

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA
DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y REHIDRATACIÓN DE LA
COCONA (*Solanum sessiliflorum* Dunal) Y DE TOMATE DE ÁRBOL
(*Solanum betaceum*)”**

TESIS

PRESENTADA POR:

MAYOMI MESTAS JAILA

ARNOLD JAVIER QUISPE QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Promoción 2014-I

PUNO – PERU

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA DESHIDRATACIÓN
OSMÓTICA Y REHIDRATACIÓN DE LA COCONA (*Solanum sessiliflorum*
Dunal) Y DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum*)”**

TESIS

PRESENTADA POR:

MAYOMI MESTAS JAILA

ARNOLD JAVIER QUISPE QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE	: M.Sc. Florentino V. CHOQUECHUANCA CÁCERES
PRIMER MIEMBRO	: Ing. Edgar GALLEGOS ROJAS
SEGUNDO MIEMBRO	: Ing. Marienela CALSIN CUTIMBO
DIRECTOR DE TESIS	: Dr. Wenceslao Teddy MEDINA ESPINOZA
ASESOR DE TESIS	: Ing. Alicia Magaly LEÓN TACCA

Área de investigación: Ciencia Tecnología de los Alimentos.

Tema: Conservación de Alimentos.

DEDICATORIA

A Dios, a mi Salvador, quien me amó, y ha estado conmigo en todo momento dándome la sabiduría para poder culminar esta etapa tan importante en mi vida. De la misma manera a mis padres Leoncio y Agustina que con su ejemplo y sus enseñanzas han sabido motivarme para salir adelante, por su cariño amor y comprensión y por apoyarme en la obtención de este título anhelado. A mis hermanos Moisés, Yaneth, Alfredo; quienes son mi inspiración para superarme cada día más y para que ellos vean en mí un ejemplo a seguir y una motivación de superación.

Mayomi Mestas Jaila

Dedico esta obra a Dios por darme los conocimientos necesarios y el ímpetu para seguir adelante. A mi familia por el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi carrera, de manera personal a mis padres, Cristina y Edmundo por darme la oportunidad de superarme personal y profesionalmente, a mi hermano Johan por brindarme su apoyo y enseñarme que en la vida uno siempre tiene que ser perseverante ante cualquier obstáculo que se presente y que el trabajo realizado con honestidad y sabiduría tiene su recompensa.

Arnold Javier Quispe Quispe

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos ante todo a Dios, único guía incondicional de nuestros pasos y fuente de nuestras fuerzas, y por su inmenso amor que nos demuestra día a día; a nuestros Padres, por cuya inspiración hemos luchado por conseguir a lo largo de nuestras vidas cada uno de nuestros fines y por sus apoyos incondicionales y sus sabios consejos.

A nuestro alma mater la Universidad Nacional del Altiplano Puno, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por haber contribuido en nuestra formación profesional, mediante la enseñanza de los docentes.

A nuestro director de tesis Dr. Wenceslao Teddy Medina Espinoza por haber confiado en nosotros, por su disposición y apoyo incondicional brindado y al Ing. MSc. José Manuel Prieto por su asesoramiento durante la ejecución de este trabajo de investigación.

A los miembros del jurado Ing. M.Sc. Víctor Choquehuanca Cáceres por sus valiosos comentarios y acertadas sugerencias y apoyo incondicional, al Ing. Edgar Gallegos Rojas y al Ing. Marienela Calsin Cutimbo por su atenta lectura y correcciones de este trabajo de investigación.

Al Bach. Rufino Aroni Acero por su disposición y apoyo durante la ejecución de este trabajo de investigación.

MIL GRACIAS POR SU ENTREGA DESINTERESADA Y DESMEDIDA!

ÍNDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN	16
I. INTRODUCCIÓN.....	19
II. REVISIÓN DE LITERATURA	21
2.1. COCONA (<i>Solanum sessiliflorum</i> Dunal).....	21
2.1.1. Clasificación taxonómica.....	21
2.1.2. Descripción morfológica.....	21
2.1.3. Composición fisicoquímica de la cocona	22
2.2. TOMATE DE ÁRBOL (<i>Solanum betaceum</i>)	23
2.2.1. Clasificación taxonómica.....	23
2.2.2. Descripción morfológica.....	23
2.2.3. Composición fisicoquímica del tomate de árbol.....	24
2.3. LA PARED CELULAR DE LAS FRUTAS.....	24
2.4. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	26
2.4.1. La ósmosis como un proceso de difusión	28
2.4.2. Factores que afectan en la deshidratación osmótica	28
2.4.3. Transferencia de masa en el proceso de deshidratación osmótica.....	31
2.4.4. Difusión	31
2.4.5. Agua en los alimentos.....	32
2.5. REHIDRATACIÓN	32
2.5.1. Transferencia de masa en el proceso de rehidratación	32
2.5.2. Factores que influyen durante el proceso de rehidratación.....	33
2.6. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES	34
2.6.1. Características texturales	35
2.6.2. Características de color	38
2.7. OPTIMIZACIÓN	42
2.7.1. Superficie de respuesta	42
III. MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	43
3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL	43
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS.....	43
3.3.1. Materiales.....	43
3.3.2. Equipos de control	44

3.3.3.	Software	44
3.3.4.	Equipos	44
3.3.5.	Reactivos.....	44
3.3.6.	Medios de Cultivo.....	44
3.3.7.	Insumos	45
3.4.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	45
3.4.1.	Descripción del proceso de deshidratación osmótica	47
3.4.2.	Descripción para proceso de rehidratación	50
3.5.	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.....	51
3.5.1.	Análisis fisicoquímico	51
3.5.2.	Análisis microbiológico	53
3.5.3.	DISEÑO EXPERIMENTAL	53
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	56
4.1.	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE COCONA Y TOMATE DE ÁRBOL FRESCO Y OSMODESHIDRATADO	56
4.2.	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ÓPTIMOS EN LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE COCONA Y TOMATE DE ÁRBOL.....	59
4.2.1.	Pérdida de masa de cocona y tomate de árbol en la deshidratación osmótica.....	59
4.2.2.	Ganancia de sólidos en cocona y tomate de árbol en la deshidratación osmótica.....	64
4.2.3.	Pérdida de volumen en cocona y tomate de árbol en la deshidratación osmótica.....	68
4.2.4.	Pérdida de Aw en cocona y tomate de árbol en deshidratación osmótica	73
4.2.5.	Valores de descriptores estadísticos de textura mediante análisis de imagen en deshidratación osmótica de cocona y tomate de árbol.....	77
4.2.6.	Valores de color en espacio HSL mediante análisis de imagen en deshidratación osmótica de cocona y tomate de árbol	86
4.2.7.	Optimización de múltiples respuestas en deshidratación osmótica de cocona y tomate de árbol	98
4.3.	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ÓPTIMOS DURANTE LA REHIDRATACIÓN EN COCONA Y TOMATE DE ÁRBOL	101
4.3.1.	Ganancia de masa en cocona y tomate de árbol en la rehidratación.....	101
4.3.2.	Ganancia de volumen en cocona y tomate de árbol en la rehidratación.	105
4.3.3.	Ganancia de actividad de agua en cocona y tomate de árbol durante la rehidratación	109
4.3.4.	Valores de descriptores estadísticos de textura mediante análisis de imagen en rehidratación de cocona y tomate de árbol	112

4.3.5. Valores de color en espacio HSL mediante análisis de imagen en rehidratación de cocona y tomate de árbol 121

4.3.6. Optimización de múltiples respuestas en rehidratación de cocona y tomate de árbol 133

V. CONCLUSIONES 136

VI. RECOMENDACIONES..... 137

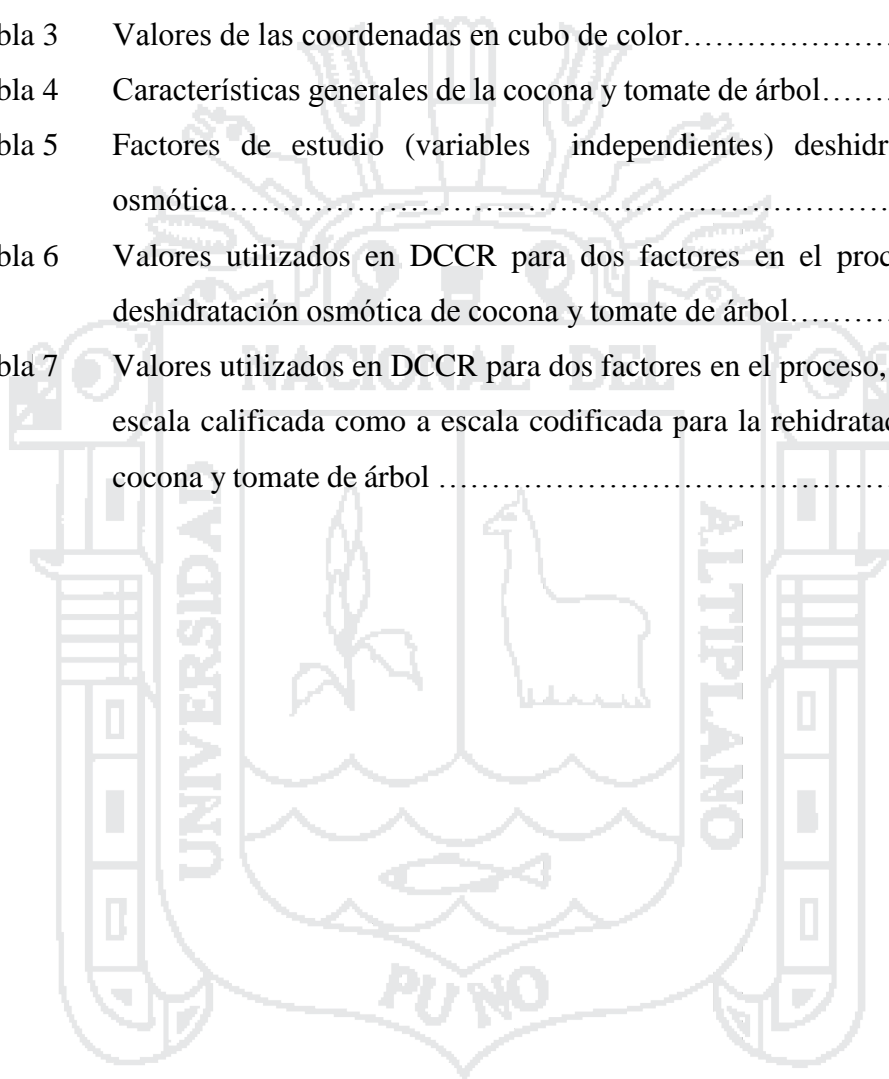
VII. BIBLIOGRAFIA 138

VIII. ANEXOS..... 150



INDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1 Composición fisicoquímica de la cocona en 100 g de porción comestible.....	22
Tabla 2 Composición fisicoquímica del tomate de árbol en 100 g pulpa.....	24
Tabla 3 Valores de las coordenadas en cubo de color.....	39
Tabla 4 Características generales de la cocona y tomate de árbol.....	43
Tabla 5 Factores de estudio (variables independientes) deshidratación osmótica.....	53
Tabla 6 Valores utilizados en DCCR para dos factores en el proceso de deshidratación osmótica de cocona y tomate de árbol.....	54
Tabla 7 Valores utilizados en DCCR para dos factores en el proceso, tanto a escala calificada como a escala codificada para la rehidratación de cocona y tomate de árbol	54



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1 Cocona.....	22
Figura 2 Tomate de árbol.....	23
Figura 3 Micrografías de la pulpa del tomate de árbol en grado de madurez del 0% ó verde (A) y 100% ó maduro (B).....	26
Figura 4 Diagrama de Mecanismos de transferencia de masa para la deshidratación osmótica de frutas.....	27
Figura 5 Representación del Principio de Ósmosis.....	28
Figura 6 Representación de la transferencia de la materia ocurrida en la rehidratación.....	33
Figura 7 Representación de una imagen digital.....	36
Figura 8 Ejemplo de la matriz de co-ocurrencia de nivel de grises (GLCM)..	37
Figura 9 Representación del espacio de color RGB como cubo unitario. Los colores primarios rojo (R), verde (G) y azul (B) constituyen los ejes coordenadas. Los colores puros rojo (R), verde (G) y azul (B), cyan (C), magenta (M) y amarillo (A) se encuentran ubicados en las esquinas del cubo de color. Todos los valores de intensidad de grises, tal como (K) se ubican sobre la diagonal trazada de (N) a (W).....	39
Figura 10 Modelo de color HSL (Tonalidad, Saturación y Luminosidad)....	40
Figura 11 Diagrama del proceso de deshidratación osmótica de cocona y tomate de árbol.....	46
Figura 12 Diagrama del proceso de rehidratación de cocona y tomate de árbol deshidratada.....	49
Figura 13 Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de masa en deshidratación osmótica de cocona	60
Figura 14 Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de masa en deshidratación osmótica de tomate de árbol	61

Figura 15	Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de masa en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).....	62
Figura 16	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la ganancia de sólidos solubles en deshidratación osmótica de cocona.....	65
Figura 17	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la ganancia de sólidos solubles en deshidratación osmótica de tomate de árbol.....	65
Figura 18	Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la ganancia de sólidos solubles en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).....	67
Figura 19	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de volumen en deshidratación osmótica de cocona	69
Figura 20	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de volumen en la deshidratación osmótica de tomate de árbol	70
Figura 21	Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de volumen en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).....	72
Figura 22	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de Aw en deshidratación osmótica de cocona	74
Figura 23	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de Aw en deshidratación osmótica de tomate de árbol.....	74
Figura 24	Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de Aw en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).....	76
Figura 25	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de ASM en deshidratación osmótica de cocona	78

Figura 26	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de ASM en deshidratación osmótica de tomate de árbol.....	79
Figura 27	Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de ASM en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).....	80
Figura 28	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en el incremento de ET en deshidratación osmótica de cocona	83
Figura 29	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en el incremento de ET en deshidratación osmótica de tomate de árbol.....	83
Figura 30	Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en el incremento de ET en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).....	85
Figura 31	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de tonalidad en deshidratación osmótica de cocona	87
Figura 32	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de tonalidad en deshidratación osmótica de tomate de árbol.....	88
Figura 33	Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en el incremento de tonalidad en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).....	89
Figura 34	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de saturación en deshidratación osmótica de cocona.....	91
Figura 35	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de saturación en deshidratación osmótica de tomate de árbol.....	92
Figura 36	Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de saturación en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).....	93

Figura 37	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de luminosidad en deshidratación osmótica de cocona	95
Figura 38	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de luminosidad en deshidratación osmótica de tomate de árbol.....	96
Figura 39	Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de luminosidad en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).....	97
Figura 40	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la deseabilidad de respuesta global en la deshidratación de cocona	99
Figura 41	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la deseabilidad de respuesta global en la deshidratación de tomate de árbol.....	100
Figura 42	Superficie de respuesta para el efecto de agitación y temperatura en ganancia de masa en rehidratación de cocona.....	102
Figura 43	Superficie de respuesta para el efecto de la agitación y temperatura en ganancia de masa en rehidratación de tomate árbol.....	102
Figura 44	Gráfica de efecto principal de agitación y temperatura en la ganancia de masa durante la rehidratación de cocona (a) y tomate de árbol (b).....	104
Figura 45	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en la ganancia de volumen en la rehidratación de cocona.....	106
Figura 46	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en la ganancia de volumen en la rehidratación de tomate de árbol.....	106
Figura 47	Gráfica de efecto principal de la agitación y temperatura en la ganancia de volumen durante la rehidratación cocona (a) y tomate de árbol (b).....	108

Figura 48	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y de temperatura en la ganancia de actividad de agua en rehidratación de cocona.....	110
Figura 49	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y de temperatura en la ganancia de actividad de agua en rehidratación de tomate de árbol	110
Figura 50	Gráfica de efecto principal de la agitación y de temperatura en la ganancia de actividad de agua en rehidratación de cocona (a) y tomate de árbol (b).....	111
Figura 51	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y de temperatura en el incremento de ASM en rehidratación de cocona..	114
Figura 52	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y de temperatura en el incremento de ASM en rehidratación de tomate de árbol.....	114
Figura 53	Gráfica de efecto principal de la agitación y de temperatura en el incremento de ASM en rehidratación de cocona (a) y tomate de árbol (b).....	116
Figura 54	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y de temperatura en la disminución de ET en rehidratación de cocona...	118
Figura 55	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y de temperatura en la disminución de ET en rehidratación de tomate de árbol.....	118
Figura 56	Gráfica de efecto principal de la agitación y de temperatura en la disminución de ET en rehidratación de cocona (a) y tomate de árbol (b).....	119
Figura 57	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en el incremento de tonalidad en la rehidratación de cocona.....	122
Figura 58	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en el incremento de tonalidad en la rehidratación de tomate de árbol.....	122

Figura 59	Gráfica de efecto principal de la agitación y temperatura en el incremento de tonalidad en la rehidratación de cocona (a) y tomate de árbol (b).....	123
Figura 60	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en el incremento de saturación en rehidratación de cocona.....	126
Figura 61	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en el incremento de saturación en rehidratación de tomate de árbol.....	126
Figura 62	Gráfica de efecto principal de la agitación y temperatura en el incremento de saturación en la rehidratación de cocona (a) y tomate de árbol (b).....	127
Figura 63	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en el incremento de Luminosidad en rehidratación de cocona.....	130
Figura 64	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en el incremento de Luminosidad en rehidratación de cocona.....	130
Figura 65	Gráfica de efecto principal de la agitación y temperatura en el incremento de luminosidad en la rehidratación de cocona (a) y tomate de árbol (b).....	132
Figura 66	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en la deseabilidad de respuesta global en la rehidratación de cocona.....	134
Figura 67	Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en la deseabilidad de respuesta global en la rehidratación de tomate de árbol.....	135

NOMENCLATURA

- S: Sacarosa (%).
- CaCl_2 : Cloruro de Calcio (%).
- A: Agitación (%).
- T: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
- R^2 : Coeficiente de correlación.
- ASM: Angular Second Moment o Segundo Momento Angular.
- ET: Entropía total o Entropía.
- rpm: Revoluciones por minuto.
- t: Tiempo (minutos o segundos según sea el caso).
- A_w : Actividad de agua.
- min: Minuto.
- Hue: Tonalidad ($^{\circ}$).
- Saturation: Saturación (%).
- Lightnees: Luminosidad (%).
- DO: Deshidratación osmótica.
- RR: Rehidratación.
- DCCR: Diseño Compuesto Central Rotacional.
- H: Tonalidad ($^{\circ}$).
- S: Saturación (%)
- L: Luminosidad (%).

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se estudió la optimización de los parámetros de la deshidratación osmótica y rehidratación de cocona y tomate de árbol. Los objetivos de trabajo fueron optimizar la concentración de sacarosa y concentración de cloruro de calcio para el proceso de DO de cocona y tomate de árbol; optimizar la temperatura y velocidad de agitación en la rehidratación de cocona y tomate de árbol osmodeshidratadas. En DO se determinó las condiciones óptimas para lograr la máxima pérdida de agua, ganancia de sólidos, pérdida de volumen, pérdida de A_w , valores de textura (ASM y ET) y color (H, S y L); en la Rehidratación se determinó la máxima ganancia de agua, ganancia de volumen y ganancia de A_w , valores de textura (ASM y ET) y de color (H, S y L), mediante la aplicación de la metodología de superficie respuesta, se realizó 13 tratamientos, establecidas por el diseño central compuesto rotacional que evaluó los efectos de los factores sacarosa (35-65%) y cloruro de calcio (0-3%) en la DO de cocona y tomate de árbol, en tanto los factores velocidad de agitación (0-1500 rpm) y temperatura (16-40°C) en la RR de rodajas de cocona y tomate de árbol osmodeshidratadas. Para el proceso de DO se trabajó con rodajas de 0.5 cm de espesor, estas se sumergió en la solución osmótica por un tiempo de 720 min. a las rodajas DO en condiciones óptimas se le determinó las características fisicoquímicas resultando una humedad: 53.43%, proteína: 3.91%, cenizas: 3.16%, grasa: 4.31%, fibra: 13.45% y carbohidratos: 21.74% para cocona y humedad: 51.63%, proteína: 3.08%, cenizas: 2.91%, grasa: 6.84%; fibra: 18.88% y carbohidratos: 16.66% para tomate de árbol. El valor óptimo para deshidratar osmóticamente la cocona es a una concentración de 63.53% de sacarosa y 2.04% de cloruro de calcio siendo la pérdida de masa máxima a 6.03 gramos, pérdida de volumen a 5.14 cm³, pérdida de A_w a 0.30, ganancia de sólidos a 57.30°Brix, ASM a 0.35, Entropía a 0.76, tonalidad a 3.52°, saturación a 11.28% y luminosidad a 15.52%; y para el tomate de árbol los parámetros óptimos es a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio de 2.73% siendo la pérdida de masa máxima a 4.10 gramos, pérdida de volumen a 3.24 cm³, pérdida de A_w a 0.31, ganancia de sólidos a 54.40°Brix, ASM a 0.18, Entropía a 0.89, tonalidad a 4.10°, saturación a 15.52% y luminosidad a 16.05%. Para el proceso de rehidratación se trabajó con rodajas osmodeshidratadas de 0.20-0.40 cm de espesor, estas se sumergió en la solución hidratante por un tiempo de 240 minutos, el valor óptimo para hidratar la cocona, es a una agitación de 1079.75 rpm y a temperatura de 37.20°C siendo la ganancia de masa a 7.43 gramos, ganancia de volumen a 5.62 cm³, ganancia de

Aw a 0.56, Segundo Momento Angular a 0.39, Entropía a 0.74, tonalidad a 4.52°, saturación a 6.88% y luminosidad a 6.86%. Sin embargo para tomate de árbol los parámetros óptimos es a una agitación de 1363.00 rpm y a temperatura de 40.00°C teniendo una ganancia de masa a 3.30 gramos, ganancia de volumen a 3.02 cm³, ganancia de Aw a 0.54, Segundo Momento Angular a 0.17, Entropía a 0.91, tonalidad a 12.04°, saturación a 13.00% y luminosidad a 2.72%.

Palabras claves: Parámetros óptimos, Deshidratación osmótica, Rehidratación, Cocona, Tomate de árbol.



ABSTRACT

In the present work the optimization of the parameters of osmotic dehydration and rehydration of cocona and tree tomato were studied. The work objectives were to optimize sucrose concentration and calcium chloride concentration for the DO process of cocona and tree tomato; to optimize the temperature and stirring speed in the rehydration of coconuts and osmo-dehydrated tree tomatoes. In DO, the optimum conditions for maximum water loss, solids gain, volume loss, A_w loss, texture (ASM and ET) and color (H, S and L) values were determined; In the rehydration was determined the maximum water gain, volume gain and gain of A_w , texture values (ASM and ET) and color (H, S and L), by applying the surface response methodology, was performed 13 Treatments, established by the rotational composite central design that evaluated the effects of sucrose (35-65%) and calcium chloride (0-3%) factors on the coconuts OD and tree tomato, while the agitation speed factors (0-1500 rpm) and temperature (16-40°C) in the RR of coconuts and osmo-dehydrated tree tomatoes. For the OD process, slices of 0.5 cm thick were submerged in the osmotic solution for a time of 720 min. To the slices OD in optimum conditions was determined the physicochemical characteristics resulting a humidity: 53.43%, protein: 3.91%, ashes: 3.16%, fat: 4.31%, fiber: 13.45% and carbohydrates: 21.74% for cocona and humidity: 51.63 %, Protein: 3.08%, ash: 2.91%, fat: 6.84%; Fiber: 18.88% and carbohydrates: 16.66% for tree tomatoes. The optimum value for osmotically dehydrating coconuts is at a concentration of 63.53% sucrose and 2.04% calcium chloride with the maximum mass loss being 6.03 grams, loss of volume at 5.14 cm³, A_w loss at 0.30, solids gain At 57.30 ° Brix, ASM at 0.35, Entropy at 0.76, tonality at 3.52 °, saturation at 11.28% and brightness at 15.52%; And for the tree tomato the optimal parameters is at a concentration of 65.00% of sucrose and calcium chloride of 2.73% being the maximum mass loss to 4.10 grams, loss of volume to 3.24 cm³, loss of A_w to 0.31, gain of Solids at 54.40 ° Brix, ASM at 0.18, Entropia at 0.89, tonality at 4.10 °, saturation at 15.52% and brightness at 16.05%. For the rehydration process it was worked with osmo-dehydrated slabs of 0.20-0.40 cm thick, these were immersed in the moisturizing solution for a time of 240 minutes, the optimum value to hydrate the cocona, is to a stirring of 1079.75 rpm and at temperature Of 37.20 ° C being the gain of mass to 7.43 grams, gain of volume to 5.62cm³, gain of A_w to 0.56, Second Angular Moment to 0.39, Entropy to 0.74, hue to 4.52 °, saturation to 6.88% and luminosity to 6.86% . However for tree tomato the optimum parameters is to a stirring of 1363.00 rpm and to temperature of 40.00 ° C having a mass gain to 3.30 grams, volume gain to 3.02cm³, gain of A_w to 0.54, Second Angular Moment to 0.17, Entropy at 0.91, hue at 12.04 °, saturation at 13.00% and brightness at 2.72%.

