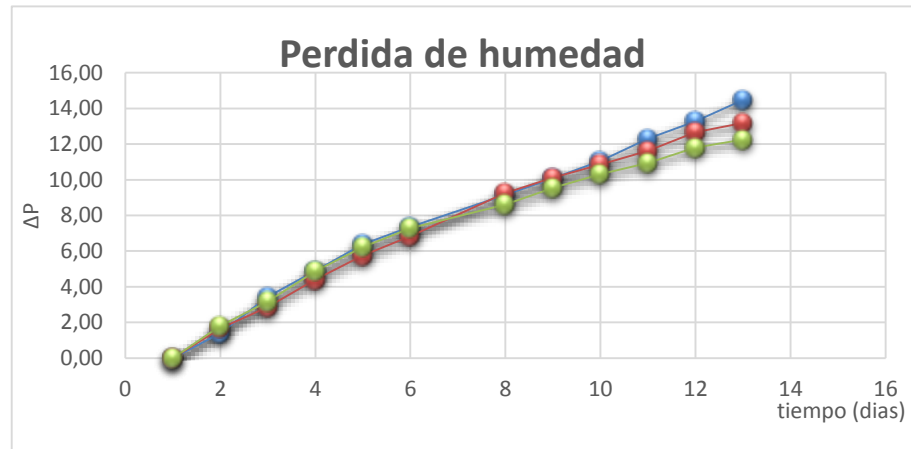


9. BROCOLI

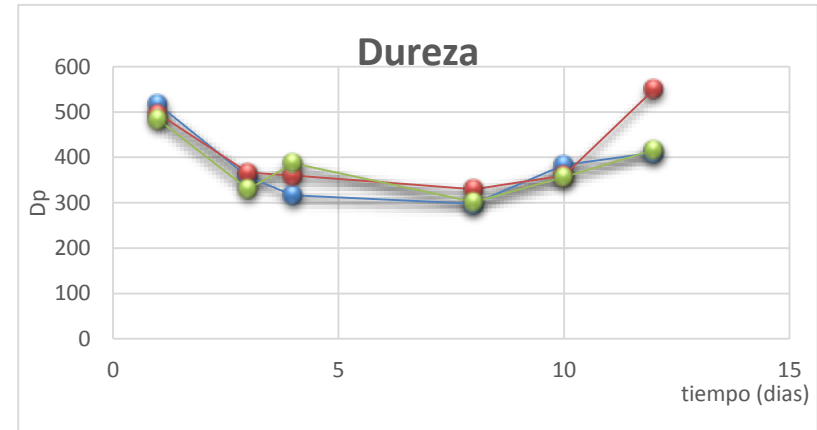
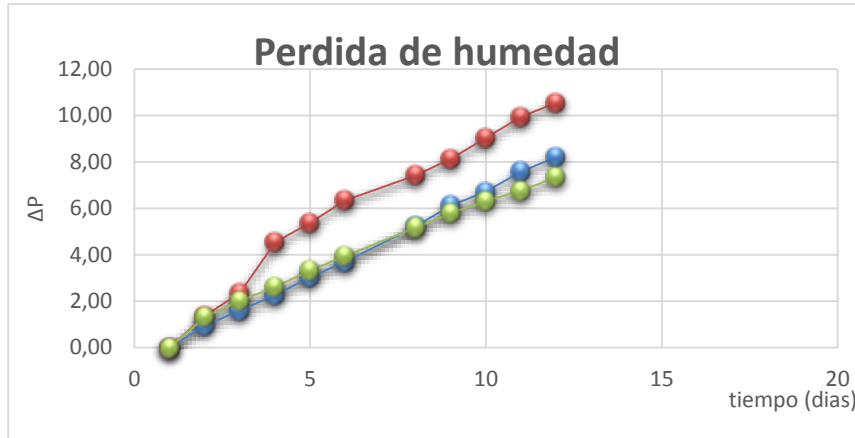
- Posición mínima