Key words: Optimal parameters, Osmotic dehydration, Rehydration, Cocona, Tree tomato.

I. INTRODUCCIÓN

La cocona y tomate de árbol especies nativas de la selva peruana, pertenecientes a la familia Solanaceae, frutos exóticos, con sabores y colores agradables, presentan una humedad que varía de 86 a 93%, gracias a sus propiedades sensoriales, nutritivas y funcionales, además de contar con muchos nutrientes son fuentes de minerales necesarias para nuestro organismo, por tal motivo presentan un alto potencial para el desarrollo de nuevos productos. Estos frutos poseen un mesocarpio carnoso y un endocarpio jugoso que está dividida en celdas llenas de semillas envueltas en mucilago claro (Cardona, 2011; Villachica, 1996). Por el alto contenido de agua que estos frutos poseen en estado fresco son propensos al deterioro microbiano. En este sentido es necesario evaluar métodos alternativos para su transformación que garanticen no solo su conservación en el tiempo, sino la estabilidad de sus componentes.

Este trabajo surge de la necesidad de desarrollar alternativas de conservación que permitan la prolongación del tiempo de comercialización y ampliación del consumo directo y/o industrial de cocona y/o tomate de árbol, traduciéndose esto en el aprovechamiento máximo de la misma. Para esto se propone la aplicación de la deshidratación osmótica.

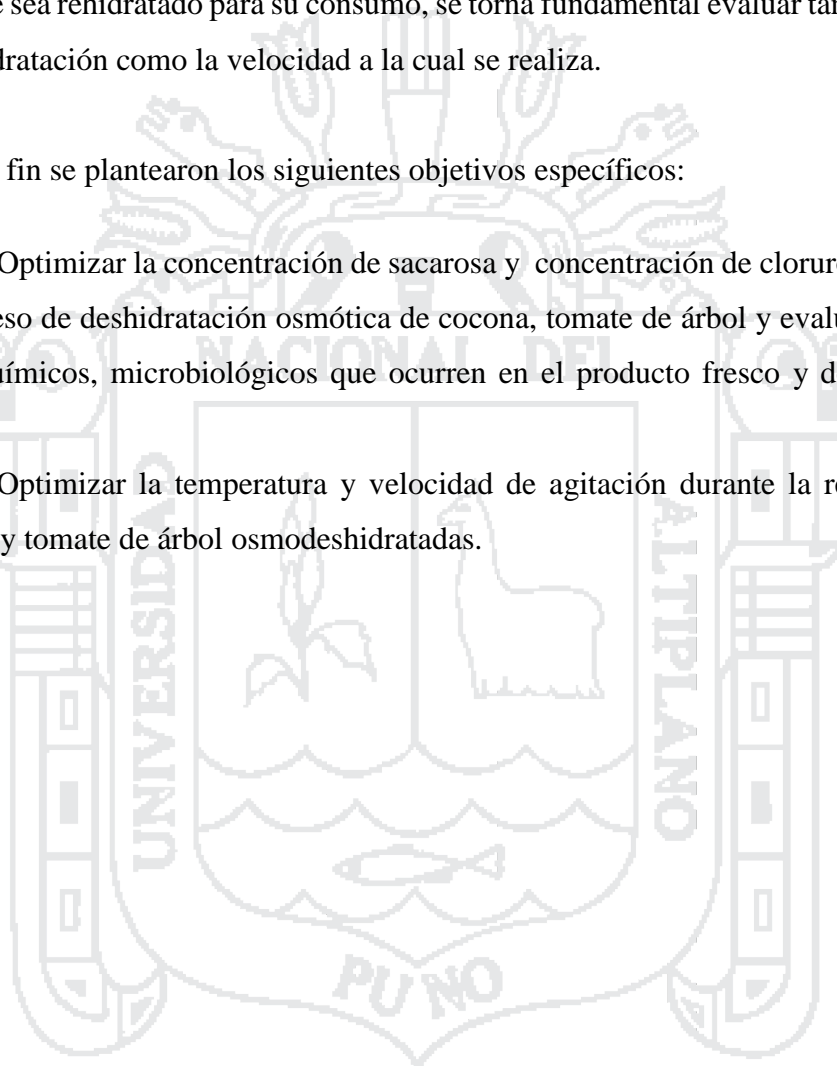
La deshidratación osmótica es una técnica que permite eliminar parcialmente el agua de los tejidos vegetales por inmersión en una solución hipertónica, enteras o en trozos por un cierto periodo de tiempo en una solución de azúcares y/o sales de alta presión osmótica, sin dañar el alimento y afectar desfavorablemente su calidad. El manejo de los parámetros óptimos de dicho proceso conduce a la extensión de la vida útil y reducción de los tiempos de procesado, como método novedoso de preservación mejora además las características organolépticas y nutricionales del producto (Rastogi *et al.*, 2002).

La mayoría de los productos deshidratados deben ser reconstituídos antes de su consumo, lo que hace necesario determinar las condiciones óptimas para la realización de dicho proceso; en consecuencia, es importante obtener productos rehidratados de textura aceptable en el menor tiempo posible. Diversos investigadores han reconocido que el grado de rehidratación es dependiente de la composición original del producto,

condiciones del proceso y preparación, así como de la extensión del desorden químico y estructural provocado por la deshidratación (Okos *et al.*, 1992; Abu Ghannam y Mc Kenna, 1997a; Lewicki, 1998). La rehidratación es un proceso complejo dirigido a restaurar las propiedades estructurales originales del material fresco poniendo en contacto el producto seco con agua. Independientemente del producto deshidratado, si se requiere que éste sea rehidratado para su consumo, se torna fundamental evaluar tanto la capacidad de rehidratación como la velocidad a la cual se realiza.

Para tal fin se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Optimizar la concentración de sacarosa y concentración de cloruro de calcio para el proceso de deshidratación osmótica de cocona, tomate de árbol y evaluar los cambios fisicoquímicos, microbiológicos que ocurren en el producto fresco y del deshidratado óptimo.
2. Optimizar la temperatura y velocidad de agitación durante la rehidratación de cocona y tomate de árbol osmodeshidratadas.



II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. COCONA (*Solanum sessiliflorum* Dunal)

La cocona parece ser nativa de las vertientes orientales de los Andes del Perú, Ecuador y Colombia, pertenece a la familia Solanáceae (Heywood, 1979). La cocona crece en zonas con temperaturas medias entre 18 y 30°C. Se le encuentra cultivada en zonas con altitudes desde el nivel del mar hasta los 1500 m.s.n.m. (Villachica, 1996).

2.1.1. Clasificación taxonómica

Según Cardona (2011) la clasificación taxonómica de la cocona es la siguiente:

División: Spermathophyta

Subdivisión: Asteridae

Orden: Tubiflorales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *sessiliflorum* Dunal

2.1.2. Descripción morfológica

El fruto no posee una forma definida ya que varía en sus formas; podemos ver esféricos, redondos, alargados; grandes, medianos y chicos, con 24 a 250g de peso. El color de la baya puede ser desde amarillo hasta rojizo. La cáscara es suave y rodea la pulpa o mesocarpio grueso, amarillo y acuoso. Las cuatro lóculos o celdas que lo componen están llenas de semillas (entre 200 y 500 semillas glabras, ovaladas y aplanadas) envueltas en mucílago claro (Villachica, 1996).

Debido a la baja relación de los sólidos solubles y la acidez, que relaciona el sabor de la fruta, la cocona presenta poco grado de dulzor. Por esto, el fruto es raramente consumido al natural, el fruto es verde cuando no está maduro, amarillo-anaranjado cuando está maduro y finalmente café-rojizo (Hernández y Barrera, 2004).



Figura 1. Cocona.

Fuente: Cardona, (2011).

2.1.3. Composición fisicoquímica de la cocona

En la Tabla 1 se observa la composición fisicoquímica de la cocona, con relación al contenido de humedad, que varía de 89 a 93%. El contenido de sólidos solubles varía de 5 a 8 °Brix.

Tabla 1. Composición fisicoquímica de la cocona en 100 g de porción comestible.

Componente	Villachica	Pahlen	Andrade	Yuyama
Humedad (g)	89.00	91.00	93.00	90.00
Proteína (g)	0.90	0.60	-	0.90
grasa (g)	-	1.40	-	1.90
Fibra (g)	0.20	0.40	-	1.60
Cenizas (g)	0.70	0.90	-	0.90
Sólidos Solubles (°Brix) %	-	5.00	8.00	-
Ácido Cítrico %	-	-	0.80	-
Brix/Acidez %	-	-	5.93	-
pH	3.68			
Ácido Ascórbico (mg)	4.50	-	13.90	-

Fuente: Pahlen, (1977); Andrade *et al.* (1997); Villachica, (1996); Yuyama *et al.* (1997, 1998).

2.2. TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum*)

El tomate de árbol es Nativa de los Andes de: Ecuador, Perú, Chile y Bolivia (Bernal, 1994). Es un cultivo de clima sub-tropical; Se le encuentra cultivada en zonas con altitudes de 1520 hasta los 3000 m.s.n.m. (Cortéz, 1994).

2.2.1. Clasificación taxonómica

Según León y Viteri (2004) la clasificación taxonómica del tomate de árbol es la siguiente:

División: Fanerógamas

Subdivisión: Angiospermas

Orden: Tubiflorales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *betaceum*

2.2.2. Descripción morfológica

El fruto es una baya carnosa, generalmente de forma ovoidal y punteada en su extremo inferior; pertenece al grupo de frutas no climatéricas, que se cosechan cerca de la madurez de consumo. La cáscara es lisa, tersa, brillante y el color varía de acuerdo con la variedad; la pulpa es jugosa, ácida y de coloración amarilla o roja; en el interior se encuentran entre 200 y 400 pequeñas semillas comestibles (Figura 2), de forma plana y circular. Las semillas están rodeadas por la pulpa del fruto, inmersas en un mucílago gelatinoso, son pequeñas, lisas, de color blanco amarillento (Feicán *et al.*, 1999; León y Viteri, 2004).



Figura 2. Tomate de árbol.

Fuente: Martínez, (2012).

2.2.3. Composición fisicoquímica del tomate de árbol

En la Tabla 2 se presenta la composición fisicoquímica del tomate de árbol, donde se puede observar, un fruto con un contenido de humedad medio, tiene un significativo contenido de sólidos solubles (10.51 a 12.70 °Brix) y pectina de 1.40%.

Tabla 2. Composición Fisicoquímica del tomate de árbol en 100 g pulpa.

COMPONENTES	Vasco	Torres	Morton
Humedad (%)	86.00	87.72	82.70 - 87.80
Proteína (%)	2.40	1.78	1.50 g
Grasa (%)	-	0.16	0.06 - 1.28
Fibra (%)	-	4.10	1.40 - 4.20 g
Carbohidratos (%)	-	5.36	10.30 g
Cenizas (%)	0.80	0.88	0.61 - 0.84
°Brix (%)	12.00	10.51	12.70
Acidez titulable (%)	0.90	1.50	1.87
Ácido cítrico (mg)	2.50	-	1.87
Calcio (mg/100g bs)	25.00	-	3.90 - 11.30
Ácido ascórbico C (mg)	25.00	31.00	23.30-33.90
Pectina (%)	-	1.4	-
pH	3.86	3.70	3.76

Fuente: Vasco *et al.* (2009); Torres, (2012); Morton, (1987).

2.3. LA PARED CELULAR DE LAS FRUTAS

La pared celular de los vegetales constituye una envoltura resistente y extensible que rodea al plasma. Es una estructura dinámica que permite el desarrollo de las células jóvenes, y determina su tamaño y forma (Brito, 2003; Jaramillo, 2004).

Constituye un sistema tampón entre el medio exterior y el contenido protoplasmático. Es un compartimiento permeable al agua y a los metabolitos auxiliares del cual el citoplasma toma los elementos necesarios para su metabolismo y retorna componentes

que ella elabora (secreciones y desperdicios), además ella asegura la rigidez y la cohesión de las células en oposición a los choques osmóticos. La pared celular vegetal evoluciona en función del grado de madurez de la célula; en la pared se distinguen tres niveles de organización (Roland, 1980).

a. La laminilla media

Se forma a partir de la mitosis, esta constituye el cemento intercelular que asegura la cohesión entre la célula y está formada principalmente de pectinas (Roland, 1980).

b. La pared primaria

Está constituida por células meristemáticas en proceso de crecimiento. Está formada esencialmente de polisacáridos (alrededor del 90%) y de proteínas (alrededor del 10%). Esta es una estructura bastante hidratada constituida de una trama suelta de micro fibrillas de celulosa intercaladas en una matriz amorfa compuesta de sustancias pécticas, hemicelulosa y proteínas (Aguirre *et al.*, 2001).

c. La pared secundaria

Es una estructura inextensible, rígida y débilmente hidratada (20 % o menos de agua). Está constituida de micro fibrillas de celulosa cristalina, arregladas en estratos concéntricos, dispuestos paralelamente entre ellos y de hemicelulosas diversas. La orientación de las fibrillas de celulosa, en relación con el eje de la célula, es variable de un estrato a otro, lo que conduce a distinguir habitualmente tres regiones visibles a la luz polarizada (Roland, 1980).

La pared celular de los vegetales está constituida esencialmente de polisacáridos y lignina, una pequeña cantidad de proteínas, compuestos fenólicos, pigmentos, lípidos y minerales (Aguirre *et al.*, 2001).

En la Figura 3 se presenta la microestructura de los tejidos internos de la pulpa en el fruto tomate de árbol, para los estados de madurez 0% (A) y 100% (B), correspondientes a estados de la fruta verde y madura respectivamente. Las micrografías permiten apreciar la arquitectura celular del tejido verde (A), donde las paredes celulares están bien definidas, y en la micrografía B, el interior de las células tiene apariencia dendrítica,

propia de los artefactos resultantes en el proceso de sublimación del agua contenida en las células. En la pulpa madura, el tejido interno presenta una degradación de la arquitectura celular, en la cual una mayor cantidad de líquido nativo se ubica especialmente en los espacios intercelulares, como producto de las reacciones enzimáticas propias del proceso y de la degradación de la celulosa, la hemicelulosa y el componente péctico de las paredes celulares (Camacho y Romero, 1996).

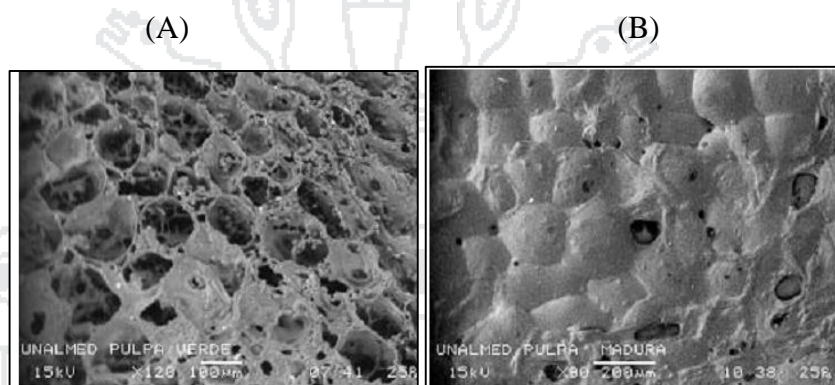


Figura 3. Micrografías de la pulpa del tomate de árbol en grado de madurez del 0% ó verde (A) y 100% ó maduro (B).

Fuente: Márquez *et al.* (2007).

2.4. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

La deshidratación osmótica es una técnica que permite eliminar parcialmente el agua de los tejidos de los alimentos por inmersión en una solución hipertónica, sin dañar el alimento y afectar desfavorablemente su calidad (Rastogi *et al.*, 2002). Esta extracción se debe a la fuerza impulsora que se crea por la alta presión osmótica de la solución o por el gradiente de concentración entre la solución osmótica y el sólido a deshidratar (Rastogi y Raghavarao, 1996), lo que establece dos flujos en contra corriente (agua y soluto) ver Figura 4. Estos flujos se detendrán al alcanzarse el equilibrio en el sistema (A_w alimento = A_w solución) a un tiempo determinado (Atarés *et al.*, 2002). Produciéndose la migración de agua desde el sólido hacia la solución hipertónica, la transferencia de solutos de la solución al sólido y la salida de solutos propios del alimento a la solución, siendo éste último cuantitativamente despreciable en comparación con los 2 primeros (Panagiotou *et al.*, 1998).

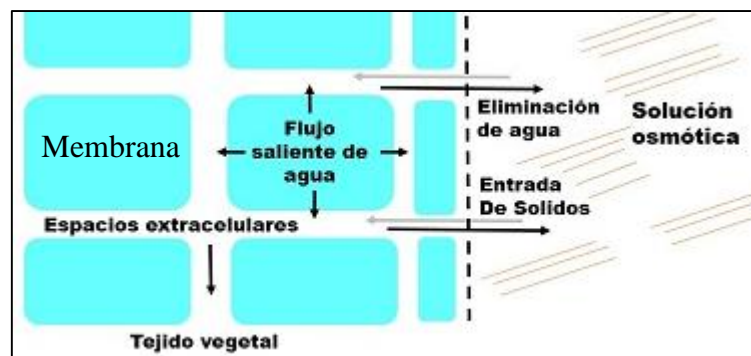


Figura 4. Diagrama de Mecanismos de transferencia de masa para la deshidratación osmótica de frutas.

Fuente: Torreggiani, (1993).

Un importante flujo de agua sale del producto hacia la solución hipertónica y simultáneamente un flujo en dirección opuesta de pequeñas concentraciones de la solución deshidratante hacia el producto (Torreggiani, 1993). El flujo de agua es lo que normalmente se desecha, pues cuanto mayor sea la remoción de humedad, menor será la actividad de agua del producto, consecuentemente mayor su estabilidad. La ganancia de sólidos en procesos de deshidratación es indeseable, pues puede producir alteraciones en las propiedades sensoriales del producto (Barbosa, 2002).

Las pérdidas de agua por parte del alimento, en el proceso de secado osmótico se puede dividir en dos períodos: (1) un período, de alrededor de 2 horas, con una alta velocidad de eliminación de agua y (2) un período, de 2 a 6 horas, con una velocidad decreciente de eliminación de agua. De hecho, se ha observado que el flujo neto de azúcares y ácidos nativos del producto hacia la solución osmótica es prácticamente cero en procesos de hasta 10 horas y hay una ganancia muy limitada (hasta un 10% en peso) de azúcares externos (Barat, 1998).

Debido a que el mecanismo osmótico puede tener actuación en intervalos de temperaturas moderadas en los cuales el tejido vegetal se encuentra vivo, su aplicación se adapta al procesado mínimo de frutas. El producto, en este caso frutas pueden llegar a perder agua sin ningún cambio de fase, lo que implica, en el caso de los sistemas biológicos, una preservación de las estructuras celulares. Además, ofrece la posibilidad de introducir la cantidad deseada de un soluto adecuado, por ejemplo, solutos de interés sensorial, como los antipardeantes o sales de calcio (Raoult-Wack, 1994).

La deshidratación osmótica se debe optimizar para minimizar los costos, maximizar las ganancias, reducir el empleo de ingredientes o preservantes costosos, incrementar las características deseables del alimento sin comprometer su inocuidad durante el desarrollo de un nuevo producto o para el mejoramiento de uno existente (Arteaga *et al.*, 1994).

2.4.1. La ósmosis como un proceso de difusión

El principio químico de esta técnica se basa en el principio de osmosis. La osmosis es el paso de un líquido a través de una membrana semi-permeable, impulsado por la diferencia en concentraciones de dos soluciones. Si se crea una diferencia de concentración de un soluto entre dos soluciones separadas por una membrana semipermeable, el desequilibrio de potencial químico causa la entrada de agua desde la solución menos concentrada a la solución más concentrada, a fines de retornar al equilibrio (Genina, 2002).

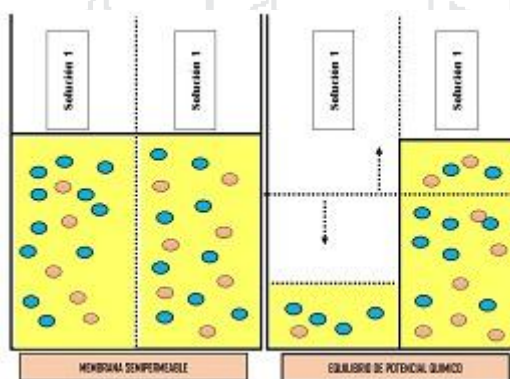


Figura 5. Representación del Principio de Ósmosis.

Fuente: Genina, (2002).

2.4.2. Factores que afectan en la deshidratación osmótica

Factores como naturaleza del alimento, solución osmótica utilizada, condiciones de operación pueden influir en el tiempo en el cual el alimento alcance el equilibrio osmótico con la solución osmoactiva (Lazarides *et al.*, 1999).

2.4.2.1. Características de la materia prima

La gran variabilidad observada entre las diferentes frutas está en su mayor parte relacionada con la diferente compactación del tejido, el contenido de sólidos solubles e

insolubles, tamaño y distribución de los espacios intercelulares, la presencia de gas, la relación entre las diferentes fracciones pécticas (pectina soluble en agua y protopectina), el nivel de gelificación de pectina y actividad enzimática de la fruta. Se ha observado que hay diferencias en la estructura de la materia prima, especialmente porosidad, afectan al mecanismo de transporte implicado en la deshidratación osmótica, de forma que cuanto mayor es la porosidad de la fruta mayor es la ganancia de sólidos (Torres, 2007).

2.4.2.2. Concentración de la solución osmótica

La concentración de la solución osmótica utilizada afecta en gran medida a la velocidad del proceso, ya que define la fuerza impulsora para la transferencia de materia. Así mismo, la distinta viscosidad de la disolución y de la fase líquida del alimento que va aumentando con el tiempo del proceso, tiene un efecto importante en la velocidad de transporte (Martínez *et al.*, 1998a; Talens *et al.*, 2000).

2.4.2.3. Cloruro de calcio

La aplicación de calcio en los alimentos se realiza a través de sales, como el cloruro de calcio (CaCl_2), este un agente osmótico con bajo peso molecular, presenta 110.99 g/mol, lo cual le permite penetrar al tejido vegetal con mayor facilidad que otros agentes osmóticos, tiene un papel de permeabilidad de la membrana, activación de enzimas específicas y en la evolución de la senescencia de los frutos, y la conformación de las membranas de la pared celular, fortalecimiento de su integridad y por ende la textura durante el tiempo de conservación, considerando que un aumento de su concentración en el tejido, altera los procesos de la respiración y senescencia (García *et al.*, 2010).

La adición de sales de calcio a la solución osmótica aumenta la pérdida de agua en el alimento y disminuye la ganancia de soluto. Este efecto se atribuye a una asociación de calcio (que penetra en la fruta) con pectinas de las paredes celulares, con lo que se fortalece la textura de la fruta y se crea un enlace tipo "unión cruzada" capaz de atenuar la difusión de azúcares hacia la fruta debido a un aumento de la tortuosidad y de la viscosidad local (Schwartz, 1999).

2.4.2.4. Sacarosa

La sacarosa es un disacárido de glucosa y fructosa. Se emplea principalmente como agente osmótico en las frutas, debido a su fácil accesibilidad, aceptable sabor y aroma, además reduce el pardeamiento enzimático y aumenta la retención de volátiles (Keqing, 2004).

La ganancia de sólidos se ve favorecida por los solutos de bajo peso molecular, lo que facilita su penetración. En tanto la sacarosa presenta un peso molecular de 342.30 g/mol y la fórmula molecular es $C_{12}H_{22}O_{11}$, por lo cual presenta menor ganancia de solutos al utilizar este agente osmótico (Keqing, 2004).

2.4.2.5. Agitación de la solución osmótica

La deshidratación osmótica puede mejorarse mediante la agitación. La agitación periódica del sistema también favorece al aumento de la velocidad de deshidratación, ya que evita que a medida que el proceso avanza la fruta se vaya rodeando de su propia agua. Al estar rodeada de agua la fruta, la diferencia de concentraciones entre la disolución osmótica y la pared celular se haría menor, con lo que disminuiría la velocidad de salida de agua. Por lo tanto, la agitación permite la recirculación constantemente por el entorno de la fruta (Chaudhari *et al.*, 1993).

2.4.2.6. Temperatura

En general temperaturas comprendidas entre 20 y 40°C son consideradas como las más óptimas porque no afectan la integridad de los tejidos, preservan la calidad nutricional del producto y son las de mayor interés a nivel económico, existiendo numerosos estudios que consideran óptima la temperatura ambiente (Keqing, 2004). Algunos estudios (Lerici *et al.*, 1977; Youn *et al.*, 1996) afirman que el empleo de bajas temperaturas y elevadas concentraciones osmóticas favorecen a la retención de ácidos orgánicos y nutrientes.

2.4.2.7. Tiempo

El tiempo es un factor de enorme relevancia, debido a que los cambios más importantes del fenómeno de deshidratación ocurren durante las dos primeras horas de proceso, las velocidades de pérdida de agua y ganancia de sólidos son altas, a partir de las siguientes

horas las velocidades sufren una disminución. La condición de equilibrio se alcanza a tiempos prolongados (Lazarides, 1995).

2.4.3. Transferencia de masa en el proceso de deshidratación osmótica

La transferencia de masa durante la deshidratación osmótica tiene en cuenta la fisiología celular y la estructura del tejido vegetal a través de las cuales se intercambian los diferentes componentes (Yao y Le Maguer, 1997). El mismo toma en cuenta la transferencia de agua y compuestos de bajo peso molecular a través de las membranas celulares y la difusión multicomponente (agua y sólidos solubles) a través de los espacios extracelulares (Spiazzi y Mascheroni, 1997).

La transferencia de masa cambia la composición de soluciones y mezclas mediante métodos que no implican necesariamente reacciones químicas y se caracteriza por transferir una sustancia a través de otra u otras a escala molecular. Cuando se ponen en contacto dos fases que tienen diferente composición, la sustancia que se difunde abandona un lugar de una región de alta concentración y pasa a un lugar de baja concentración. La evolución de la transferencia de masa durante el proceso de deshidratación osmótica es monitoreada a través de la variación en el tiempo de la pérdida de peso (PP) (Torreggiani, 1993; Raoult-Wack, 1994).

Se ha demostrado que la pérdida de agua en frutas sometidas a deshidratación osmótica aumenta al incrementarse la concentración de solutos en la solución osmótica, siendo las soluciones entre 50 y 70°Brix las de mayor utilización. La presencia de iones de calcio en la disolución osmótica durante la deshidratación osmótica muestra mayores coeficiente de difusión del azúcar lo cual indica que el calcio puede reforzar la proporción de ganancia de soluto osmótico (Barat, 1998).

2.4.4. Difusión

La difusión es el movimiento de partículas de un área en donde están en alta concentración a un área donde están en baja concentración hasta que estén repartidas uniformemente. Normalmente los procesos de difusión están sujetos a la ley de Fick. La membrana permeable puede permitir el paso de partículas y disolventes siempre a favor de la gradiente de la concentración (James *et al.*, 1988).

2.4.4.1. Difusión molecular

La difusión molecular puede definirse como la transferencia de las moléculas individuales y desordenadas de las moléculas. Podemos imaginar a las moléculas desplazándose en líneas rectas y cambiando su dirección al rebotar en otras moléculas cuando chocan. Puesto que las moléculas se desplazan en trayectoria al azar, la difusión molecular a veces se llama proceso con trayectoria aleatoria (Cahuaya y Cayo, 2010).

2.4.5. Agua en los alimentos

El agua es un componente mayoritario en la mayoría de los alimentos, donde contribuye de forma determinante a características como textura, apariencia, sabor, etc. Igualmente el agua es un factor importante en el deterioro de alimentos por el papel que desempeña en diferentes reacciones químicas y enzimáticas así como en el desarrollo microbiano (Fellows, 1994).

2.5. REHIDRATACIÓN

La rehidratación es un proceso complejo dirigido a restaurar las propiedades estructurales originales del material fresco (previo al secado o deshidratado) poniendo en contacto el producto seco con agua. No obstante se ha demostrado que la habilidad de rehidratación presenta una histéresis debido a la disrupción estructural y celular que tiene lugar durante el proceso de deshidratación (Krokida y Philippopoulos, 2005). También se puede considerar como una medida del daño ocasionado en el alimento ocurrido durante la deshidratación. (Weerts *et al.*, 2006).

Las características finales del producto rehidratado se emplean como un parámetro útil para determinar la calidad del alimento, debido a que son indicativos del grado de alteración que ocurren durante el procesado (Moreira *et al.*, 2008), es decir, del daño celular sufrido durante los procesos anteriores (Krokida y Marinos, 2003; Cunningham *et al.*, 2008).

2.5.1. Transferencia de masa en el proceso de rehidratación

En cuanto a la transferencia de materia ocurrida durante la rehidratación (Figura 6), se puede mencionar que el agua (solución hidratante) es absorbida más rápidamente al inicio

del proceso y luego disminuye gradualmente la absorción hasta que el contenido de humedad alcanza un equilibrio, es decir, que todos los espacios inter o intracelulares queden saturados con agua o con solución hidratante. De esta manera la absorción de agua por parte de los tejidos del alimento deshidratado aumenta sucesivamente el volumen del mismo, junto con una salida de los sólidos desde el interior de estos tejidos (Krokida y Marinos, 2003).

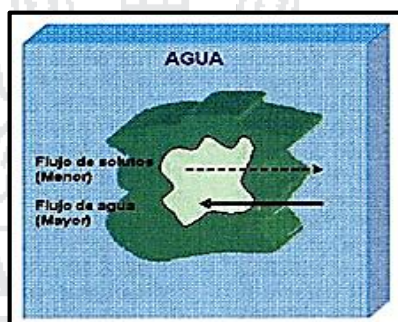


Figura 6. Representación de la transferencia de la materia ocurrida en la rehidratación.
Fuente: Krokida y Marinos, (2003).

Las curvas de rehidratación típicas muestran un incremento en el volumen del agua absorbida con el tiempo, este volumen, es proporcional al volumen total ganado por el alimento. Generalmente, se observan mayores tasas de absorción en las etapas iniciales del proceso. Tras estas etapas iniciales, se observa una disminución en esta tasa hasta llegar al equilibrio (Cunningham *et al.*, 2008).

En el fenómeno de la rehidratación existen tres procesos simultáneos: a) la absorción de agua dentro del material deshidratado, b) la lixiviación de solutos y c) el hinchamiento del material, donde el cambio de volumen del producto deshidratado es proporcional a las cantidad de agua absorbida, aumentando o recuperando su tamaño y volumen inicial (Lewicki, 1998).

2.5.2. Factores que influyen durante el proceso de rehidratación

Dentro de los factores que influyen en los mecanismos de transferencia de materia ocurridos durante el fenómeno de rehidratación de alimentos, están los factores propios del proceso de deshidratación y las condiciones de rehidratación a utilizar (Lewicki, 1998).

2.5.2.1. Líquido de rehidratación

Los alimentos deshidratados generalmente se rehidratan con agua, pero en algunos procesos se utilizan medios de rehidratación tales como leche, yogur, entre otros. Siempre con el fin de mejorar las características finales del producto rehidratado, como son la textura, retención de color y aroma, reducción de tiempos de proceso (Lewicki, 1998).

2.5.2.2. Temperatura de la solución rehidratante

Un alimento deshidratado a una temperatura constante, y luego rehidratado a diferentes temperaturas en un medio rehidratante, aumenta su contenido de humedad de equilibrio cuanto mayor sea la temperatura de rehidratación, debido al gradiente de calor entre el interior del alimento y el líquido de inmersión, además la alta presión que se ejerce sobre los gases que pudiesen estar atrapados entre los espacios intercelulares, permite que se mueven por difusión o capilaridad, tomando ese lugar el líquido rehidratante (Krokida y Marinós, 2003; Krokida *et al.*, 2000).

2.5.2.3. Agitación de la solución rehidratante

La generación de turbulencia en el medio de rehidratación logra una mayor homogenización, aumentado la entropía del sistema y la facilidad del intercambio de materia (agua y solutos), teniendo en cuenta la velocidad de agitación (Kaymak, 2000).

2.6. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

El analizar una imagen tiene como fin, la cuantificación de las propiedades de los objetos, a través de los elementos que las componen, su origen y naturaleza (Lira, 2002). Es por esta razón que se considera una herramienta útil para determinar características morfológicas de los tejidos vegetales, además de tener ventajas sobre observaciones hechas de manera directa debido a que por medio de ella se obtienen evaluaciones objetivas, permite realizar mediciones in situ, se obtiene información diversa a partir de la toma de una sola medida, es relativamente económica ya que no consume reactivos, es susceptible de reducir al mínimo la intervención humana y puede aportar información sobre la textura, color y morfología de las superficies (Jiménez, 2005).

2.6.1. Características texturales

La textura de los alimentos es el parámetro de calidad que más se modifica con la desecación sus variaciones dependen mucho del tipo de pre-tratamiento que se le da al alimento, el tipo e intensidad con que se realiza la reducción de tamaño y el modo de pelado. En alimentos deshidratados las pérdidas de textura están provocadas por la cristalización de la celulosa y por tensiones internas provocadas por variaciones localizadas en el contenido de agua durante la deshidratación. Estas tensiones dan lugar a roturas y compresiones que provocan distorsiones permanentes en las células, relativamente rígidas, confiriendo al alimento un aspecto arrugado. En la rehidratación estos alimentos absorben agua más lentamente y no llegan a adquirir de nuevo la textura firme característica de la materia prima original (Brennan, 2008).

La textura de una imagen está caracterizada por la distribución espacial de los niveles de grises en una zona, y está definida por patrones repetitivos en las variaciones de la escala de grises de un píxel a otro. La textura de una imagen ha sido utilizada para describir propiedades tales como regularidad u homogeneidad. La textura de las materias primas cambia a menudo durante el procesado. Los cambios de textura se deben a causas muy diversas que incluyen la pérdida de agua. Existen distintas características de textura que se pueden extraer de una imagen a continuación se muestran algunas, es importante señalar que estas están basadas en niveles de grises (Pedreschi y Mendoza, 2004).

Para caracterizar la textura existen básicamente tres formas de procesar la imagen y extraer su información como: los descriptores de frecuencia, descriptores estructurales y descriptores probabilísticos. Históricamente, el método más común para describir la información de la textura es el enfoque estadístico, el cual incluye los métodos estadísticos de primer orden, segundo orden y órdenes más altos. Estos métodos analizan la distribución de propiedades específicas de la imagen usando el valor de sus píxeles. Particularmente, nosotros estamos interesados en el método de segundo orden porque toma en cuenta la distribución de las intensidades de los píxeles y además su posición espacial sin sacrificar mucho tiempo en los cálculos, siendo el caso de los métodos de órdenes más altos (González y Woods, 2002; Cocquerez y Philipp, 1997).

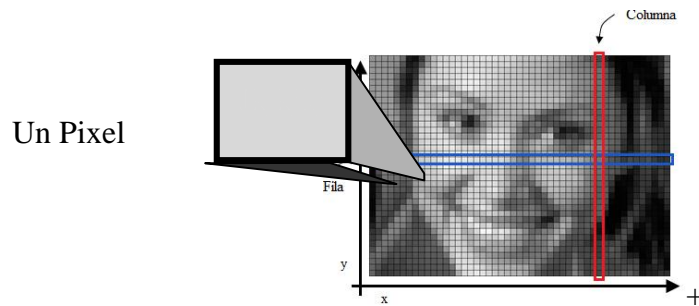


Figura 7. Representación de una imagen digital.

Fuente: García, (2010).

1. Matriz de Co-ocurrencia en Nivel de Gris o Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

Haralick y Shanmugam (1973) propusieron la matriz de co-ocurrencia, donde definen como una matriz de frecuencias relativas, $P_{\delta}(i, j)$ en la cual dos pixeles, separados por un vector, ocurren en una imagen, el primero con una intensidad i y el segundo con una intensidad j . Esto es, el valor de la matriz de co-ocurrencia P_{δ} en la posición (i, j) indica cuantas veces j coocurre con el valor i en alguna relación espacial designada por el vector d , el cual es un vector de desplazamiento (dr, dc) , donde dr es un desplazamiento en filas (hacia abajo), y dc es un desplazamiento en columnas (hacia la derecha). Así, la matriz de co-ocurrencia de tipo asimétrico para una imagen en escala de grises I , está definida por:

$$P_{\delta}(i, j) = \left| \begin{array}{l} |(r, c)| \\ I(r, c) = i \text{ y} \\ I(r + dr, c + dc) = j \end{array} \right| \quad (1)$$

La dimensión de un GLCM es determinada por el máximo valor de gris de un pixel. El número de niveles de grises es un factor importante en computación de GLCM. Más niveles querrían decir más información extraída precisa del textural. La complejidad computacional de método GLCM es altamente sensible al número de niveles de grises y es proporcional a 0. En la Figura 8 ilustra un ejemplo de GLCM, donde la distancia d es definida como l y la dirección θ es definida como 0° (Pérez, 2010).

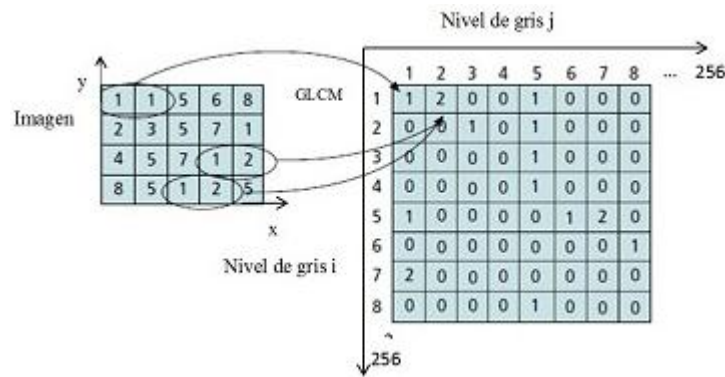


Figura 8. Ejemplo de la matriz de co-ocurrencia de nivel de grises (GLCM).

Fuente: Pérez, (2010).

Por otro lado, la GLCM presenta un problema cuando el número de diferentes niveles de gris en una región R incrementa, tornándose difícil manejar la información o usarla directamente, debido a las dimensiones que tendría la matriz. Afortunadamente, la información codificada en la GLCM puede ser expresada por un conjunto de descriptores estadísticos que son relevantes para caracterizar la textura de una imagen. Estos descriptores son extraídos de $P_{\delta}(i, j)$ dando como resultado diferentes tipos de información acerca de su textura (Haralick y Shanmugam, 1973; Bevk y Kononenko, 2002).

a. Segundo Momento Angular o Angular Second Moment (ASM)

Esta estadística es también llamada uniformidad. Mide la uniformidad de una imagen. Cuanto más suave es la textura, mayor valor toma el ASM. Esto detecta desorden en la textura. El ASM alcanza un máximo valor equivalente a 1. Un valor alto de ASM ocurre cuando la distribución de nivel de gris es constante o forma periódica. El ASM tiene un rango normalizado (Gadkari, 2004; Haralick y Shanmugam, 1973).

$$f_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \{P_{\delta}(i, j)\}^2 \tag{2}$$

b. Entropía (ET)

Es un término común en termodinámica o mecánica estadística. La entropía es una medida del nivel de desorden en un sistema. Las imágenes que contienen escenas

altamente homogéneas tienen una entropía asociada muy baja, mientras que las escenas heterogéneas tienen una medida de entropía muy alta (Pérez, 2010; Gadkari, 2004).

La medida de entropía se obtiene de la siguiente manera:

$$f_4 = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{\delta}(i, j) \log\{P_{\delta}(i, j)\} \quad (3)$$

2.6.2. Características de color

El color y su uniformidad son componentes vitales de la calidad visual de los alimentos frescos y tienen un papel muy importante en la elección del consumidor (Brennan, 2008).

2.6.2.1. Imágenes RGB

Cuevas *et al.*, (2010), describen el modelo de color RGB, basándose en la combinación de los colores primarios rojo (R), verde (G) y azul (B). El origen de este modelo se encuentra en la tecnología de la televisión y puede ser combinada como la representación fundamental del color en las computadoras, cámaras digitales y escáneres, así como en el almacenamiento de imágenes.

La mayoría de los programas para el procesamiento de imágenes y de representación gráfica utilizan este modelo para la representación interna del color. El modelo RGB es un formato de color aditivo, lo que significa que la combinación de colores se basa en la adición de los componentes individuales considerando como base el negro. Este proceso puede imaginarse como el traslape de 3 rayos de luz de colores rojo, verde y azul. La intensidad de los diferentes componentes de color determina tanto el tono como la iluminación de color resultante.

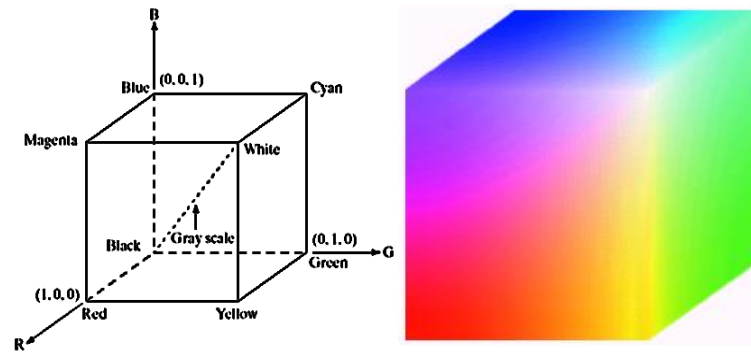


Figura 9. Representación del espacio de color RGB como cubo unitario. Los colores primarios rojo (R), verde (G) y azul (B) constituyen los ejes coordenadas. Los colores puros rojo (R), verde (G) y azul (B), cian (C), magenta (M) y amarillo (A) se encuentran ubicados en las esquinas del cubo de color. Todos los valores de intensidades de grises, tal como (K) se ubican sobre la diagonal trazada de (N) a (W).

Fuente: Cuevas *et al.* (2010).

Tabla 3. Valores de las coordenadas en cubo de color.

Punto	Color	R	G	B
N	Negro	0	0	0
R	Rojo	1	0	0
A	Amarillo	1	1	0
G	Verde	0	1	0
C	Cyan	0	1	1
B	Azul	0	0	1
M	Magenta	1	0	1
W	Blanco	1	1	1
K	Gris	0.5	0.5	0.5

Fuente: Cuevas *et al.* (2010).

El blanco y el gris o tonalidades de gris son producidos de igual manera a través de la combinación de los tres correspondientes colores primarios RGB. El modelo RGB forma un cubo, cuyos ejes de coordenadas corresponden a 3 colores primarios R, G y B. los valores RGB son positivos y sus valores se encuentran restringidos al intervalo de

$[0, V_{max}]$, en donde normalmente $V_{max} = 250$, cada posible color C_i corresponde a un punto dentro del cubo RGB, con los componentes:

$$C_i = (R_i, G_i, B_i)$$

Donde $0 \leq R_i, G_i, B_i \leq V_{max}$. Normalmente el intervalo de valores de los componentes de color son normalizados al intervalo $[0,1]$ de tal forma que el espacio de colores quedaría representado por el cubo unitario. El punto corresponde al negro, corresponde al blanco y todos los puntos que se encuentran en la línea entre S y W son las tonalidades a escala de grises donde los componentes R, G y B son iguales.

2.6.2.2. Modelo de color HSL

El modelo de color HSL (Tonalidad, Luminancia y Saturación), los parámetros de luminancia y saturación corresponden al eje vertical y al radio que se establece entre el eje de luminancia y el valor del color en cuestión. La representación de este modelo HSL que es común encontrar es la de la doble pirámide, donde los puntos negros y blancos en este modelo se encuentran ubicados en la parte baja y alta de la pirámide. Los colores básicos rojo, verde y azul así como sus combinaciones se encuentran ubicados en la base donde se juntan ambas pirámides (Gonzalez y Woods, 1996).

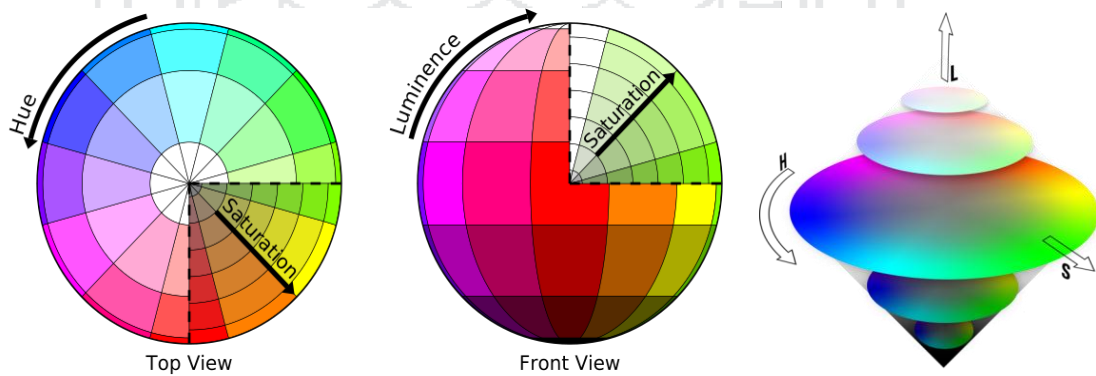


Figura 10. Modelo de color HSL (Tonalidad, Saturación y Luminosidad).

Fuente: Gonzales y Woods, (2002).

2.6.2.3. Conversión de RGB a HLS

La componente H es la tonalidad, es el ángulo en la etapa cercano al “rueda de color”. La componente S representa la saturación, es la distancia del centro hasta la rueda. Este describe el grado a cual un color puro es diluido por la luz blanca (0 – 1). La luminancia

L indica la luminosidad de la imagen. Esto es ortogonal a (H, S) y marca la rueda del color por un doble cono como estos ápices negro (Luminancia es 0) y blanco (luminancia es 255) (Medina *et al.*, 2010a).