- Posición media

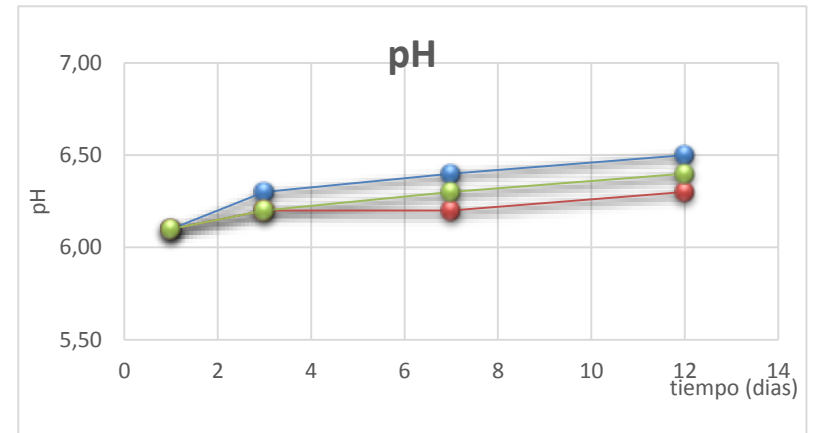
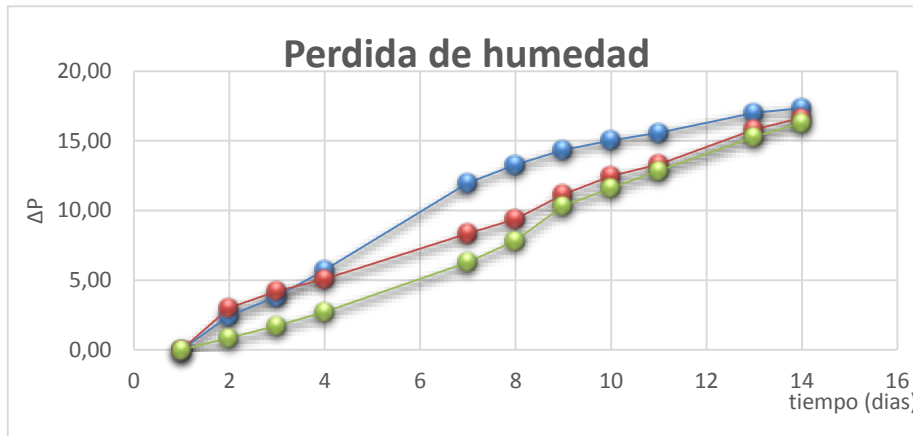


- Posición máxima

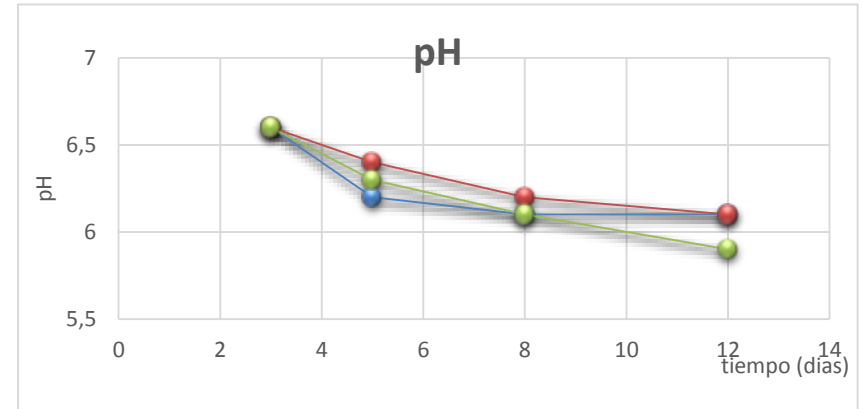
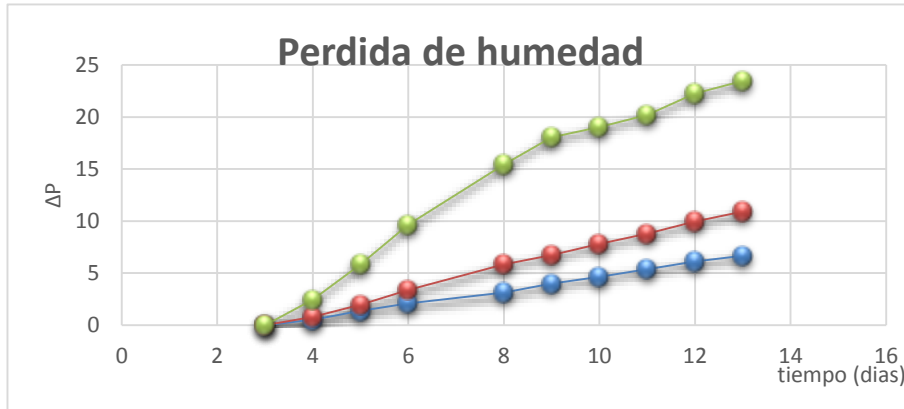


10. CEBOLLA

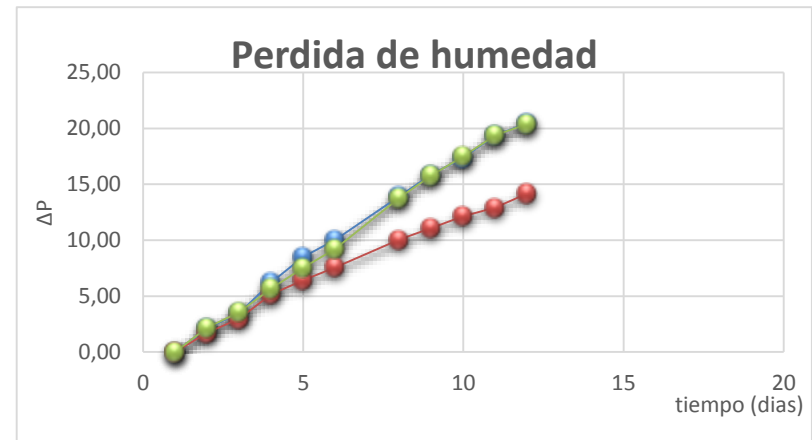
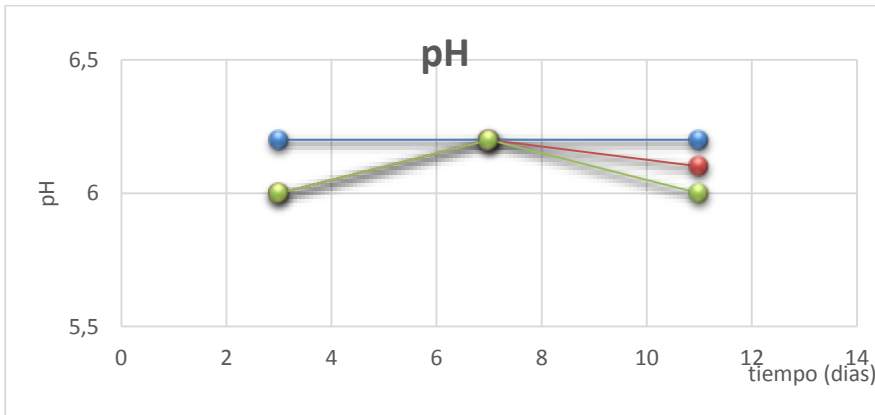
- Posición mínima