Para realizar la conversión del modelo RGB al definido por el HLS, el cálculo de la componente H, el procedimiento es la siguiente:

$$\text{Max} = \max(R, G, B) \quad \text{Min} = \min(R, G, B) \quad (4)$$

$$D = \text{Max} - \text{Min}$$

Luego se define la tonalidad que es el total del plano y tres vectores añadidos son usados:

$$R = G = \exp\left(\frac{2i\pi}{3}\right) \quad B = \exp\left(\frac{-2i\pi}{3}\right) \quad (5)$$

El valor resultante de H es el argumento de la suma de estos vectores:

$$H = \begin{cases} \text{Arctan} \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}(G - B)}{R - 0.5(G + B)} & \text{si } R - \frac{G + B}{2} > 0 \\ \pi + \text{Arctan} \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}(G - B)}{R - 0.5(G + B)} & \text{si no} \end{cases} \quad (6)$$

Los parámetros restantes S y L son calculados de la siguiente manera:

Primero para L,

$$L = \frac{(R+G+B)}{3} \quad (7)$$

Después para S,

$$S = 1 - \frac{\min(R,G,B)}{L} \quad (8)$$

2.7. OPTIMIZACIÓN

Se puede definir como optimización al proceso de seleccionar, a partir de un conjunto de alternativas posibles, aquella que mejor satisfaga el o los objetivos propuestos. Ahora bien, el mejor proceso debe ajustar el flujo de tareas, entradas y salidas de manera que entregue la mejor calidad al menor costo y en el menor tiempo. (Ozdemir *et al.*, 2008).

2.7.1. Superficie de respuesta

Es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas utilizadas para modelar y analizar problemas en los que una variable de interés es influenciada por otras. El objetivo es optimizar la variable de interés. Esto se logra al determinar las condiciones óptimas de operación del sistema (Valdez *et al.*, 2007). La optimización mediante superficies de respuesta le permite al tecnólogo de alimentos minimizar los costos, maximizar las ganancias, reducir el empleo de ingredientes o preservantes costosos, incrementar las características deseables del alimento sin comprometer su inocuidad durante el desarrollo de un nuevo producto o para el mejoramiento de uno existente. La principal ventaja de las superficies de respuesta, es que reducen el número de experimentos necesarios para obtener resultados estadísticamente válidos, además de que son más rápidas y entregan más información que las evaluaciones clásicas en las que se estudia una variable a la vez (Ozdemir *et al.*, 2008).

Factores.- Son las condiciones del proceso que influyen la variable de respuesta. Estos pueden ser cuantitativos o cualitativos (Azoubel y Murr, 2003).

Respuesta.- Es una cantidad medible cuyo valor se ve afectado al cambiar los niveles de los factores. El interés principal es optimizar dicho valor (Azoubel y Murr, 2003).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El trabajo de investigación se ejecutó en el Laboratorio de Ingeniería Agroindustrial, Laboratorio de Microbiología de los alimentos, Laboratorio de Evaluación Nutricional de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

En la elaboración del presente estudio experimental se han utilizado cocona ecotipo gigante (ver el Anexo 27) y tomate de árbol variedad común (ver el Anexo 28).

Tabla 4. Características generales de la cocona y tomate de árbol.

MUESTRA	Procedencia	FORMA	PIEL	PULPA
Cocona	Carabaya	Redondeada	Amarillenta	Blanca amarillento
Tomate de árbol	Sandía	Ovalada	Rojiza	Anaranjada

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. Materiales

- Vasos precipitados Pírex de 5 ml, 50 ml, 500 ml y 1000ml Marca Boeco Germany.
- Bandejas de Plástico Marca Rey.
- Probeta graduada Marca Boeco Germany.
- Matrices: Marca Pírex Boeco Germany.
- Cuchillo antimicrobiano Marca Luxxe.
- Pipetas graduadas Pírex.
- Placas de Petri Pírex Marca Esteriplan.
- Tubos de ensayo Pírex.
- Termómetro digital Marca Boeco Germany Range -50 a 300°C.
- Papel absorbente.

3.3.2. Equipos de control

- Cronómetro marca Casio LM450.
- Laptop marca TOSHIBA SATELLITE modelo L45-ASP4202 FL.
- Sistema de toma de imágenes con cámara digital marca Nikon modelo D7000 AF-SD 40mm. Con objetivo micro Nikkor 40mm marca Nikon.

3.3.3. Software

- MatLab® (The Language of Technica Computing) R2015a.
- SigmaPlot v12.2 (Exact Graphs and Data Analysis).
- STATGRAPHIC Centurion XVI.
- Software de la cámara Nikon “Camera Control Pro 2”.

3.3.4. Equipos

- Brixómetro marca HANNA de 0-80°Brix.
- pH-metro digital ATC modelo PH-009.
- Balanza Analítica digital marca Sartorius, modelo CP323S.
- Baño María Memmert.
- Licuadora marca Oster.
- Incubadora.
- Autoclave Modelo LS-B50L, Vertical Pressure Steam Sterilizer.
- Determinador de actividad de agua (Aw) AquaLAB SN: 540002581.
- Agitador Termo-magnético OVAN Marca Sartorius.

3.3.5. Reactivos

- Hidróxido de sodio (NaOH) a 0.1N.
- Fenolftaleína.

3.3.6. Medios de Cultivo

- Agar OGY.
- Caldo brila.
- SS agar.

3.3.7. Insumos

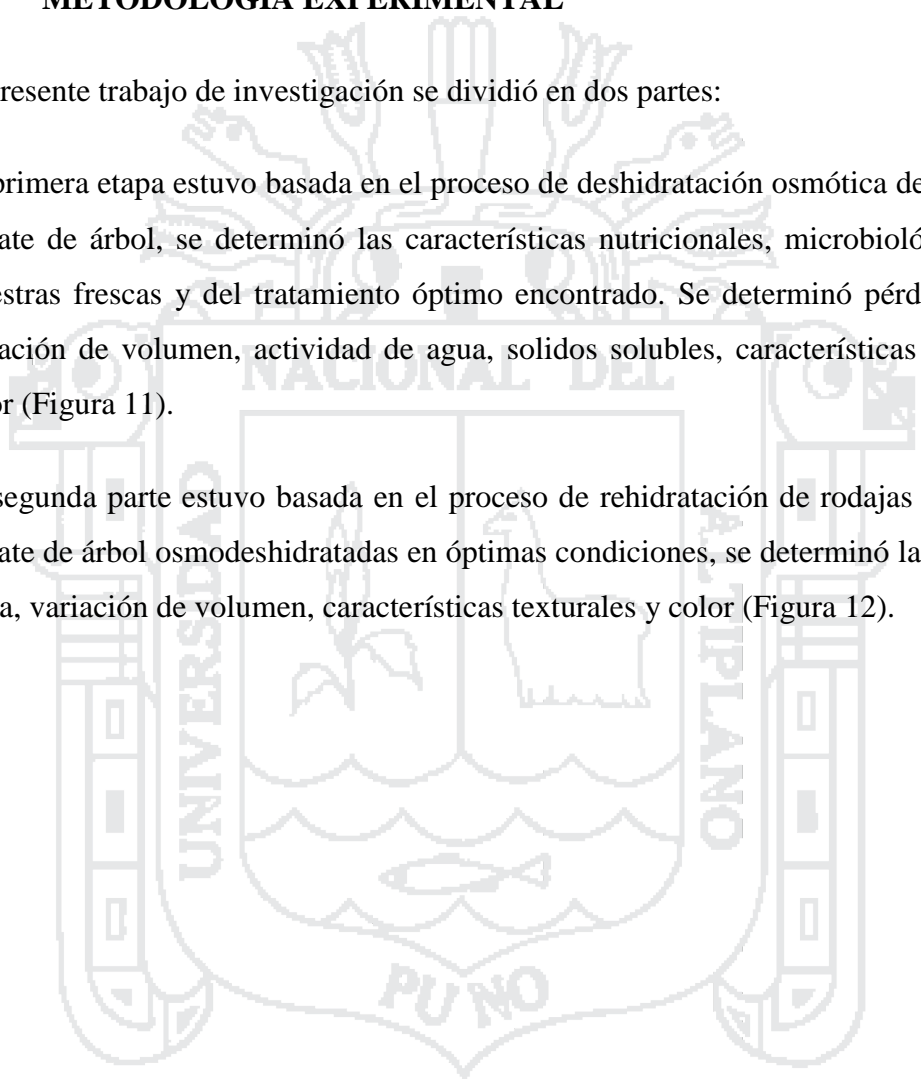
- Sacarosa con una pureza de 99.90%.
- Cloruro de calcio con una pureza de 100%.

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se dividió en dos partes:

La primera etapa estuvo basada en el proceso de deshidratación osmótica de la cocona y tomate de árbol, se determinó las características nutricionales, microbiológicas de las muestras frescas y del tratamiento óptimo encontrado. Se determinó pérdida de peso, variación de volumen, actividad de agua, sólidos solubles, características texturales y color (Figura 11).

La segunda parte estuvo basada en el proceso de rehidratación de rodajas de cocona y tomate de árbol osmodeshidratadas en óptimas condiciones, se determinó la ganancia de masa, variación de volumen, características texturales y color (Figura 12).



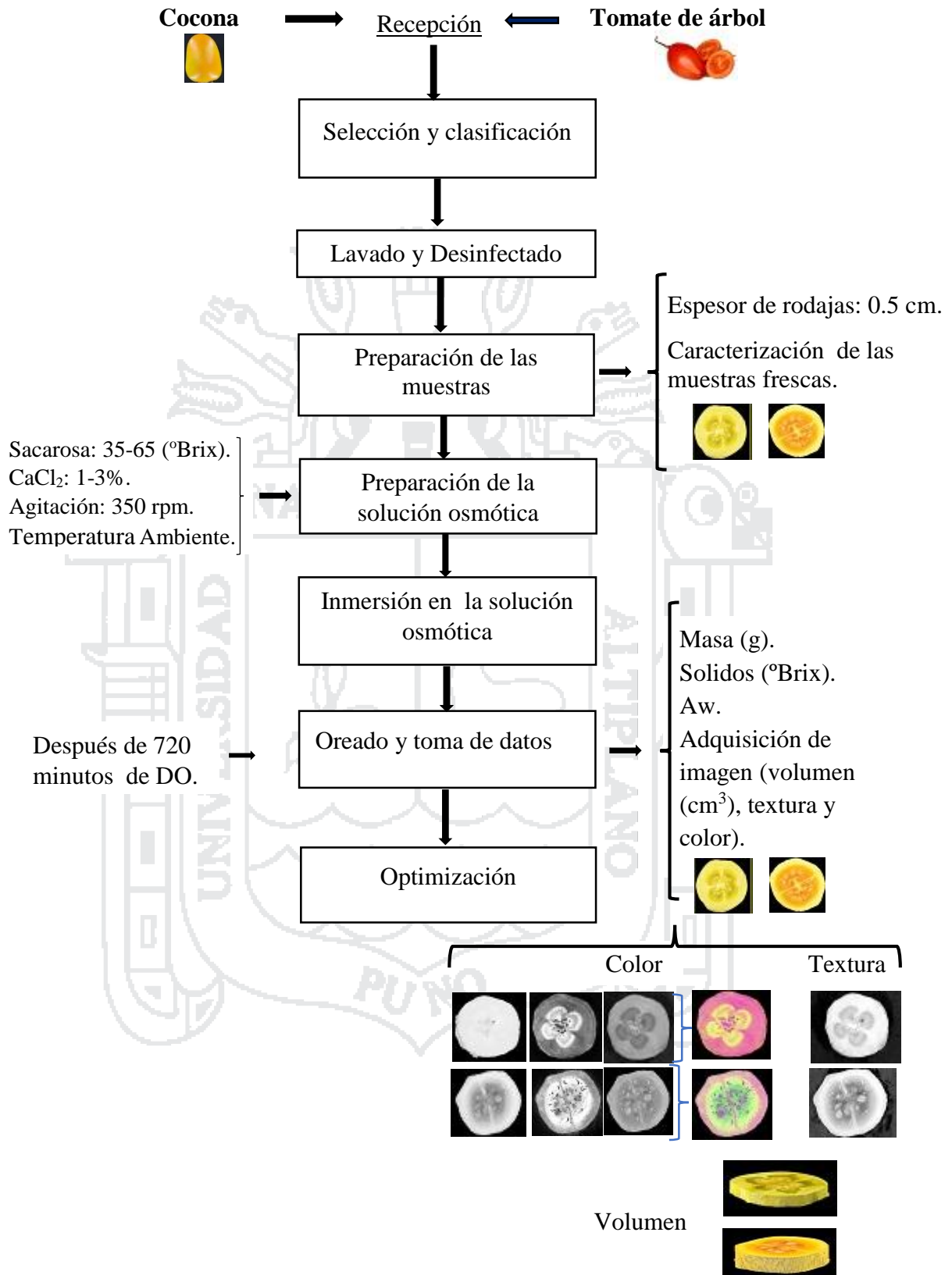


Figura 11. Diagrama del proceso de deshidratación osmótica de cocona y tomate de árbol.

3.4.1. Descripción del proceso de deshidratación osmótica

a. Materia prima

Se utilizó cocona de ecotipo gigante y tomate de árbol de variedad común.

b. Selección y clasificación

La selección de la fruta se efectuó con el fin de separar toda materia prima que presente signos de deterioro (daños fisiológicos, biológicos y/o mecánicos), así como su estado de madurez, escogiéndose aquellos frutos que estén en un estado de madurez adecuada para lo cual se midió los grados °Brix de cada producto (Suárez, 2007).

c. Lavado y desinfectado

El lavado se realizó con agua potable, con el objeto de eliminar la suciedad conformada por polvo, telarañas y otras partículas. Para asegurar el éxito de esta labor se realizó la desinfección con hipoclorito de sodio al 4% en una proporción de 50 ppm (Suárez, 2007).

d. Preparación de las muestras

Las muestras objeto de estudio, en estado fresco se le determinó las características fisicoquímicas (humedad, proteína, grasa, fibras, cenizas, carbohidratos, ácido ascórbico, °Brix, pH) y microbiológicas (Mohos, Levaduras, *E. coli* y *salmonella sp.*). Posteriormente se peló la cascara de la cocona y el tomate de árbol fresco, para luego obtener rodajas de 0.5 cm de espesor, a estas rodajas se les determinó su A_w , humedad, °Brix, masa y se tomó una imagen (textura, color y volumen) (Suárez, 2007).

e. Preparación de la solución osmótica

Se realizaron experimentos de deshidratación osmótica de cocona y/o tomate de árbol utilizando como agente osmótico una solución de sacarosa con una concentración (35-65 °Brix) y concentración de cloruro de calcio (0- 3%) estos, diluidos en agua destilada. La solución osmótica se trabajó con una proporción de muestra/solución, relación de 1:20.

f. Inmersión en Solución Osmótica

Las muestras completamente peladas y cortadas en rodajas de 0.5 cm de espesor fueron sumergidas en la solución osmótica, a diferentes concentraciones de sacarosa (35-65 °Brix) y cloruro de calcio (0- 3%), con adición apropiada de agua destilada de acuerdo al diseño experimental. Se realizó una serie experimental a temperatura ambiente y a una velocidad de agitación constante de 750 rpm. El producto se sometió a la solución osmótica por un periodo de 720 minutos en ambos productos.

g. Oreado y toma de datos

Transcurrido el tiempo de deshidratación, se escurrió las rodajas de cocona y tomate de árbol con papel absorbente dispuesto en bandejas de plástico, posteriormente se determinó el peso, A_w , °Brix y la adquisición de imágenes (textura, color y volumen) de las rodajas ver en la Figura I y II del Anexo 3.

h. Optimización

Para la optimización del proceso de deshidratación se trabajó con los 13 tratamientos, los datos obtenidos en cuanto a variables respuesta (pérdida de masa, A_w , °Brix, textura, color y volumen) fueron optimizados mediante la metodología de superficie respuesta.

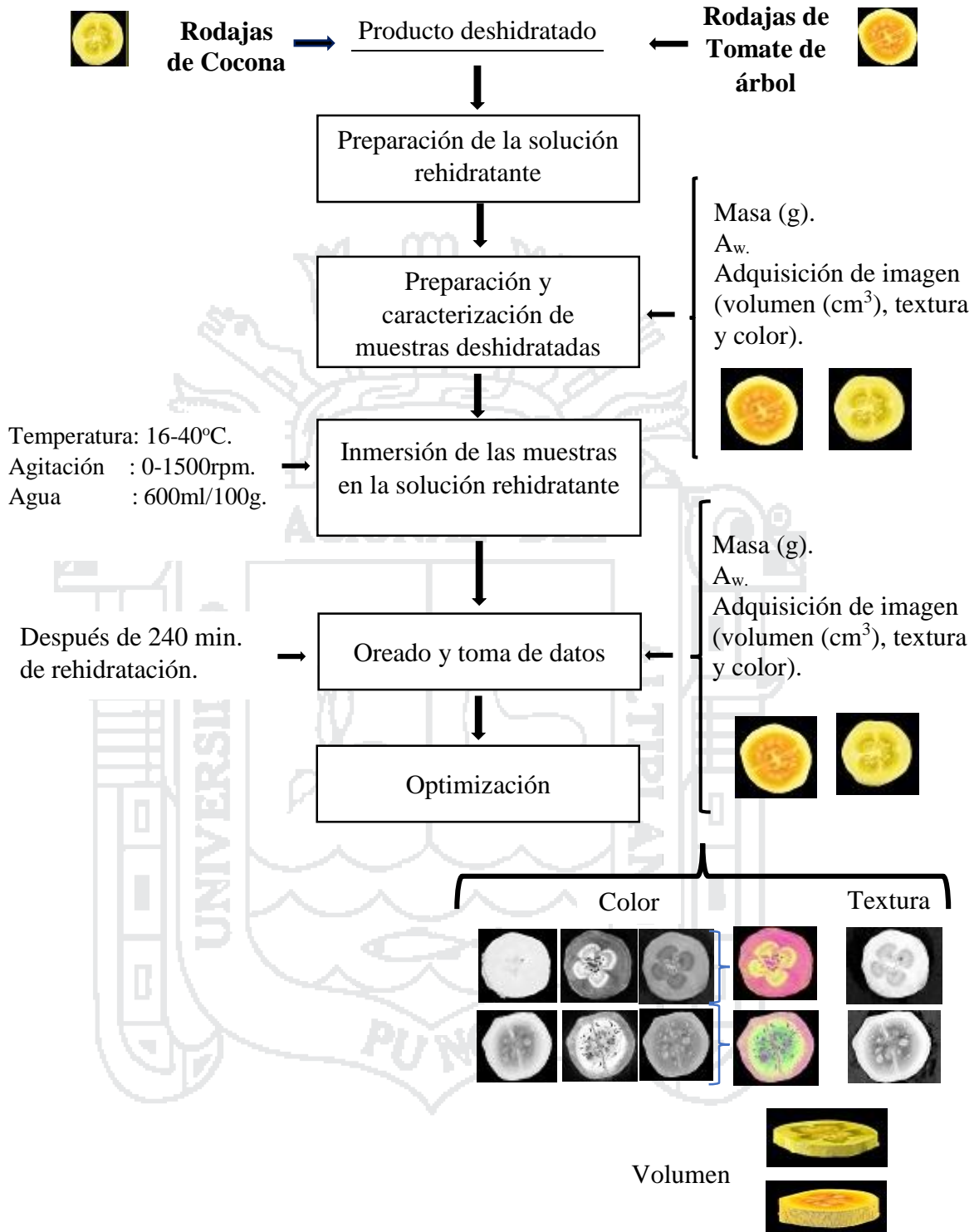


Figura 12. Diagrama del proceso de rehidratación de cocona y tomate de árbol deshidratada.

3.4.2. Descripción para proceso de rehidratación

a) Producto deshidratado

Las rodajas de cocona y tomate de árbol deshidratado osmóticamente fueron obtenidas en las siguientes condiciones óptimas: la solución osmótica contenía una concentración de sacarosa 64°Brix y concentración de cloruro de calcio 2.56%, con una agitación constante de 750 rpm a temperatura ambiente, de la cual se obtuvo las rodajas de cocona osmodeshidratadas a las 12 horas con una humedad de 53.43% y el tomate de árbol con una humedad de 51.63 %. A estos productos se les dejó en reposo por un periodo de 72 horas a temperatura ambiente para su posterior rehidratación.

b) Preparación de la solución rehidratante

Se realizaron experimentos de rehidratación de rodajas de cocona y/o tomate de árbol osmodeshidratadas utilizando como solución rehidratante agua destilada, se colocó en un vaso precipitado 600 ml de agua destilada. Se calentó el agua a temperaturas (16 a 40°C).

c) Preparación y caracterización de las muestras deshidratadas

En esta etapa se seleccionó las muestras y se caracterizó a las rodajas de cocona y/o tomate de árbol osmodeshidratadas el peso, Aw y se adquirió la imagen respectiva.

d) Inmersión de las muestras en la solución rehidratante

Las rodajas preparadas y caracterizadas se sumergieron en la solución rehidratante a una de las temperaturas previstas para los ensayos entre (16-40°C) y se mantuvo el sistema con una velocidad de agitación de (0- 1500 rpm) durante todo el ensayo. Se esperó que el producto se rehidrate por un periodo de 240 minutos.

e) Oreado y toma de datos

Luego de sumergir las rodajas osmodeshidratadas en la solución rehidratante por 4 horas, se sacó las rodajas, se le retiró el exceso de agua con papel absorbente y se registró el peso, Aw y toma de imágenes para determinar el volumen, textura y color del producto ver en la Figura I y II del Anexo 3.

f) Optimización

Luego de obtener los datos del peso, volumen, Aw, textura y color se prosiguió a optimizar los datos.

3.5. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

La metodología que se utilizó durante el proceso de investigación fue experimental, cuyos procesos y análisis se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería, Laboratorio de Microbiología de los alimentos y Laboratorio de Evaluación Nutricional de la Escuela Profesional de Ingeniería agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano.

3.5.1. Análisis fisicoquímico

- a) **Determinación de Humedad.-** Se realizó la desecación a estufa a 65°C con una muestra de 5 gramos, hasta lograr peso constante durante 12 horas. La determinación de humedad se hizo por diferencia de peso entre el peso inicial y el peso final, obteniéndose en forma directa el porcentaje de humedad (AOAC, 2000).
- b) **Determinación de proteína.-** Se determinó por el método semimicro Kjeldahl recomendado por la (AOAC, 2000). El procedimiento comprendió 3 fases: digestión, destilación y titulación.
- c) **Determinación de cenizas.-** Se determinó calcinando la muestra en mufla a una temperatura de 650 °C, para quemar todo material orgánico. Se pesó 2 g de la muestra en un crisol previamente tarado y deshumedecido. Se calcino en la mufla durante 4 horas hasta obtener un peso constante (AOAC, 2000).
- d) **Determinación de grasa.-** Se procedió mediante el método de Soxhlet (AOAC, 2000).
- e) **Determinación de fibra.-** Este proceso consta de dos fases: digestión acida y digestión básica (AOAC, 2000).

- f) **Determinación de carbohidratos totales.-** Se obtiene por diferencia después de que se han competido los análisis para humedad, proteína, grasa, fibra y cenizas (AOAC, 2000).
- g) **Determinación de pH.-** Método Potenciométrico, empleando el pH-metro (AOAC, 2000).
- h) **Determinación de Sólidos solubles.-** Se determinó por el método refractométrico, utilizando un refractómetro digital expresada en Grados Brix (AOAC, 2000).
- i) **Determinación de Acidez titulable.-** Método de titulación con solución de NaOH y expresada como ácido cítrico (%) (AOAC, 2000).
- j) **Determinación de Actividad de Agua (A_w)-** Se determinó con el equipo AquaLAB (Gajardo, 2005).
- k) **Determinación de descriptores estadísticos de textura.-** La metodología utilizada para determinar los descriptores estadísticos de textura, se basó en el trabajo de Haralick Shanmugam (1973) donde las imágenes a color son convertidas a escala de grises con la función *rgb2gray* de MATLAB en una rutina desarrollado en una hoja script. Posteriormente y utilizando la función *fb_Haralick.m* (Mery, 2011); (Medina *et al.*, 2010a) se obtienen las principales características de la GLCM que describen la textura tales como: ASM y ET.
- l) **Determinación de color RGB a HSL.-** Las medidas de color en escala RGB: (R) rojo, (G) verde y (B) azul fueron extraídas utilizando el MatLab R2015a utilizando la función *fb_ConversionRGB2HSL* (Abrámoff *et al.*, 2004). Entre las posibles bases de representación para el color, está el modelo la Tonalidad – Saturación – Luminosidad (HSL) bien adaptado a nuestro problema ya que este modelo es cercano a la percepción de color humano que RGB. Para convertir las medias de color RGB a modelo HSL (ver ecuación 11, 12, 13, 14 y 15), se imprimieron los resultados del MatLab a una hoja de cálculo Excel tal como se cita en el trabajo de Medina *et al.*, (2010a).

3.5.2. Análisis microbiológico

Se realizó el análisis microbiológico de la cocona y tomate de árbol fresco y deshidratado osmóticamente (solo el tratamiento óptimo del proceso). Se analizó la presencia de Mohos, levaduras, *E. coli* y *Salmonella sp* según la (ICMSF, 1990).

3.5.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El proceso descrito se realizó para cada uno de los tratamientos experimentales de acuerdo al Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR), de dos factores con cinco niveles, dos puntos estrellas, y cinco repeticiones del punto central. Ya que permite evaluar directamente la curvatura de un modelo con 3 réplicas de tratamiento. El Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR), permite evaluar a la vez 5 niveles de cada factor tal como se muestra en el cuadro (Ibáñez, 2009).

A continuación se muestra en la Tabla 5 y Tabla 6, la matriz de diseño en estudio, tanto a escala codificada como a escala natural para la optimización de la deshidratación osmótica y rehidratación de cocona y tomate de árbol.

Tabla 5. Factores de estudio (variables independientes) en deshidratación osmótica.

Código	Deshidratación osmótica		Rehidratación	
	Factor		Factor	
	Sacarosa (%)	Cloruro de calcio (%)	Agitación (rpm)	Temperatura (°C)
-1	39.40	0.44	219.60	19.50
0	50.00	1.50	750.00	28.00
1	60.60	2.56	1280.40	36.50
- α	35.00	0.00	0.00	16.00
+ α	65.00	3.00	1500.00	40.00

Tabla 6. Valores utilizados en DCCR para dos factores en el proceso de deshidratación osmótica de cocona y tomate de árbol.

Tratamientos	VARIABLES DE ESTUDIO			
	Factores codificados		Factores decodificados	
	Sacarosa (%)	Cloruro de calcio (%)	Concentración de sacarosa (%)	Concentración de cloruro de calcio (%)
1	-1	-1	39.40	0.44
2	1	-1	60.60	0.44
3	-1	1	39.40	2.56
4	1	1	60.60	2.56
5	- α	0	35.00	1.50
6	+ α	0	65.00	1.50
7	0	- α	50.00	0.00
8	0	+ α	50.00	3.00
9	0	0	50.00	1.50
10	0	0	50.00	1.50
11	0	0	50.00	1.50
12	0	0	50.00	1.50
13	0	0	50.00	1.50

En la Tabla 7. Valores utilizados en DCCR para dos factores en el proceso, tanto a escala calificada como a escala codificada para la rehidratación de cocona y tomate de árbol.

Tratamientos	VARIABLES DE ESTUDIO			
	Factores codificados		Factores decodificados	
	Agitación (rpm)	Temperatura ($^{\circ}$ C)	Agitación (rpm)	Temperatura ($^{\circ}$ C)
1	-1	-1	219.6	19.5
2	1	-1	1280.4	19.5
3	-1	1	219.6	36.5
4	1	1	1280.4	36.5
5	- 1.414	0	0.0	28
6	+ 1.414	0	1500	28
7	0	- 1.414	750	16
8	0	+ 1.414	750	40
9	0	0	750	28
10	0	0	750	28
11	0	0	750	28
12	0	0	750	28
13	0	0	750	28

Se procesó los datos con el programa estadístico STATGRAPHIC Centurion XVI en la cual al tener los datos ingresados, ingresamos a la barra de inicio donde encontraremos analizar, seguido ingresamos a comparar medias e ingresamos a ANVA de factor, al salir un ventana ingresamos las variables independientes y dependientes. Para la recolección de datos se utilizó el formato mostrado en la Tabla 6 y Tabla 7, donde se registraron todos los datos experimentales para cada variable de respuesta (Medina *et al.*, 2010b).



IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE COCONA Y TOMATE DE ÁRBOL FRESCO Y OSMODESHIDRATADO

Como se aprecia en la Tabla I y II del Anexo 1, los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de cocona y tomate de árbol fresco y deshidratado osmóticamente.

La humedad encontrada es de 90.87% en la cocona fresca y 53.43% en su respectivo deshidratado; la pérdida de humedad se debió a que en el proceso de deshidratación osmótica, el contenido de agua en el alimento fue eliminado hacia la solución osmótica, de esta forma al haber menor cantidad de agua se garantizaría una conservación adecuado lo cual es indicado por Paredes (2010). El valor encontrado en la cocona fresca se encuentra cercano al valor encontrado por Yuyama *et al.* (1997); Pahlen (1977) que fue de 90.00% y 91.00% de humedad. En tanto también se observa en el Anexo 1, la humedad del tomate de árbol fresco con un valor de 87.70% y una humedad de 51.30% en su respectivo deshidratado; este valor encontrado es similar al encontrado por Torres (2012) que fue de 87.72%, según Rastogi Raghavarao, (1996), esta disminución de humedad se debe a la fuerza impulsora que se crea por la alta presión osmótica de la solución y por el gradiente de concentración entre la solución osmótica y el sólido a deshidratar.

Como se observa en la Tabla I y II del Anexo 1, la determinación de proteína en la cocona fresca fue de 0.60% y la cocona deshidratada presenta un valor de 3.91%, mientras que en el tomate de árbol su valor es de 1.58% en fresco y 3.08% en la deshidratada osmóticamente. Los valores encontrados del porcentaje de proteína en cocona y tomate de árbol fresco son relativamente elevados con respecto a Yuyama, (1998) que fue de 0.90% en cocona fresca y Torres, (2012) siendo su valor 1.58% en tomate de árbol. En cuanto al producto deshidratado aumento el contenido de proteínas debido a la pérdida de agua. Esto se debe a que a medida que progresa la deshidratación el agua disminuye y los solutos se concentran.

En la determinación de cenizas, se obtuvieron los siguientes resultados que se pueden apreciar el porcentaje de cenizas de la cocona fresca es de 0.34% y su respectivo deshidratado corresponde a 3.16%. Mientras tanto en tomate de árbol fresco es de 0.58% y el deshidratado es de 2.91%. Los valores encontrados de cenizas en la cocona fresca

son altos en comparación a lo encontrado por Yuyama *et al* (1998) que fue de 0.90% en cocona fresca. Esta diferencia se puede deber a las condiciones climatológicas y el tipo de suelo. Así mismo en la cocona deshidratada se observa un incremento de cenizas, este aumento se debe a que en el proceso de deshidratación perdió un porcentaje de agua permitiendo que los elementos minerales se encuentren en mayor concentración.

Los contenidos de fibra bruta en cocona fresca es de 3.92%, es mayor a lo reportado por Yuyama *et al.* (1998) siendo su valor 1.60% esto puede deberse al ecotipo que se ha utilizado, ya que se tiene varios ecotipos de cocona que presentan diferencias en sus características fisicoquímicas. En cuanto a la cocona osmodeshidratada presento 13.45% de fibra bruta, este fenómeno sucede debido a la disminución del contenido de agua del producto provocando así mayor concentración de fibra. Los contenidos de carbohidratos 3.52% en cocona fresca y 21.74% en cocona osmodeshidratada, se aprecia un elevado incremento de carbohidratos en las deshidratadas esto se atribuye a la penetración de la solución osmótica a las membranas del tejido del producto provocando un aumento de carbohidratos totales, ya que se utilizó sacarosa y cloruro calcio como solución deshidratante.

La fibra bruta en tomate de árbol fresco es de 3.07% y carbohidratos 8.34%, son relativamente elevados y bajos con respecto a Torres, (2012) señala valores de 4.10% de fibra bruta y 5.36% de carbohidratos totales. Esta variación puede deberse a los diferentes variedades de tomate de árbol que se tiene, ya que cada variedad presenta cierta diferencia en la composición fisicoquímica. Respecto a los resultados obtenidos de fibra 18.88% y carbohidratos 16.66% en el tomate de árbol osmodeshidratado, el aumento mostrado tanto en fibra y carbohidratos se debe al proceso osmótico donde la solución osmótica penetra al tejido vegetal a través de la membrana celular y de esta libera agua, gana sólidos solubles.

En cuanto a los valores obtenidos del porcentaje de grasa es 0.75%; °Brix 5.65 y pH de 4.90 en cocona fresca, presenta mayor contenido con respecto a lo reportado por Villachica, (1996), esta variación se debe al ecotipo usado y el lugar de donde proviene el producto. Mientras en la cocona deshidratada osmóticamente por 720 minutos presentó un contenido graso de 4.31%; °Brix 59.80 y pH 5.20, hay incremento considerable respecto a la cocona fresca, este aumento se debe a que a medida que progresa la deshidratación el agua disminuye y los solutos se concentran, permitiendo que los

elementos minerales se encuentren en mayor concentración. Así mismo a medida a que el agua va eliminándose, la concentración de solutos es mayor desplazándose hacia la superficie del alimento. Similar comportamiento presenta en tomate de árbol fresco °Brix 10.00 y deshidratado aumenta hasta °Brix 53.88.

En la Tabla I y II del Anexo 2, se muestra los resultados para el análisis microbiológico se evaluó la presencia de hongos: mohos y levaduras, *E. coli*, *Salmonella sp* tanto para la cocona y tomate de árbol en estado fresco y después de su deshidratación osmótica.

Se evidencia que la cocona y tomate de árbol tanto fresco como deshidratado no presenta *E. coli* y *Salmonella sp* debido a que se manipulo adecuadamente los productos.

Se tomó como referencia de límites máximos especificados en las normas establecidas por el MINSA, Norma Sanitaria sobre criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Como se detalla en la Tabla III del Anexo 2; basándonos que este es un producto deshidratado lo consideraremos a fin a este procedimiento.

Nuestros resultados comparados en la Tabla III del Anexo 2, muestra que nuestros recuentos de mohos están dentro del rango permisible que nos da (MINSA, 2008), no se encontró presencia de *E. coli* y *Salmonella sp*, lo cual nos indica que hubo un adecuado manipuleo del producto durante proceso, lo cual significa que aptos para consumo humano.

Los resultados obtenidos se deberían al descenso de la A_w y al pre-calentamiento de la solución osmótica al inicio del proceso para evitar posibles contaminaciones según (Fenenma, 2000), al bajar la A_w de los alimentos y exponerlos a la calor, además hacerlos de humedad intermedia reducimos el nivel de patógenos en el alimento. En cuanto a levaduras tanto en el producto deshidratado y fresco en cocona y tomate de árbol los resultados obtenidos son considerables.

(Garcia, 2003) menciona el efecto del cloruro de calcio en los patógenos, estos microorganismos son proteínas y al verse expuestas por estas fuerzas se deshidratan y pierden movilidad causando su senescencia, esto confirmaría nuestros resultados que a mayor concentración de sales de calcio mayor inhibición microbiana. Los recuentos microbianos determinado para el producto osmodeshidratado se encuentra dentro de los

estándares permisibles. Siendo apto para consumo humano por el reporte realizado en el Laboratorio de Microbiología de los alimentos de la EPIA de la UNA - PUNO.

Se evidencia en la Tabla I y II del Anexo 2, que la cocona y tomate de árbol deshidratado presenta menor carga microbiana ya que el producto final presenta una actividad de agua reducida, lo cual inhibe el desarrollo de microorganismos.

4.2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ÓPTIMOS EN LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE COCONA Y TOMATE DE ÁRBOL

La determinación de parámetros de concentración de sacarosa y cloruro de calcio respecto a las variables de respuesta como la pérdida de masa, ganancia de sólidos, pérdida de volumen, pérdida de A_w , valores de textura y valores de color (ver la Tabla II y IV del Anexo 4). Los valores de respuesta se evaluaron al inicio y después de 720 minutos de haber deshidratado osmóticamente las rodajas de cocona y tomate de árbol. El experimento se realizó para trece diferentes tratamientos, según los factores decodificados en el diseño estadístico de DCCR.

La interpretación de superficies de respuestas, en cuanto a los colores de contorno están basadas de valores bajos a incidencias de valores altos, también se puede decir de frío a caliente, por lo cual el color azul oscuro presenta valores muy bajos, el color celeste presenta valores bajos, el color verde oscuro y claro presenta valores regulares a menos, el color amarillo oscuro o claro presenta valores regulares a mas, el color anaranjado presenta un valor alta y el color rojo presenta valores muy altos, las interpretaciones de contornos según el color y sus valores, se optimiza según el objetivo de las respuestas ya sea minimizar, mantener o maximizar los valores según sea el caso del estudio a optimizar (Azoubel y Murr, 2003).

4.2.1. Pérdida de masa de cocona y tomate de árbol en la deshidratación osmótica

En la Tabla II y IV del Anexo 4, se reportan los valores de pérdida de masa de los trece diferentes tratamientos de cocona y tomate de árbol después de ser osmodeshidratados.

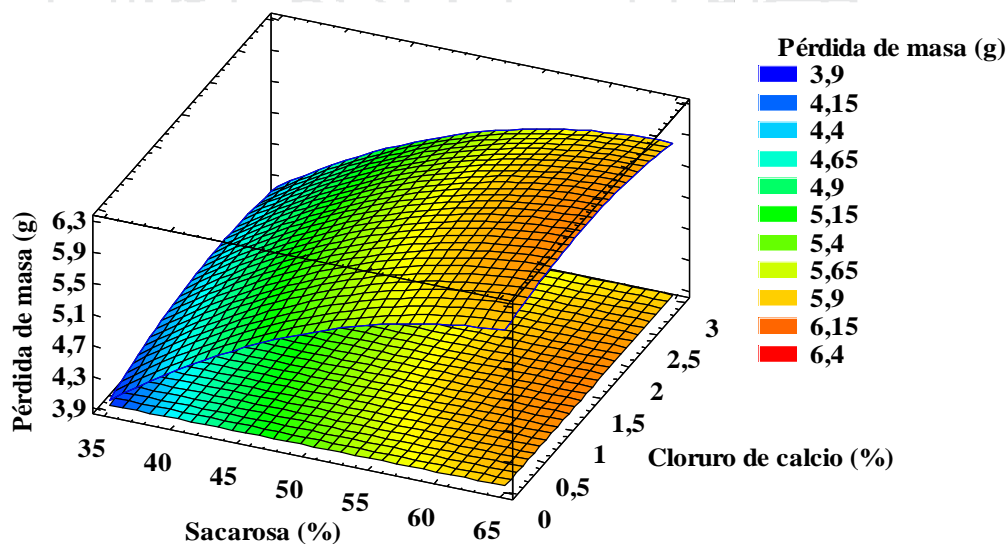
Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del

diseño compuesto central propuesto en escala codificada para pérdida de masa en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 13 y 14.

Se puede apreciar de las ecuaciones que la pérdida de masa en cocona incrementa, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta=0.25$) y a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta=0.50$) de deshidratación implicado. De la misma manera para la pérdida de masa en tomate de árbol incrementa, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta=0.30$) y a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta=0.71$), igual comportamiento fue señalado por Rastogi y Raghavarao (1994).

Los parámetros óptimos obtenidos de la pérdida de masa en cocona son 6.07 gramos a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 1.41% como de observa en la Figura 13. De igual manera para tomate de árbol siendo con un valor óptimo en pérdida máxima de masa es 4.22 gramos a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 2.16%, tal como de observa en la Figura 14.

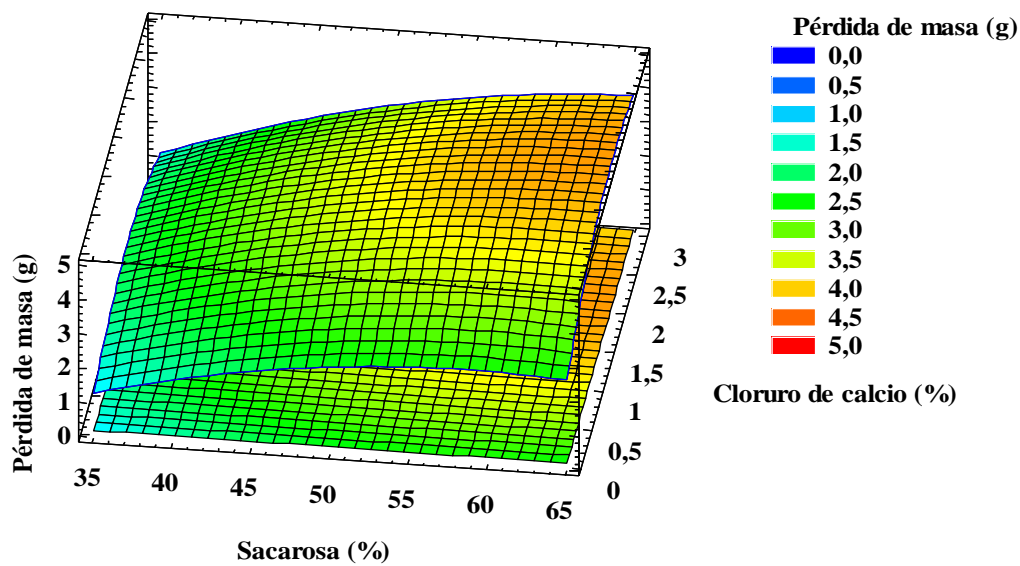
$$\text{Pérdida de masa}_{\text{cocona}} \text{ (g)} = -2.49728 + 0.248919*S + 0.497274*CaCl_2 - 0.00184312*S^2 - 0.00378248*S*CaCl_2 - 0.0892007*CaCl_2^2.$$



	Valor óptimo de cocona
Pérdida de masa (g)	6.07
Sacarosa (%)	65.00
Cloruro de calcio (%)	1.41

Figura 13. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de masa en deshidratación osmótica de cocona.

$$\text{Pérdida de masa tomate de árbol (g)} = -6.20215 + 0.297038*S + 0.710614*CaCl_2 - 0.0025275*S^2 + 0.0146849*S*CaCl_2 - 0.386083*CaCl_2^2.$$



	Valor óptimo en tomate de árbol
Pérdida de masa (g)	4.22
Sacarosa (%)	65.00
Cloruro de calcio (%)	2.16

Figura 14. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de masa en deshidratación osmótica de tomate de árbol.

En la Figura 13 y 14, se presentan las gráficas de superficie de respuesta de la pérdida de masa respecto a la concentración de sacarosa y cloruro de calcio para cocona y tomate de árbol respectivamente. Por tanto en la Figura 13, se aprecia que a menores concentraciones de sacarosa y cloruro de calcio hay menor pérdida de masa en cocona en la deshidratación osmótica (contorno de color azul), sin embargo a mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio hay mayor pérdida de masa (contorno de color anaranjado oscuro), por ello la pérdida máxima de masa óptima es 6.07 gramos a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 1.41% en la cocona como se aprecia en la Figura 13 (Talens *et al.*, 2002).

De la misma manera en la Figura 14, se aprecia que a menores concentraciones de sacarosa y cloruro de calcio hay menor pérdida de masa en tomate de árbol en la deshidratación osmótica (contorno de color celeste y verde claro), sin embargo a mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio hay mayor pérdida de masa (contorno de color anaranjado oscuro), por ello la pérdida máxima de masa óptima es 4.22 gramos a

una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 2.16% en tomate de árbol como se aprecia en la Figura 14.

Se puede observar en las Figura 13 y 14, que la pérdida de masa se incrementa a mayores concentraciones de solución osmótica, esto debido a la mayor fuerza impulsora en la deshidratación osmótica sobre el tejido vegetal, lo cual es corroborado por Conway *et al.*, 1983; Marcotte y Le Maguer, 1991; Torregiani, 1993; Rastogi y Raghavarao, 1994. En cambio la pérdida menor de masa es debido a que poseen menor concentración de sacarosa y cloruro de calcio, este efecto se atribuye a una asociación de calcio (que penetra en la fruta) con pectinas de las paredes celulares, con lo que se fortalece la textura de la fruta (Schwartz, 1999).

La pulpa del tomate de árbol y cocona posee una estructura celular regularmente rígida que actúa como membrana semipermeable. El incremento de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en el proceso provoca un aumento de la velocidad de transferencia de materia, tanto en lo que refiere a la salida de agua como a la entrada de sólidos solubles. Por tanto a mayor concentración de la solución osmótica mayor será la pérdida óptima de masa (Lazarides *et al.*, 1999).

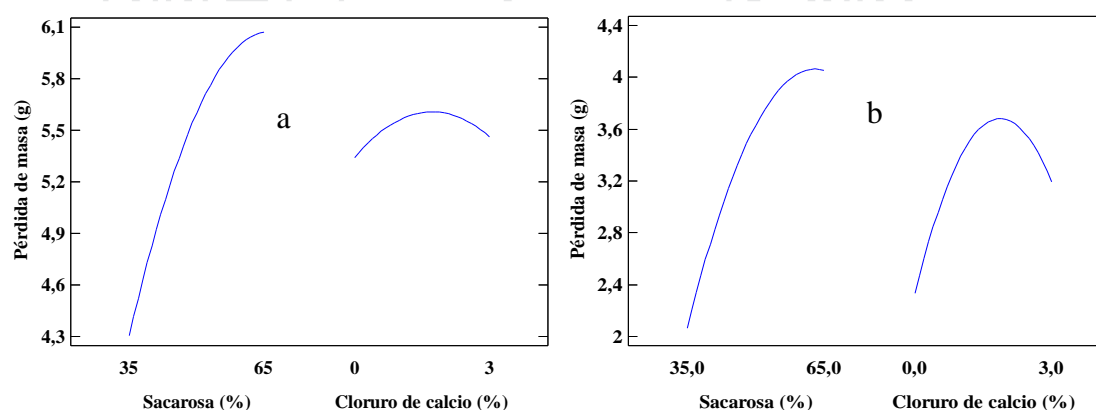


Figura 15. Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de masa en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 13 y 15a, se estima que la sacarosa posee un efecto cuadrático positivo y cloruro de calcio posee el efecto cuadrático negativo para la pérdida de masa en la deshidratación de cocona, por lo que presenta que la pérdida de masa es mayor cuando se somete a una solución osmótica de mayor concentración de sacarosa; en cambio para

factor cloruro de calcio se aprecia que al agregar a un punto máximo siendo 1.41% ocurre mayor pérdida de masa, puesto que a mayor concentración de cloruro de calcio ($>1.41\%$) la pérdida de masa disminuye durante la deshidratación osmótica, esto debido al efecto que se atribuye en la asociación de calcio (que penetra en la fruta) con pectinas de las paredes celulares. De la misma manera ocurre para el tomate de árbol, por lo cual a mayor concentración de sacarosa hay mayor pérdida de masa en la deshidratación osmótica, en el efecto para el factor cloruro de calcio al agregar a un punto máximo siendo 2.16% hay mayor pérdida de masa, puesto mayor a ello, pierde menos masa, como se aprecia en la Figura 14 y 15b (Talens *et al.*, 2002).

En la Tabla I del Anexo 5, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la pérdida de masa en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, ello muestra que existe diferencia significativa ($P<0.05$) para el factor de concentración de sacarosa, por ello implica que el factor sacarosa es dependiente en la pérdida de masa en la deshidratación osmótica; en cambio para el factor cloruro de calcio, en el efecto cuadrático de sacarosa, en la interacción de sacarosa con el cloruro de calcio y en el efecto cuadrático de cloruro de calcio no muestra diferencia significancia ($P>0.05$), por lo tanto esto implica que estos son independientes en la pérdida de masa en la deshidratación osmótica, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 84.19% del modelo, con lo que es confiable.