- Posición media

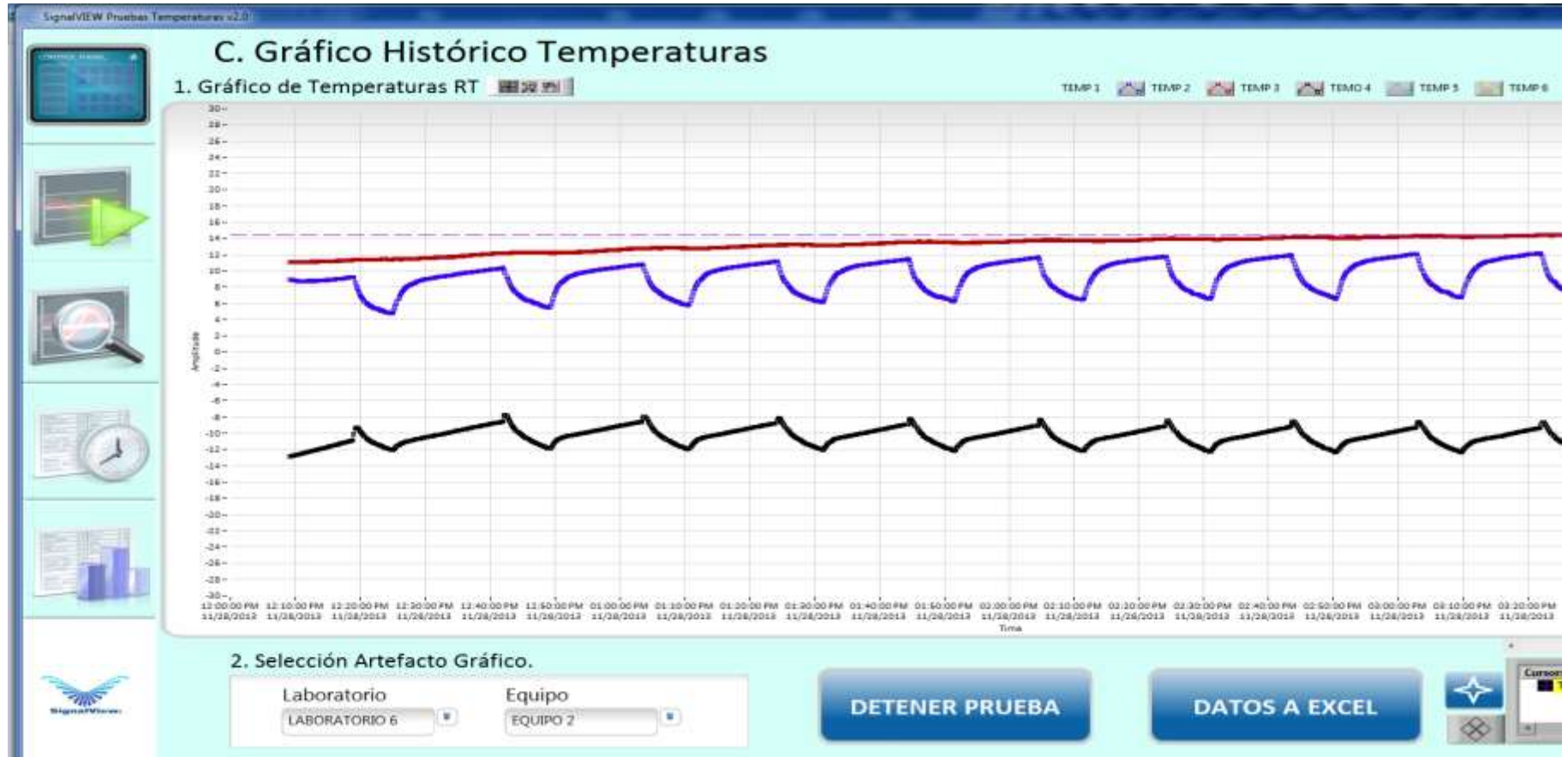


- Posición máxima

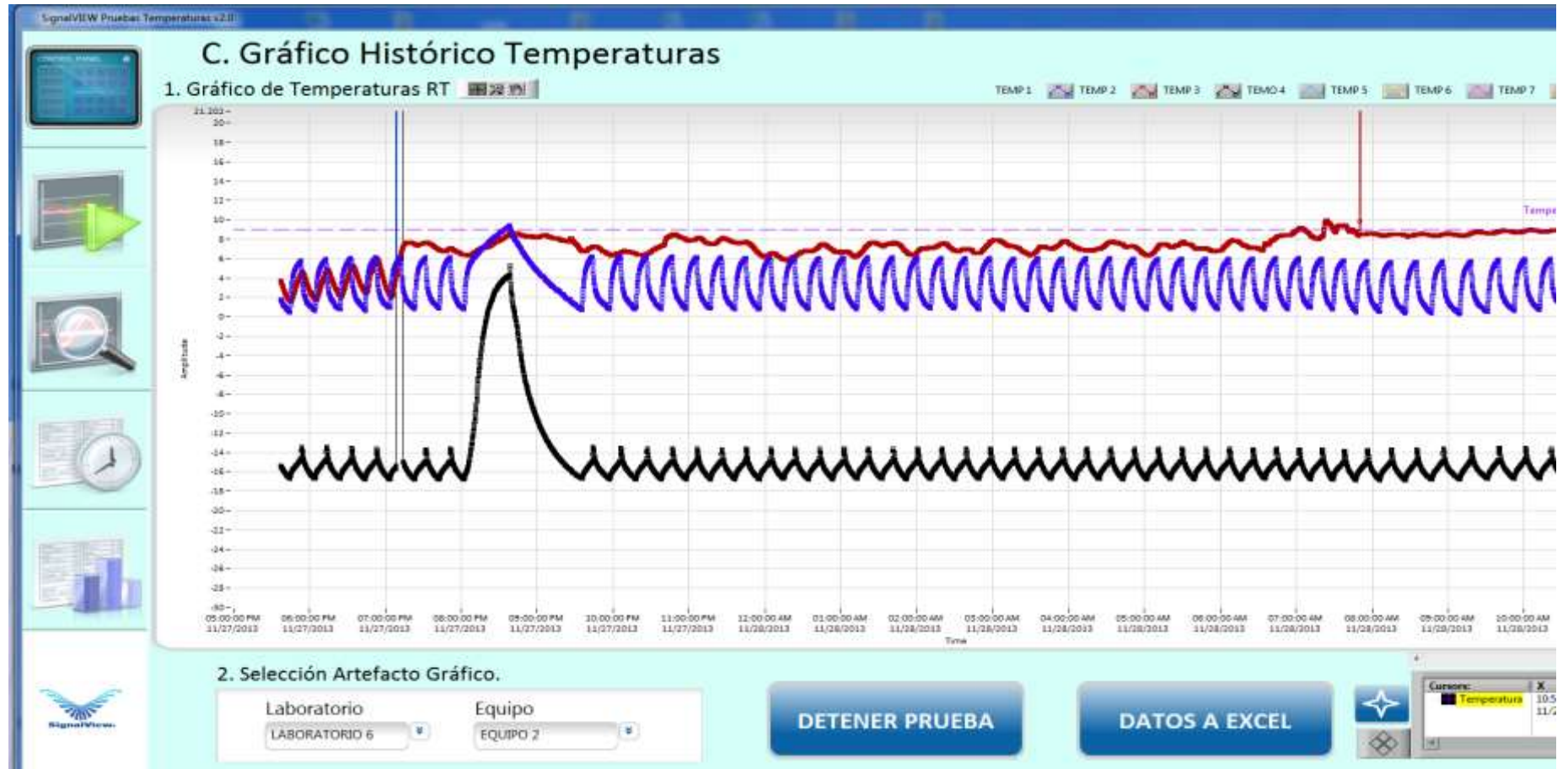


ANEXO 7.

- CICLAJE EN CONDICION MINIMA



- CICLAJE EN CONDICION MEDIA



- CICLAJE EN CONDICION MAXIMA