En la Tabla II del Anexo 5, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la pérdida de masa en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra que existe diferencia altamente significativa ($P<0.01$) para el factor de concentración de sacarosa y cloruro de calcio, en el efecto cuadrático de sacarosa, en el efecto cuadrático de cloruro de calcio, por ello implican que son dependientes en la pérdida de masa en la deshidratación osmótica; en cambio en la interacción de sacarosa con el cloruro de calcio ($P>0.05$) no muestra diferencia significativa, porque esta es independiente en la pérdida de masa durante la deshidratación osmótica, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 94.40% del modelo, con lo que su confiabilidad es alta.

4.2.2. Ganancia de sólidos en cocona y tomate de árbol en la deshidratación osmótica

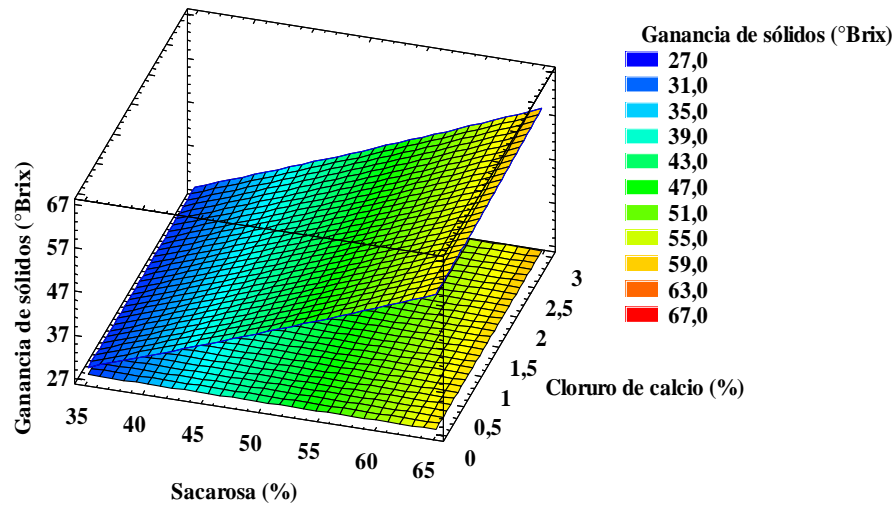
En Tabla II y IV del Anexo 4, se reportan los valores de ganancia de sólidos de los trece diferentes tratamientos de cocona y tomate de árbol después de ser osmodeshidratados.

Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del diseño compuesto central propuesto en escala codificada para ganancia de sólidos en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 16 y 17.

Se puede apreciar de las ecuaciones que la ganancia de sólidos en cocona incrementa, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta=0.80$) y ligeramente incrementa la ganancia de sólidos a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta=-0.81$) de deshidratación implicado. Sin embargo para ganancia de sólidos en tomate de árbol incrementa, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta=0.75$) y a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta=1.84$), igual comportamiento fue señalado por Rastogi y Raghavarao (1994).

Los parámetros óptimos obtenidos para la ganancia máxima de sólidos en cocona son 59.63°Brix a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00% como de observa en la Figura 16. De igual manera para tomate de árbol siendo con un valor óptimo en ganancia máxima de sólidos es 54.49°Brix a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 2.54%, tal como de observa en la Figura 17.

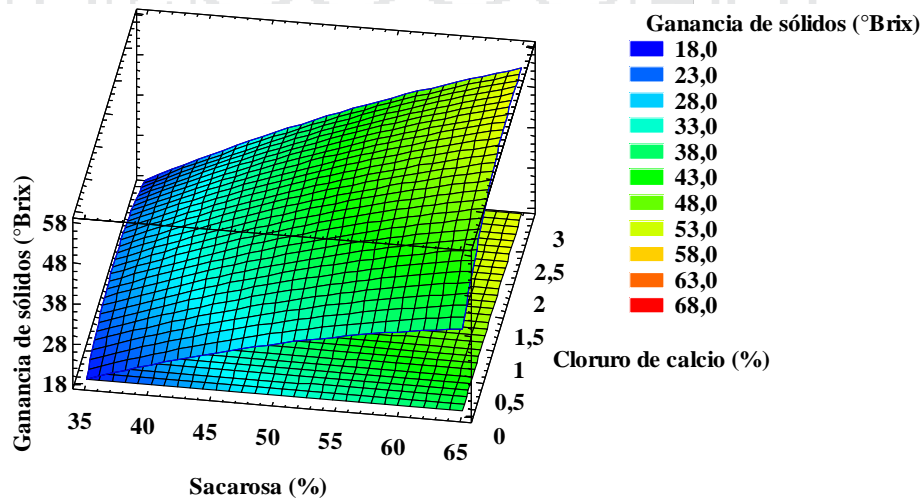
Ganancia de sólidos Cocona (°Brix) = $-1.12581 + 0.786222*S - 0.808813*CaCl_2 + 0.00188904*S^2 + 0.0155749*S*CaCl_2 + 0.117793*CaCl_2^2$.



Valor óptimo de cocona	
Ganancia solidos (°Brix)	59.63
Sacarosa (%)	65.00
Cloruro de calcio (%)	3.00

Figura 16. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la ganancia de sólidos en deshidratación osmótica de cocona.

Ganancia de sólidos Tomate de árbol (°Brix) = $-29.8525 + 1.74972*S + 1.83716*CaCl_2 - 0.0108126*S^2 + 0.169099*S*CaCl_2 - 2.5257*CaCl_2^2$.



Valor óptimo en tomate de árbol	
Ganancia solidos (°Brix)	54.49
Sacarosa (%)	65.00
Cloruro de calcio (%)	2.54

Figura 17. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la ganancia de sólidos en deshidratación osmótica de tomate de árbol.

En la Figura 16 y 17, se presentan las gráficas de superficie de respuesta de ganancia de sólidos respecto a la concentración de sacarosa y cloruro de calcio para cocona y tomate de árbol respectivamente. Por tanto en la Figura 16, se aprecia que a menores concentraciones de sacarosa y cloruro de calcio hay menor ganancia de sólidos en cocona en la deshidratación osmótica (contorno de color azul), sin embargo a mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio hay mayor ganancia de sólidos (contorno de color anaranjado), por ello la ganancia máxima de sólidos óptima es 59.63°Brix a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00% en la cocona como se aprecia en la Figura 16. De la misma manera en la Figura 17, se aprecia que a menores concentraciones de sacarosa y cloruro de calcio hay menor ganancia de sólidos en tomate de árbol en la deshidratación osmótica (contorno de color azul y celeste), sin embargo a mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio hay mayor ganancia de sólidos (color amarillo verdoso), por ello la pérdida máxima de masa óptima es 54.49°Brix a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 2.54% en tomate de árbol como se aprecia en la Figura 17.

Se puede observar en la Figura 16 y 17, las velocidades de difusión de sólidos tienden a disminuir o aumentar según la concentración de la solución osmótica, esto debido a la reducción en la gradiente de concentraciones y a la impregnación de sólidos solubles en la pared celular del tejido vegetal, que se presenta a causa de la rápida pérdida de agua en las primeras capas celulares, especialmente durante el proceso, que junto con la disminución del tamaño de los poros y la entrada de solución osmótica que ocasiona la obstrucción de los mismos. En estas condiciones los fenómenos difusionales quedan impedidos y las osmóticas célula-solución osmótica se vuelven muy lentos según indica Fito y Chiralt, (1997).

También se puede observarse en la Figura 16, el tomate de árbol tiene mayor contenido de sólidos solubles, por ello necesita una menor fuerza impulsora en la deshidratación osmótica para la ganancia de sólidos; mientras que la cocona tiene una porosidad más alta, lo cual facilita la difusión de las diferentes sustancias como se aprecia en la Figura 17, esto a que la cocona posee una pared celular más rígida, debido al alto contenido de lignina y celulosa (Kurz *et al.*, 2008), que produce una mayor velocidad de plasmólisis en comparación con lo ocurre en tomate de árbol con una pared celular más elástica.

Como consecuencia la cocona pierde más agua e incorpora más sólidos solubles que el tomate de árbol, considerando condiciones de procesamiento similares.

Según Cornejo y Núñez, (2000) la pérdida de agua produce un encogimiento del producto. Si el encogimiento es más lento se genera una mayor absorción de sólidos. Si este es más rápido se produce una mejor deshidratación osmótica de la fruta.

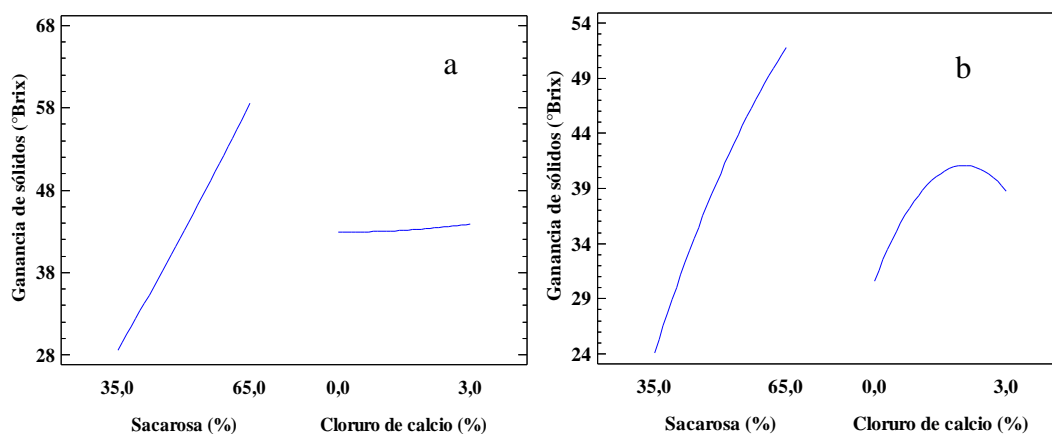


Figura 18. Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la ganancia de sólidos en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 16 y 18a, se estima que la sacarosa posee un efecto lineal positivo y el cloruro de calcio posee un efecto lineal en ganancia de sólidos en la deshidratación osmótica de cocona, por lo que presenta que la ganancia de sólidos es mayor cuando se somete a una solución osmótica de mayor concentración de sacarosa siendo 65.00% y cloruro de calcio a 3.00% como se aprecia en la Figura 18a. Sin embargo para el tomate de árbol, la sacarosa presenta un efecto lineal, por lo cual a mayor concentración de sacarosa siendo 65.00% hay mayor ganancia de sólidos en la deshidratación osmótica y para el factor cloruro de calcio presenta un efecto cuadrático negativo, por ello al agregar a un punto máximo siendo 2.54% hay mayor pérdida de masa, luego empieza a perder menos masa, como se aprecia en la Figura 17 y 18b (Kowalska y Lenart, 2001).

En la Tabla I del Anexo 6, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la ganancia de sólidos en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por lo que se muestra que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) para la concentración de sacarosa, esto implica que el factor de concentración de sacarosa es

dependiente en la ganancia de sólidos en la deshidratación osmótica; en cambio no existe diferencia significativa ($P>0.05$) para el factor cloruro de calcio, en el efecto cuadrático de sacarosa, en la interacción de sacarosa con cloruro de calcio y en el efecto cuadrático de cloruro de calcio, porque estos son independientes en la ganancia de sólidos en la deshidratación osmótica, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 99.34% del modelo, con lo que su confiabilidad es alta.

En la Tabla II del Anexo 6, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la ganancia de sólidos en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, muestra que existe diferencia altamente significativa ($P<0.01$) para el factor de concentración de sacarosa y cloruro de calcio, en el efecto cuadrático de sacarosa, esto implica que estos factores son dependientes en la ganancia de sólidos en la deshidratación osmótica; sin embargo en el efecto cuadrático de sacarosa y en la interacción de sacarosa con el cloruro de calcio no existe diferencia significativa ($P>0.05$), porque estos son independientes en la ganancia de sólidos en la deshidratación osmótica, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 97.89% del modelo, con lo que su confiabilidad es alta.

4.2.3. Pérdida de volumen en cocona y tomate de árbol en la deshidratación osmótica

En la Tabla II y IV del Anexo 4, se reportan los valores de pérdida de volumen de los trece diferentes tratamientos de cocona y tomate de árbol después de ser osmodeshidratados.

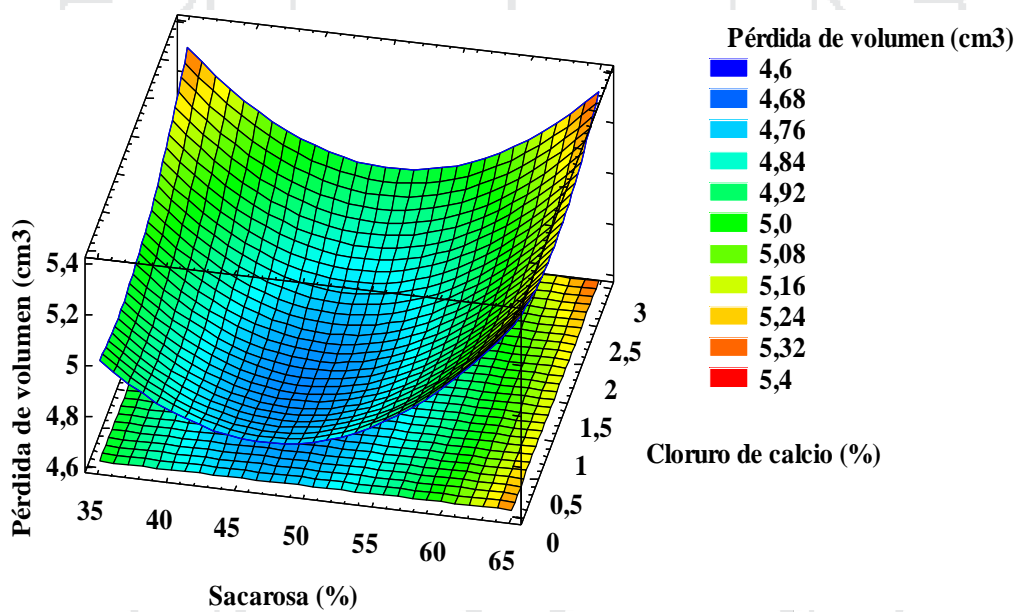
Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del diseño compuesto central propuesto en escala codificada para pérdida de volumen en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 19 y 20.

Se puede apreciar de las ecuaciones que la pérdida de volumen en cocona disminuye, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta=-0.16$) e incrementa la pérdida de volumen a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta=0.05$) de deshidratación implicado. De la misma manera para la pérdida de volumen en tomate de árbol disminuye,

cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta=-0.08$) y a mayor concentración de cloruro de calcio ($\beta=-0.80$), igual comportamiento fue señalado por Rastogi y Raghavarao (1994).

Parámetros óptimos respecto a la pérdida de volumen, se determinó la pérdida máxima de volumen, siendo para cocona con un valor óptimo de 5.35 cm^3 a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00% como se observa en la Figura 19. De igual manera para tomate de árbol siendo con un valor óptimo en pérdida máxima de volumen es 3.32 cm^3 a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00%, tal como se observa en la Figura 20.

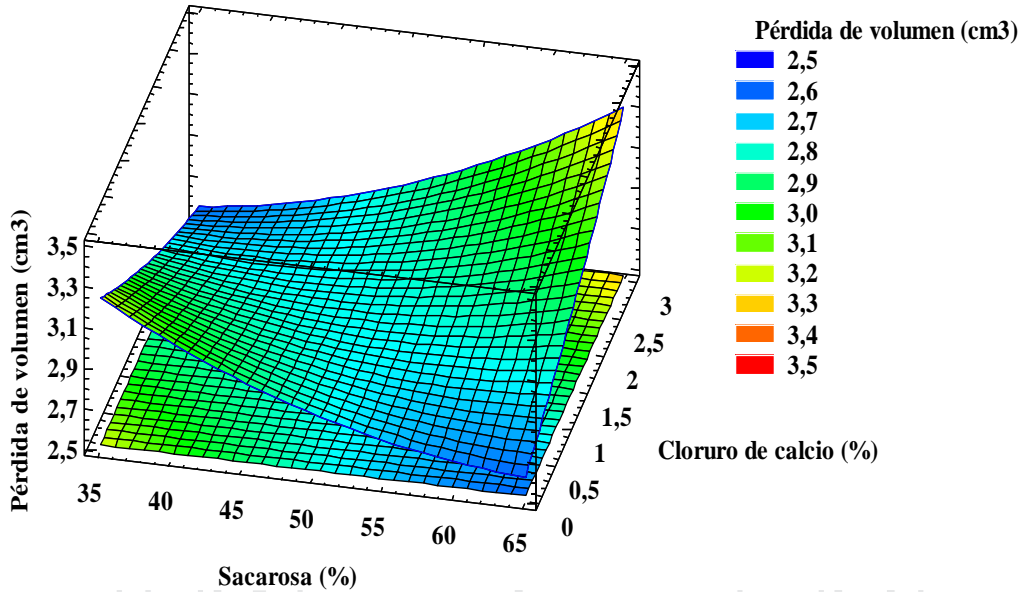
$$\text{Pérdida de volumen Cocona (cm}^3\text{)} = 8.56005 - 0.162361*S + 0.0477459*CaCl_2 + 0.00173071*S^2 - 0.00335974*S*CaCl_2 + 0.0599601*CaCl_2^2.$$



	Valor óptimo de cocona
Pérdida de volumen (cm ³)	5.35
Sacarosa (%)	65.00
Cloruro de calcio (%)	3.00

Figura 19. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de volumen en deshidratación osmótica de cocona.

Pérdida de volumen Tomate de árbol (cm³) = 5.2501 – 0.0780091*S – 0.80008*CaCl₂ + 0.000570833*S² + 0.0151522*S*CaCl₂ + 0.01975*CaCl₂².



	Valor óptimo en tomate de árbol
Pérdida de volumen (cm ³)	3.32
Sacarosa (%)	65.00
Cloruro de calcio (%)	3.00

Figura 20. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de volumen en la deshidratación osmótica de tomate de árbol.

En la Figura 19 y 20, se presentan las gráficas de superficie de respuesta de pérdida de volumen respecto a la concentración de sacarosa y cloruro de calcio para cocona y tomate de árbol respectivamente. Por tanto en la Figura 19, se aprecia que a menores y mayores concentraciones de sacarosa y cloruro de calcio hay pérdida de volumen considerables (contorno de color celeste, verde y amarillo), en cambio al someter a concentraciones de 45.00-55.00% de sacarosa más el 0.00-2.50% de cloruro de calcio hay menor pérdida de volumen, esto es debido a que hubo más relajación celular del tejido vegetal de cocona en la deshidratación osmótica (contorno de color azul), sin embargo a mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio hay mayor pérdida de volumen (contorno de color anaranjado oscura), por ello la pérdida máxima de volumen óptima es 5.35 cm³ a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00% en la cocona como se aprecia en la Figura 19.

Sin embargo en la Figura 20, se aprecia que a menor concentración de sacarosa y mayor concentración de cloruro de calcio y viceversa ocurre menor pérdida de volumen en tomate de árbol en la deshidratación osmótica (contorno de color azul y celeste), sin embargo a menor concentración de sacarosa y menor concentración de cloruro de calcio y viceversa hay una pérdida de volumen considerable (contorno de color verde), en cambio a mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio hay mayor pérdida de volumen esto debido a que hay mayor fuerza impulsora sobre el tejido vegetal, por ello la pérdida máxima de volumen óptima es 3.32 cm^3 a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00% en tomate de árbol como se aprecia en la Figura 20.

La pérdida de volumen de la muestra es debida a la salida de agua durante la operación conlleva una acumulación de energía en las paredes celulares y al mismo tiempo una deformación de las mismas. La energía acumulada se libera una vez alcanzado el equilibrio composicional entre la fase líquida del alimento y la fase líquida de la disolución osmótica. La relajación estructural que produce la liberación de la energía acumulada va acompañada de la entrada masiva de líquido exterior, así como de la sustitución del gas por solución osmótica, lo cual produce un aumento de volumen de las muestras, y con ello, un aumento de la masa de las mismas como se aprecia en la Figura 19 (Barat, 1997).

Estas observaciones en la Figura 20, concuerdan con las de los autores Mauro y Menegalli 2003; Sablani, *et al.*, 2002 que sostienen que los elementos que integran la estructura celular (pared, plasmalema y tonoplastos) se deforman debido a la disminución del líquido intracelular (citoplasma y vacuolas). La célula pasa de un estado de turgencia, máximo volumen a uno de mínimo volumen, después de perder agua y posteriormente la pared celular se relaja.

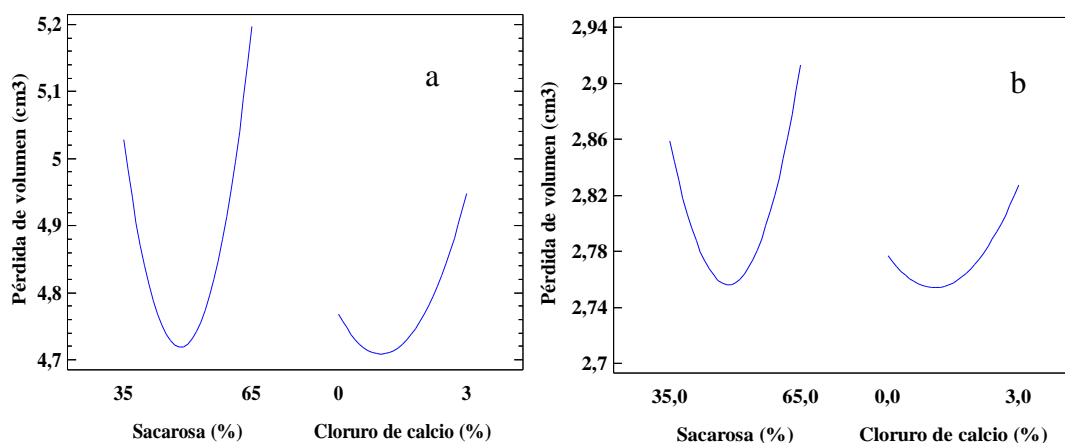


Figura 21. Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de volumen en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 19 y 21a, se estima que para la sacarosa posee un efecto cuadrático negativo y cloruro de calcio posee un efecto cuadrático en pérdida de volumen en la deshidratación de cocona, por lo que presenta que la pérdida de volumen es mayor cuando se somete a una solución osmótica más concentrada de sacarosa a 65.00% y cloruro de calcio a 3.00% esto para la cocona, de la misma manera para el tomate de árbol en la sacarosa y cloruro de calcio posee un efecto cuadrático negativo, por lo cual ocurre mayor pérdida de volumen como se aprecia en la Figura 20 y 21b, puesto que a concentraciones bajas de sacarosa entre 35.00-55.00% y cloruro de calcio de 0.00-1.60% la pérdida de volumen no es tan mayor en la deshidratación osmótica, esto debido a la relajación del tejido vegetal como se aprecia en la Figura 21a y 21b (Kowalska y Lenart, 2001).

En la Tabla I del Anexo 7, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la pérdida de volumen en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por lo que se muestra que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) para el efecto cuadrático de sacarosa, esto implica que el factor cuadrático de concentración de sacarosa es dependiente en la pérdida de volumen en la deshidratación osmótica; en cambio no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) para el factor sacarosa, cloruro de calcio, en la interacción de sacarosa con cloruro de calcio y en el efecto cuadrático de cloruro de calcio, porque estos son independientes en la pérdida de volumen durante la deshidratación osmótica, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 76.08% del modelo, con lo que es confiabilidad.

En la Tabla II del Anexo 7, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la pérdida de volumen en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, muestra que no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) para el factor de concentración de sacarosa, cloruro de calcio, en el efecto cuadrático de sacarosa, en la interacción de sacarosa con el cloruro de calcio y en el efecto cuadrático de sacarosa, porque estos son independientes en la pérdida de volumen en la deshidratación osmótica, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 26.34% del modelo, con lo que su confiabilidad es muy baja.

4.2.4. Pérdida de Aw en cocona y tomate de árbol en deshidratación osmótica

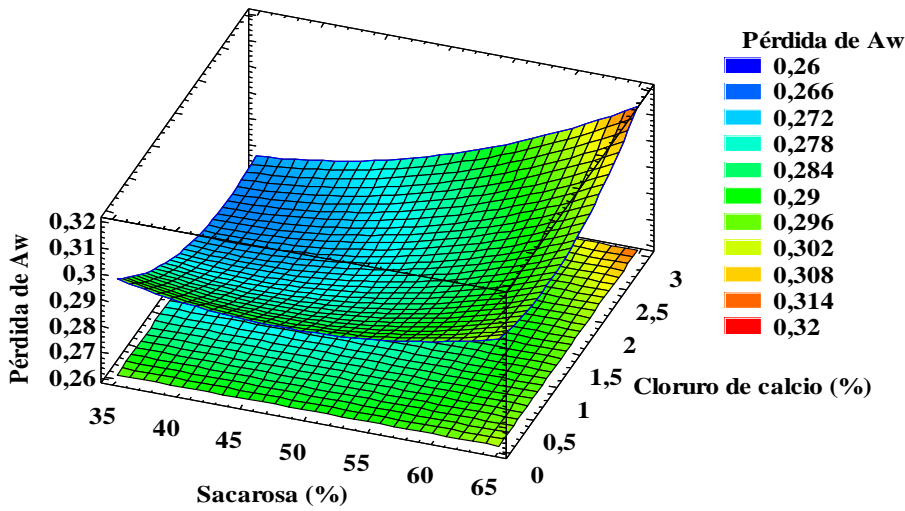
En la Tabla II y IV del Anexo 4, se reportan los valores de pérdida de Aw de los trece diferentes tratamientos de cocona y tomate de árbol después de ser deshidratados osmóticamente.

Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del diseño compuesto central propuesto en escala codificada para pérdida de Aw en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 22 y 23.

Se puede apreciar de las ecuaciones que la pérdida de Aw en cocona disminuye, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta = -0.004$) y a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta = -0.04$) de deshidratación implicado. Sin embargo para la pérdida de Aw en tomate de árbol incrementa, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta = 0.01$) y a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta = 0.001$), igual comportamiento fue señalado por Rastogi y Raghavarao (1994).

Parámetros óptimos respecto a la pérdida de Aw, se determinó la pérdida máxima de Aw, siendo para cocona con un valor óptimo de 0,31 a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00% como de observa en la Figura 22. De igual manera para tomate de árbol siendo con un valor óptimo en pérdida máxima de Aw es 0.31 a una concentración de 59,88% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00%, tal como de observa en la Figura 23.

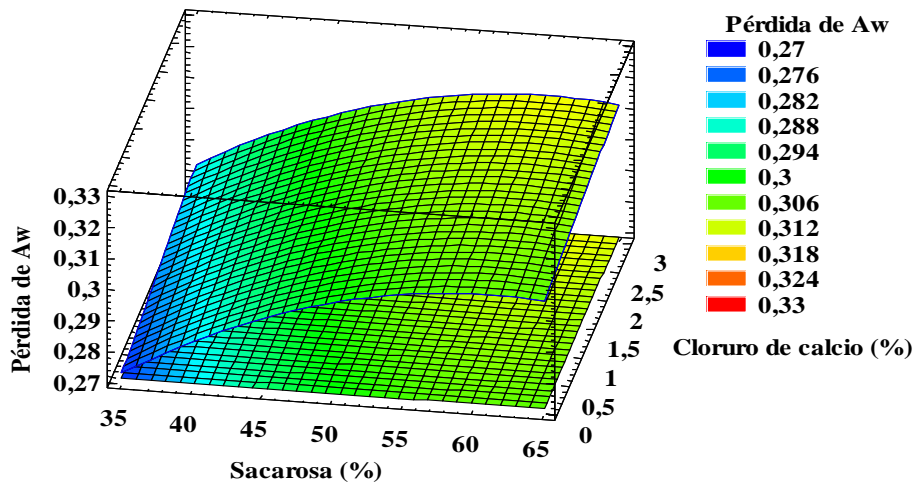
$$\text{Pérdida de Aw}_{\text{Cocona}} = 0.380938 - 0.00377665*S - 0.0407554*CaCl_2 + 0.0000391497*S^2 + 0.000467248*S*CaCl_2 + 0.00502608*CaCl_2^2.$$



	Valor óptimo de cocona
Pérdida de Aw	0.31
Sacarosa (%)	65.00
Cloruro de calcio (%)	3.00

Figura 22. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de Aw en deshidratación osmótica de cocona.

$$\text{Pérdida de Aw}_{\text{Tomate de árbol}} = 0.122508 + 0.00597097*S + 0.00554605*CaCl_2 - 0.0000487447*S^2 - 0.0000444998*S*CaCl_2 + 0.0000144174*CaCl_2^2.$$



	Valor óptimo en tomate de árbol
Pérdida de Aw	0.31
Sacarosa (%)	59.88
Cloruro de calcio (%)	3.00

Figura 23. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de Aw en deshidratación osmótica de tomate de árbol.

En la Figura 22 y 23, se presentan las gráficas de superficie de respuesta de pérdida de A_w respecto a la concentración de sacarosa y cloruro de calcio para cocona y tomate de árbol respectivamente. Por tanto en la Figura 22, se aprecia que a menores y mayores concentraciones de sacarosa y mayores concentraciones de cloruro de calcio hay menor pérdida de A_w (contorno de color azul y celeste), en cambio al someter a mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio hay mayor pérdida de A_w (contorno de color amarillo y anaranjado), por ello la pérdida máxima de A_w óptima es 0.31 a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00% en la cocona como se aprecia en la Figura 22.

Sin embargo en la Figura 23, se aprecia que a menor concentración de sacarosa y cloruro de calcio ocurre menor pérdida de A_w en tomate de árbol en la deshidratación osmótica (contorno de color azul y celeste), en cambio a mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio hay mayor pérdida de A_w , esto debido a que hay mayor fuerza impulsora sobre el tejido vegetal, por ello la pérdida máxima de A_w óptima es 0.31 a una concentración de 59.88% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00% en tomate de árbol como se aprecia en la Figura 23.

En la Figura 22 y 23, se muestra la gráfica de superficie de respuesta de la pérdida de A_w de las rodajas de cocona sometidas a la deshidratación osmótica, por tanto a mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio hay mayor pérdida de A_w , esto implica que el tejido celular es sometido a condiciones de estrés osmótico por contacto con una disolución concentrada, se producen variaciones de A_w , como resultado de la salida de agua, la entrada de solutos y posibles intercambios de disolución, cuya magnitud dependerá de la concentración de la disolución externa y la respuesta estructural del tejido vegetal según indica Fito y Chiralt, (1997).

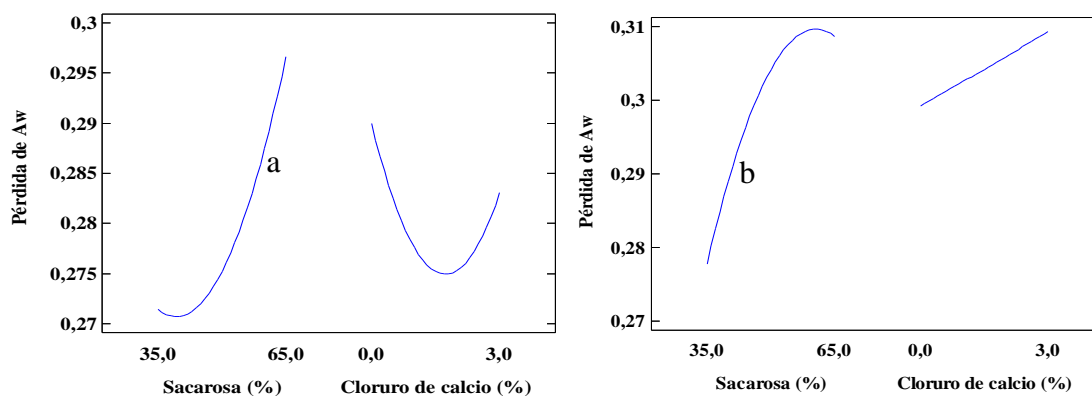


Figura 24. Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la pérdida de Aw en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 22 y 24a, se estima que la sacarosa posee un efecto cuadrático positivo y para el cloruro de calcio posee un efecto cuadrático en pérdida de Aw en la deshidratación de cocona, por lo que presenta que la pérdida de Aw es mayor cuando se somete a una solución osmótica más concentrada de sacarosa a 65.00% y cloruro de calcio se aprecia que al agregar a un punto máximo siendo 3.00% para cocona. Sin embargo para el tomate de árbol la sacarosa presenta un efecto lineal y para cloruro de calcio posee un efecto cuadrático positivo por ello ocurre mayor pérdida de Aw al someter a una solución osmótica de mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio como se aprecia en la Figura 23 y 24b (Kowalska y Lenart, 2001).

En la Tabla I del Anexo 8, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la pérdida de Aw en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por lo que se muestra que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) para el factor sacarosa, en el efecto cuadrático de sacarosa y en el efecto cuadrático de cloruro de calcio, esto implica que estos factores son dependientes en la pérdida de Aw deshidratación osmótica; en cambio no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) para el cloruro de calcio y en la interacción de sacarosa con cloruro de calcio, porque estos son independientes en la pérdida de Aw durante la deshidratación osmótica, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 87,81% del modelo, con lo que es confiable.

En la Tabla II del Anexo 8, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la pérdida de Aw en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de

confianza del 95%, muestra que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) para el factor sacarosa, por ello este factor es dependiente en la pérdida de A_w , sin embargo no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) para el factor cloruro de calcio, en el efecto cuadrático de sacarosa, en la interacción de sacarosa con el cloruro de calcio y en el efecto cuadrático de sacarosa, porque estos son independientes en la pérdida de A_w en la deshidratación osmótica, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 60,29% del modelo, con lo que su confiable.

4.2.5. Valores de descriptores estadísticos de textura mediante análisis de imagen en deshidratación osmótica de cocona y tomate de árbol

Los valores en las características de textura se evaluaron de acuerdo a la variación de la escala de grises de las imágenes de la cocona y tomate árbol sometidos a trece diferentes tratamientos en deshidratación osmótica, estudiadas en tiempo inicial y a 720 minutos después del proceso a través de la evaluación del Segundo Momento Angular (ASM) y Entropía (ET) como descriptores estadísticos de análisis de textura. Como también podemos apreciar las imágenes en la Figura I y II del Anexo 13, en las rodajas de cocona y tomate de árbol la influencia de textura para los factores óptimos.

4.2.5.1. Segundo Momento Angular para cocona y tomate de árbol en la deshidratación osmótica

En la Tabla II y IV del Anexo 4, se reportan los valores de Segundo Momento angular de los trece diferentes tratamientos de cocona y tomate de árbol después de ser osmodeshidratados.

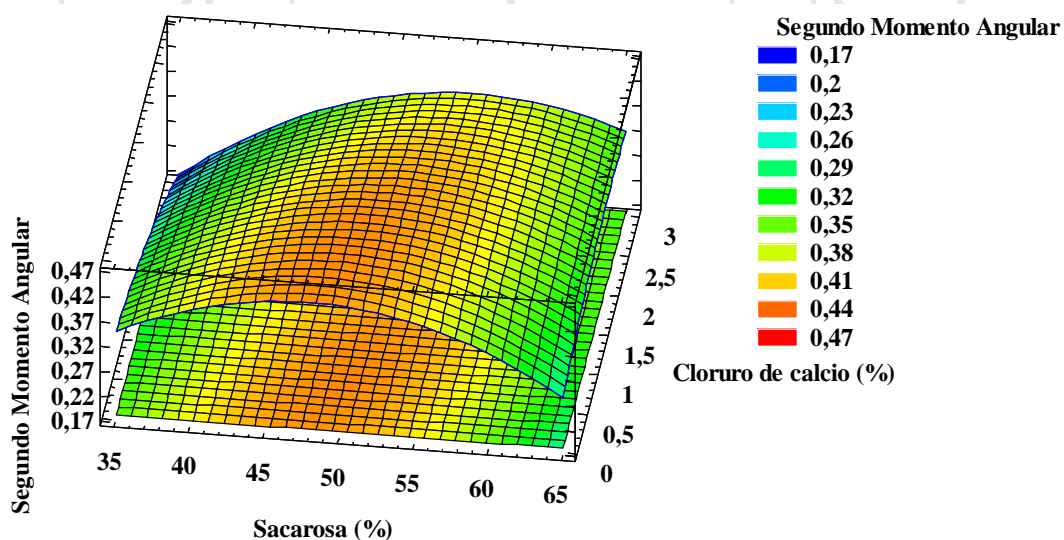
Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del diseño compuesto central propuesto en escala codificada para valores de ASM en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 25 y 26.

Se puede apreciar de las ecuaciones que los valores de ASM no disminuyen a mayor escala en cocona, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta = 0.05$) y disminuyen los valores de ASM a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta = -0.11$) de deshidratación implicado. Sin embargo para el tomate de árbol los valores de ASM

disminuyen a mayor escala, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta=-0.02$) y a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta=-0.11$), igual comportamiento fue señalado por Gadkari (2004).

Los parámetros óptimos respecto a los valores de ASM, se determinó la disminución máxima de ASM, siendo para cocona con un valor óptimo de 0.43 a una concentración de 49.36% de sacarosa y cloruro de calcio a 0.63% como de observa en la Figura 25. De igual manera para tomate de árbol siendo con un valor óptimo en disminución máxima de ASM es 0.21 a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00%, tal como de observa en la Figura 26.

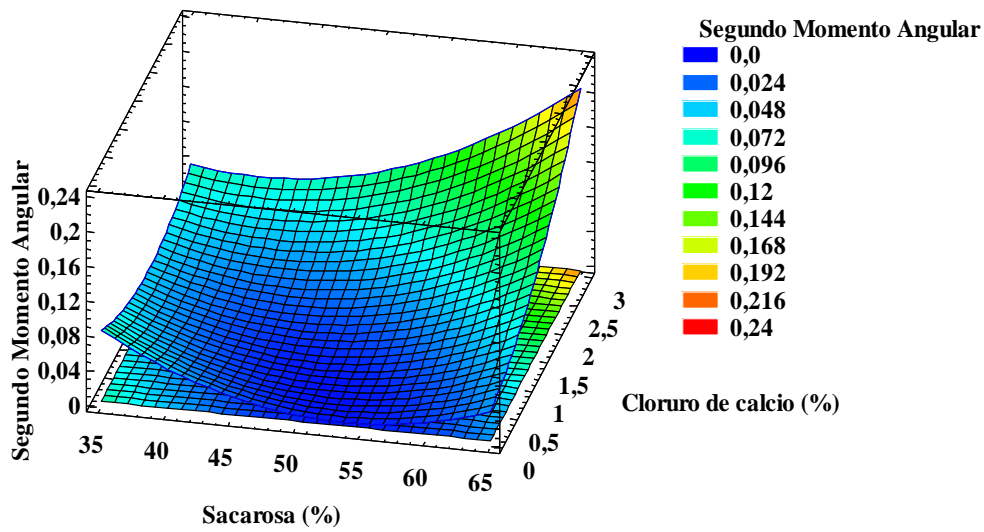
Segundo Momento Angular $Cocona = -0.70441 + 0.0499357*S - 0.107429*CaCl_2 - 0.000521498*S^2 + 0.00244749*S* CaCl_2 - 0.0105943* CaCl_2^2$.



	Valor óptimo de cocona
ASM	0.43
Sacarosa (%)	49.36
Cloruro de calcio (%)	0.63

Figura 25. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de ASM en deshidratación osmótica de cocona.

Segundo Momento Angular Tomate de árbol = $0.654203 - 0.0242546 * S - 0.115843 * CaCl_2 + 0.000226174 * S^2 + 0.00202474 * S * CaCl_2 + 0.0143952 * CaCl_2^2$.



	Valor óptimo en tomate de árbol
ASM	0.21
Sacarosa (%)	65.00
Cloruro de calcio (%)	3.00

Figura 26. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de ASM en deshidratación osmótica de tomate de árbol.

En la Figura 25 y 26, se presentan las gráficas de superficie de respuesta de la disminución de los valores de ASM respecto a la concentración de sacarosa y cloruro de calcio para cocona y tomate de árbol respectivamente. Por tanto en la Figura 25, se aprecia que a menores y mayores concentraciones de sacarosa y mayores concentraciones de cloruro de calcio hay menor disminución de los valores de ASM (contorno de color azul, celeste y verde), en cambio al someter a una concentración intermedia de sacarosa y menor concentración de cloruro de calcio hay mayor disminución de los valores de ASM (contorno de color anaranjado oscuro), por ello la disminución máxima de ASM óptima es 0.43 a una concentración de 49,36% de sacarosa y cloruro de calcio a 0.63% en la cocona como se aprecia en la Figura 25 (Flores, 2007).

Sin embargo en la Figura 26, se aprecia que a menor concentración de sacarosa y cloruro de calcio ocurre menor disminución de ASM en tomate de árbol en la deshidratación osmótica (contorno de color azul y celeste), en cambio a mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio hay mayor disminución de ASM (contorno de color anaranjado

oscuro), esto debido a que hay mayor fuerza impulsora sobre el tejido vegetal, por ello la disminución máxima de ASM óptima es 0.21 a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00% en tomate de árbol como se aprecia en la Figura 26.

En la Figura 25 y 26, las rodajas de cocona y tomate de árbol presentan mayor rugosidad en su textura a mayores concentraciones de solución osmótica, está dependiendo del tejido vegetal, esto debido a la pérdida de agua en sus sacos intercelulares de producto, esto coincide con lo afirmado por Gadkari (2004), quien señala que una probable disminución del Segundo Momento Angular en la deshidratación osmótica se deben a la desintegración de la estructura estudiada por la presión osmótica.

Considerando que el concepto de Segundo Momento Angular está relacionada a la Uniformidad (Haralick y Shanmugam, 1973); la evaluación de este parámetro en la deshidratación osmótica de las rodajas de coconas sometidas a diferentes tratamientos están relacionadas a los procesos de transferencia de masa, transferencia de calor al interior de la estructura de las rodajas y una presión osmótica. La transferencia de masa comienza siempre desde la superficie de las rodajas, transcurriendo de lugar de mayor concentración (solución osmótica) a menor concentración (contenido de agua del producto) difundándose en la estructura de las rodajas de cocona a medida que transcurre el tiempo. La transferencia de calor siempre inicia desde los extremos del producto hacía el interior de la estructura, ello facilitando la inmersión de la solución osmótica al interior de la estructura del producto ejerciendo una presión osmótica.

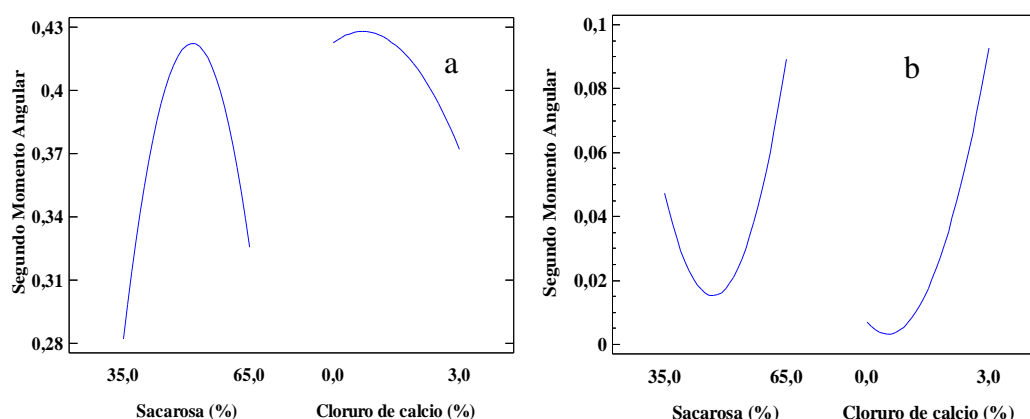


Figura 27. Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de ASM en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 25 y 27a, se estima que la sacarosa posee un efecto cuadrático negativo y cloruro de calcio un efecto cuadrático negativo en disminución de ASM en la deshidratación de cocona, por lo que presenta que la disminución de ASM es mayor cuando se somete a una solución osmótica concentrada de sacarosa a 49.36% y cloruro de calcio se aprecia que al agregar a un punto máximo siendo 0.63% para cocona, puesto mayores concentraciones a ello disminuyen su ASM debido a la saturación en los poros parenquimáticos del tejido vegetal de la cocona, sin embargo para el tomate de árbol la sacarosa y cloruro de calcio presenta un efecto cuadrático, por ello ocurre mayor disminución de ASM al someter a una solución osmótica de mayor concentración de sacarosa siendo 65.00% y cloruro de calcio a 3.00% como se aprecia en la Figura 26 y 27b (Haralick y Shanmugam, 1973).

En la Tabla I del Anexo 9, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la disminución de ASM en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por lo que se muestra que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) para el efecto cuadrático de sacarosa, esto implica que el factor cuadrático de concentración de sacarosa es dependiente en la disminución de ASM en la deshidratación osmótica; en cambio no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) para el factor sacarosa, cloruro de calcio, en la interacción de sacarosa con cloruro de calcio y en el efecto cuadrático de cloruro de calcio, porque estos son independientes en la disminución de ASM en la deshidratación osmótica, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 86.63% del modelo, con lo que es confiable.

En la Tabla II del Anexo 9, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la disminución de ASM en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, muestra que existe diferencia significativa para el factor cloruro de calcio ($P < 0.05$) por ello este factor es dependiente en la disminución de ASM en la deshidratación osmótica, sin embargo no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) para el factor de concentración de sacarosa, en el efecto cuadrático de sacarosa, en la interacción de sacarosa con el cloruro de calcio y en el efecto cuadrático de cloruro de calcio, porque estos son independientes en la disminución de ASM en la deshidratación osmótica, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 72.75% del modelo, con lo que su confiable.

4.2.5.2. Entropía para cocona y tomate de árbol en la deshidratación osmótica

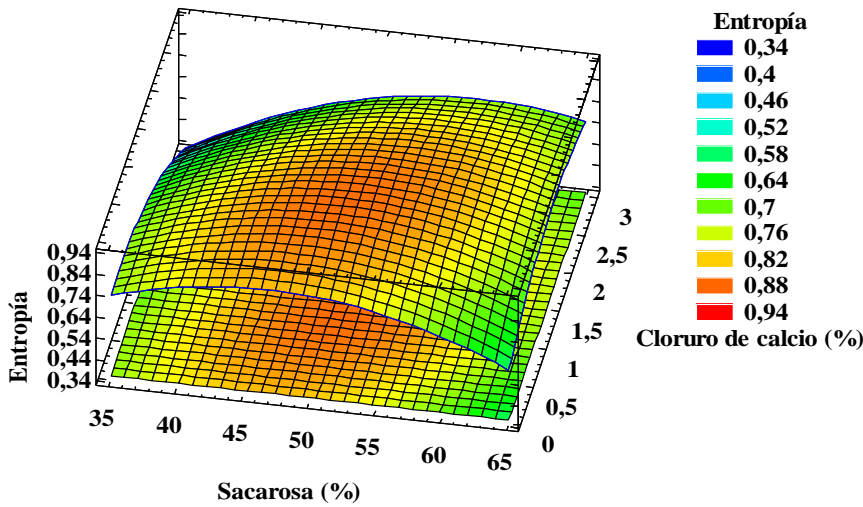
En la Tabla II y IV del Anexo 4, se reportan los valores de Entropía de los trece diferentes tratamientos de cocona y tomate de árbol después de ser osmodeshidratados.

Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del diseño compuesto central propuesto en escala codificada para valores de ET en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 28 y 29.

Se puede apreciar de las ecuaciones que los valores de ET no incrementan a mayor escala en cocona, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta=0.07$) e incrementa los valores de ET a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta=-0.15$) de deshidratación implicado. Sin embargo para el tomate de árbol los valores de ET incrementan a mayor escala, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta=-0.04$) y a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta=-0.84$), igual comportamiento fue señalado por Gadkari (2004).

Los parámetros óptimos respecto a los valores de ET, se determinó el incremento máxima de ET, siendo para cocona con un valor óptimo de 0.87 a una concentración de 50.63% de sacarosa y cloruro de calcio a 1.10% como de observa en la Figura 28. De igual manera para tomate de árbol siendo con un valor óptimo en el incremento máxima de ET es 1.05 a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00%, tal como de observa en la Figura 29.

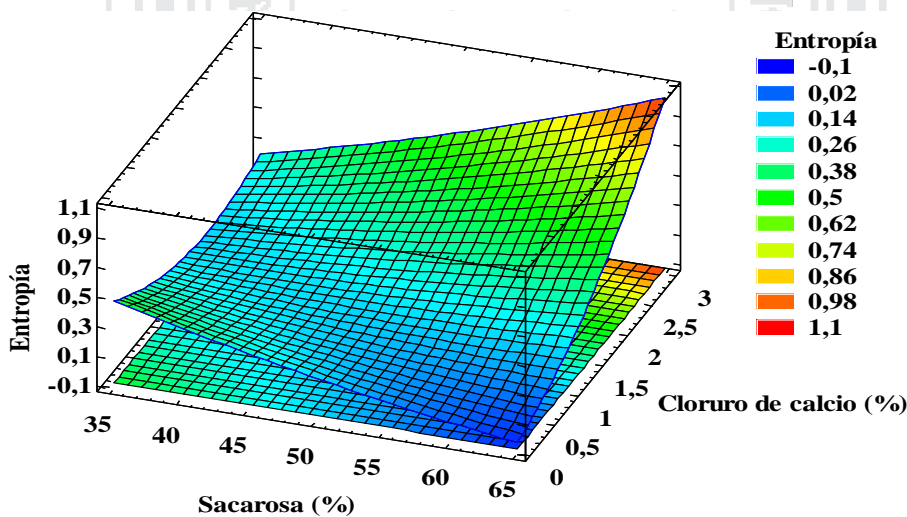
$$\text{Entropía}_{\text{Cocona}} = -0.864529 + 0.0719987*S - 0.153482* \text{CaCl}_2 - 0.000767672*S^2 + 0.00522873*S* \text{CaCl}_2 - 0.0507672* \text{CaCl}_2^2.$$



	Valor óptimo de cocona
ET	0.87
Sacarosa (%)	50.63
Cloruro de calcio (%)	1.10

Figura 28. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en el incremento de ET en deshidratación osmótica de cocona.

$$\text{Entropía}_{\text{Tomate de árbol}} = 1.49801 - 0.0366502*S - 0.836761* \text{CaCl}_2 + 0.000195389*S^2 + 0.0147739*S* \text{CaCl}_2 + 0.0822055* \text{CaCl}_2^2.$$



	Valor óptimo en tomate de árbol
ET	1.05
Sacarosa (%)	65.00
Cloruro de calcio (%)	3.00

Figura 29. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en el incremento de ET en deshidratación osmótica de tomate de árbol.

En la Figura 28 y 29, se presentan las gráficas de superficie de respuesta del incremento de los valores de ET respecto a la concentración de sacarosa y cloruro de calcio para cocona y tomate de árbol respectivamente. Por tanto en la Figura 28, se aprecia que a menores y mayores concentraciones de sacarosa y mayores concentraciones de cloruro de calcio hay menor incremento de los valores de ET (contorno de color verde y amarillo), en cambio al someter a una concentración intermedia de sacarosa y cloruro de calcio hay mayor incremento de los valores de ET (contorno de color anaranjado oscuro), por ello el incremento máxima de ET óptima es a 0.87 a una concentración de 50.63% de sacarosa y cloruro de calcio a 1.10% en la cocona como se aprecia en la Figura 28 (Haralick y Shanmugam, 1973).

Sin embargo en la Figura 29, se aprecia que a menor concentración de sacarosa y cloruro de calcio ocurre menor incremento de ET en tomate de árbol en la deshidratación osmótica (contorno de color azul y celeste), en cambio a mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio hay mayor incremento de ET (contorno de color anaranjado rojo), esto debido a que hay mayor fuerza impulsora sobre el tejido vegetal, por ello el incremento máxima de ET óptima es 1.05 a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00% en tomate de árbol como se aprecia en la Figura 29.

Esto implica que los valores mayores de Entropía presentan mayor desorden en la textura de las rodajas de cocona y tomate de árbol, esto debido pérdida de agua de las células endoplasmáticos, lo cual coincide con (Fernández *et al.*, 2005) la Entropía es una medida del desorden de una imagen, esto por la pérdida de la consistencia de la textura del alimento.

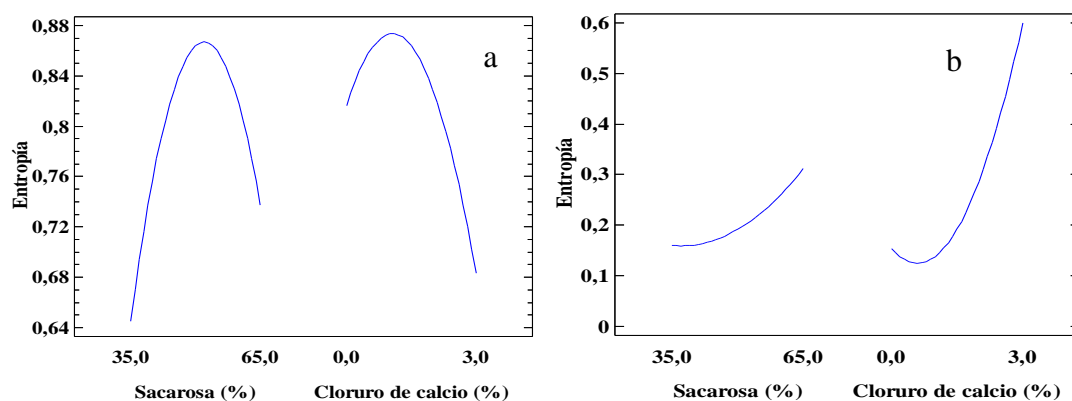


Figura 30. Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en el incremento de ET en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 28 y 30a, se estima que la sacarosa y cloruro de calcio posee un efecto cuadrático negativo en el incremento de ET en la deshidratación osmótica de cocona, por lo que presenta que el incremento de ET es mayor cuando se somete a una solución osmótica concentrada de sacarosa a 50.63% y cloruro de calcio se aprecia que al agregar a un punto máximo siendo 1.10% para cocona, puesto mayor a estas concentraciones los valores disminuyen debido a la saturación de solución osmótica en las paredes celulares. Sin embargo para el tomate de árbol la sacarosa y cloruro de calcio posee un efecto cuadrático positivo por lo que ocurre mayor incremento de ET al someter a una solución osmótica de mayor concentración de sacarosa siendo 65.00% y cloruro de calcio a 3.00% como se aprecia en la Figura 29 y 30b (Flores, 2007).

En la Tabla I del Anexo 10, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en el incremento de ET en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por lo que se muestra que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) para el efecto cuadrático de sacarosa, esto implica que el factor cuadrático de concentración de sacarosa es dependiente en el incremento de ET en la deshidratación osmótica; en cambio no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) para el factor sacarosa, cloruro de calcio, en la interacción de sacarosa con cloruro de calcio y en el efecto cuadrático de cloruro de calcio, porque estos son independientes en el incremento de ET en la deshidratación osmótica, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 68.31% del modelo, con lo que es confiable.

En la Tabla II del Anexo 10, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en el incremento de ET en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, muestra que no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) para el factor de concentración de sacarosa, cloruro de calcio, en el efecto cuadrático de sacarosa, en la interacción de sacarosa con el cloruro de calcio y en el efecto cuadrático de cloruro de calcio, porque estos son independientes en el incremento de ET en la deshidratación osmótica, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 53.47% del modelo, con lo que su confiable.

4.2.6. Valores de color en espacio HSL mediante análisis de imagen en deshidratación osmótica de cocona y tomate de árbol

En la Tabla II y IV del Anexo 4, se presentan los valores del modelo de color HSL de las rodajas de cocona estudiados en la deshidratación osmótica. Como también podemos apreciar las imágenes en la Figura III y IV del Anexo 13 en las rodajas de cocona y tomate de árbol la influencia de mejoría del color para los factores óptimos.

4.2.6.1. Tonalidad (H) en deshidratación osmótica de cocona y tomate de árbol

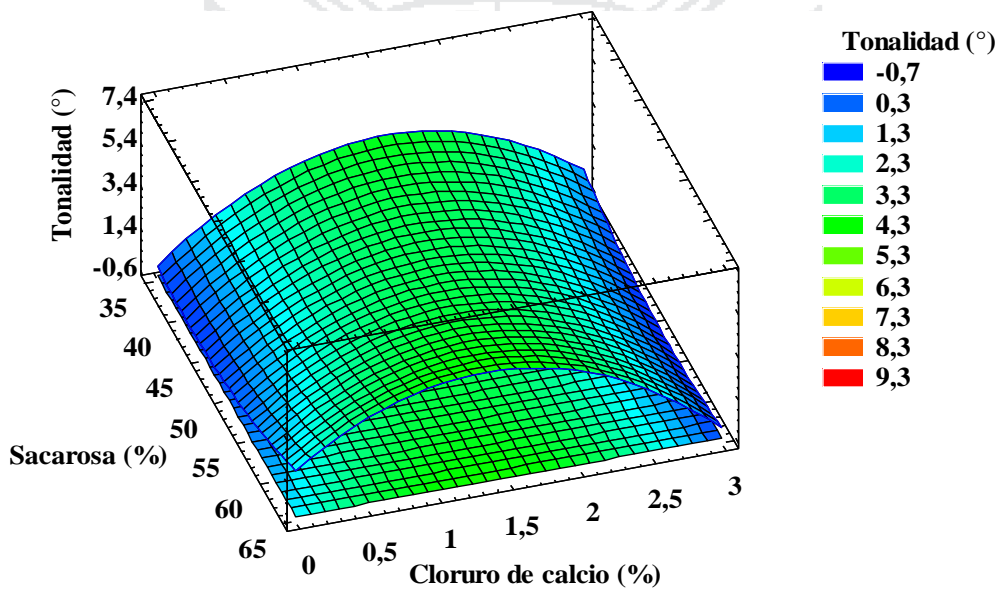
En la Tabla II y IV del Anexo 4, se reportan los valores de tonalidad de los trece diferentes tratamientos de cocona y tomate de árbol después de ser osmodeshidratados.

Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del diseño compuesto central propuesto en escala codificada para valores de tonalidad en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 31 y 32.

Se puede apreciar de las ecuaciones que los valores de tonalidad disminuyen a mayor escala en cocona, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta = -0.29$) y no disminuyen los valores de tonalidad a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta = 6.24$) de deshidratación implicado. Sin embargo para el tomate de árbol los valores de tonalidad disminuyen a mayor escala, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta = -0.46$) y no disminuyen los valores de tonalidad a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta = 2.23$), igual comportamiento fue señalado por Chiralt y Talens, (2005).

Los parámetros óptimos respecto a los valores de tonalidad, se determinó la disminución máxima de tonalidad, siendo para cocona con un valor óptimo de 4,50° a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 1.33% como de observa en la Figura 31. De igual manera para tomate de árbol siendo con un valor óptimo en disminución máxima de tonalidad es 4.26° a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 2.13%, tal como de observa en la Figura 32.

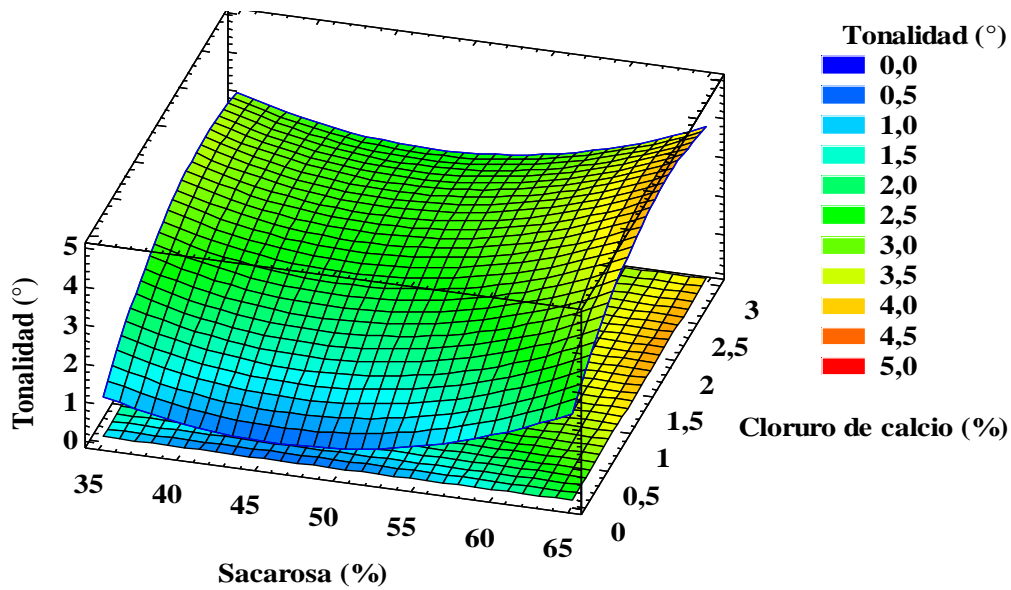
$$\text{Tonalidad}_{\text{Cocona}} (^{\circ}) = 5.72662 - 0.290324*S + 6.23621* \text{CaCl}_2 + 0.00348083*S^2 - 0.0281016*S* \text{CaCl}_2 - 1.65436* \text{CaCl}_2^2.$$



	Valor óptimo de cocona
Tonalidad (°)	4.50
Sacarosa (%)	65.00
Cloruro de calcio (%)	1.33

Figura 31. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de tonalidad en deshidratación osmótica de cocona.

$$\text{Tonalidad Tomate de árbol } (^\circ) = 10.9913 - 0.458634 * S + 2.23144 * \text{CaCl}_2 + 0.00498379 * S^2 - 0.00502848 * S * \text{CaCl}_2 - 0.448065 * \text{CaCl}_2^2.$$



	Valor óptimo en tomate de árbol
Tonalidad (°)	4.26
Sacarosa (%)	65.00
Cloruro de calcio (%)	2.13

Figura 32. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de tonalidad en deshidratación osmótica de tomate de árbol.

En la Figura 31 y 32, se presentan las gráficas de superficie de respuesta de la disminución de los valores de tonalidad respecto a la concentración de sacarosa y cloruro de calcio para cocona y tomate de árbol respectivamente. Por tanto en la Figura 31, se aprecia que a concentraciones de sacarosa y a menores o mayores concentraciones de cloruro de calcio hay menor disminución de los valores de tonalidad (contorno de color azul y celeste), en cambio al someter a una concentración mayor de sacarosa y a una concentración intermedia de cloruro de calcio hay mayor disminución de tonalidad (contorno de color verde), por ello la disminución máxima de tonalidad óptima es 4.50° a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 1.33% en la cocona como se aprecia en la Figura 31 (Flores, 2007).

Sin embargo en la Figura 32, se aprecia que a menor concentración de sacarosa y cloruro de calcio ocurre menor disminución de tonalidad en tomate de árbol en la deshidratación osmótica (contorno de color azul y celeste), en cambio a mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio hay mayor disminución de tonalidad (contorno de color anaranjado

oscuro), esto debido a que hay mayor dispersión y homogenización de pigmentos sobre el tejido vegetal, por ello la disminución máxima de tonalidad óptima es 4.16° a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 2.13% en tomate de árbol como se aprecia en la Figura 32 (Chiralt y Talens, 2005).

Este comportamiento de la disminución de la tonalidad, es debido a la predominante de algunos colores blancos presentes y con la impregnación de la coloración de la solución osmótica Medina *et al.*, (2010b). Algunos autores (Chiralt y Talens, 2005) han demostrado que no hay una variación relevante de los valores de tonalidad asociada a los cambios en la translucidez de frutas.

Los cambios de color están asociados principalmente con la dispersión de los pigmentos del producto. Los cambios observados podrían atribuirse la sacarosa a un efecto mejorador de color (Guerrero-Beltrán, *et al.*, 2005).

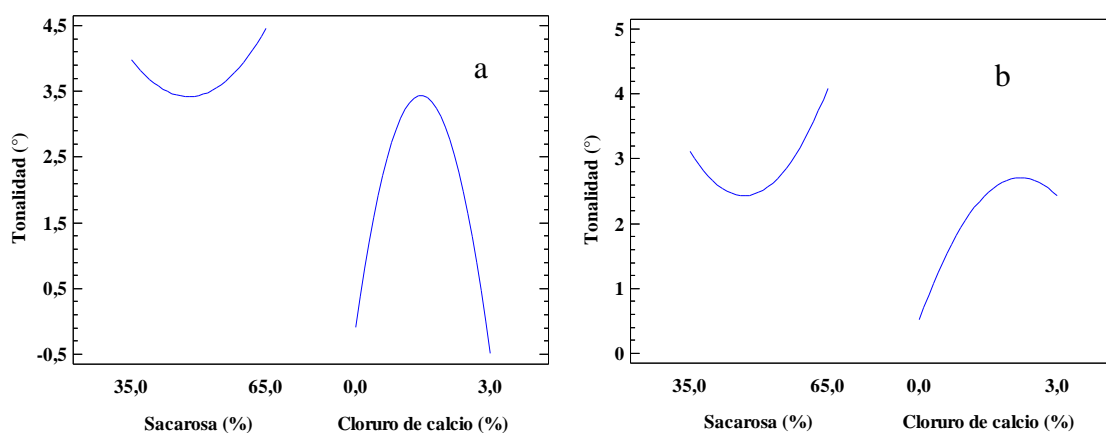


Figura 33. Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de tonalidad en la deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 31 y 33a, se estima que la concentración de sacarosa posee un efecto cuadrático y cloruro de calcio posee un efecto cuadrático negativo en disminución de tonalidad en la deshidratación osmótica de cocona, por lo que presenta mayor disminución de tonalidad al someter a una concentración de 65.00% de sacarosa y 1.33% de cloruro de calcio, luego de esta presenta un declive, las rodajas de cocona dejan de disminuir la tonalidad, esto debido a que los pigmentos se pierden por el arrastre del contenido de agua expulsado del interior al exterior del tejido vegetal, provocando este

declive para cloruro de calcio. En cambio en la Figura 32 y 33b, se aprecia que la sacarosa y cloruro de calcio posee un efecto cuadrático, esto al someter a mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio presentan mayor disminución de tonalidad en tomate de árbol siendo a una concentración de 65.00% de sacarosa y 2.13% de cloruro de calcio (Flores, 2007).

En la Tabla I del Anexo 11, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la disminución de tonalidad en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra que no existe diferencia significativa ($p>0.05$) para el factor de sacarosa, cloruro de calcio, en el efecto cuadrático de sacarosa, en la interacción de sacarosa con la cloruro de calcio y en el efecto cuadrático de cloruro de calcio, porque estas son independientes en la disminución de tonalidad en la deshidratación osmótico, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 72.14% del modelo, con lo que su confiabilidad es alta.

En la Tabla I del Anexo 12, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la disminución de tonalidad en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra que no existe diferencia significativa ($p>0.05$) para el factor de sacarosa, cloruro de calcio, en el efecto cuadrático de sacarosa, en la interacción de sacarosa con la cloruro de calcio y en el efecto cuadrático de cloruro de calcio, porque estas son independientes en la disminución de tonalidad en la deshidratación osmótico, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 51.97% del modelo, con lo que su confiabilidad es regular.

4.2.6.2. Saturación (S) en deshidratación osmótica de cocona y tomate de árbol

En la Tabla II y IV del Anexo 4, se reportan los valores de saturación de los trece diferentes tratamientos de cocona y tomate de árbol después de ser osmodeshidratados.

Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del diseño compuesto central propuesto en escala codificada para valores de saturación en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 34 y 35.

Se puede apreciar de las ecuaciones que los valores de saturación no disminuyen a mayor escala en cocona, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta=3.43$) y disminuyen los valores de saturación a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta=-6.16$) de deshidratación implicado. Sin embargo para el tomate de árbol los valores de saturación disminuyen a mayor escala, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta=-1.15$) y no disminuyen los valores de saturación a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta=6.41$), igual comportamiento fue señalado por Chiralt y Talens, (2005).

Y los parámetros óptimos respecto a los valores de saturación, se determinó la disminución máxima de saturación, siendo para cocona con un valor óptimo de 20.27% a una concentración de 51.82% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00% como de observa en la Figura 34. De igual manera para tomate de árbol siendo con un valor óptimo en disminución máxima de saturación 17,60% a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 1.17%, tal como de observa en la Figura 35.

$$\text{Saturación}_{\text{Cocona}} (\%) = -70.5308 + 3.43168*S - 6.16419* \text{CaCl}_2 - 0.032389*S^2 - 0.0249644*S* \text{CaCl}_2 + 2.47932* \text{CaCl}_2^2.$$

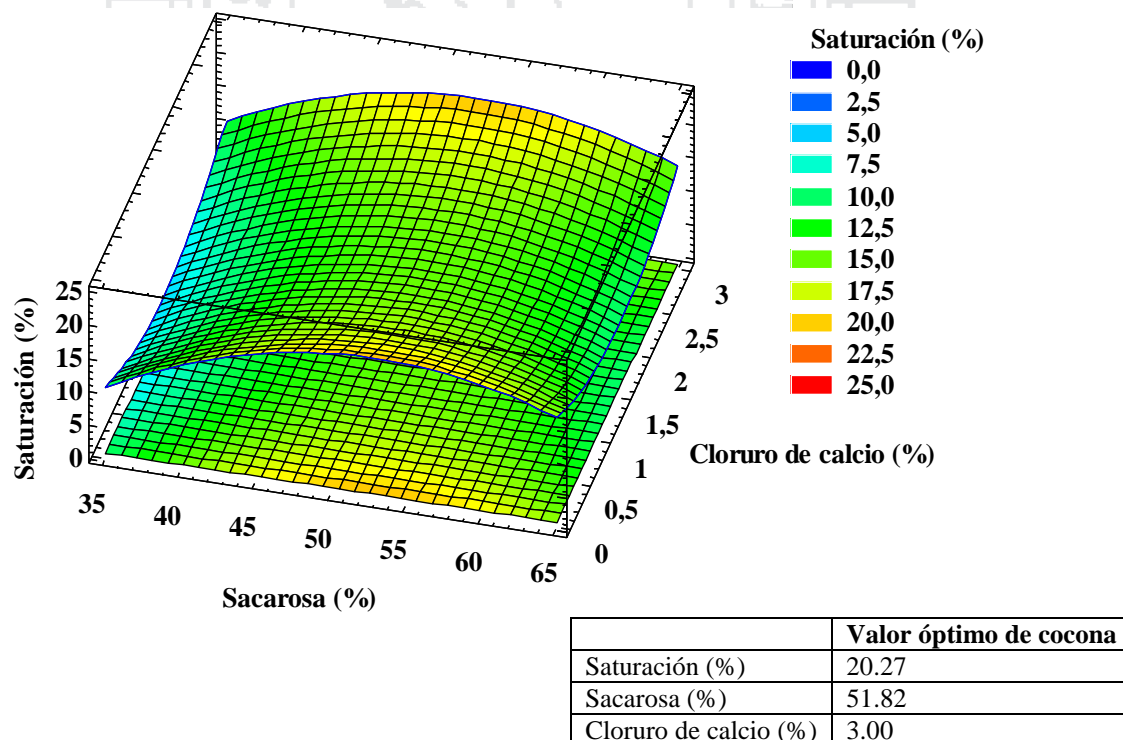
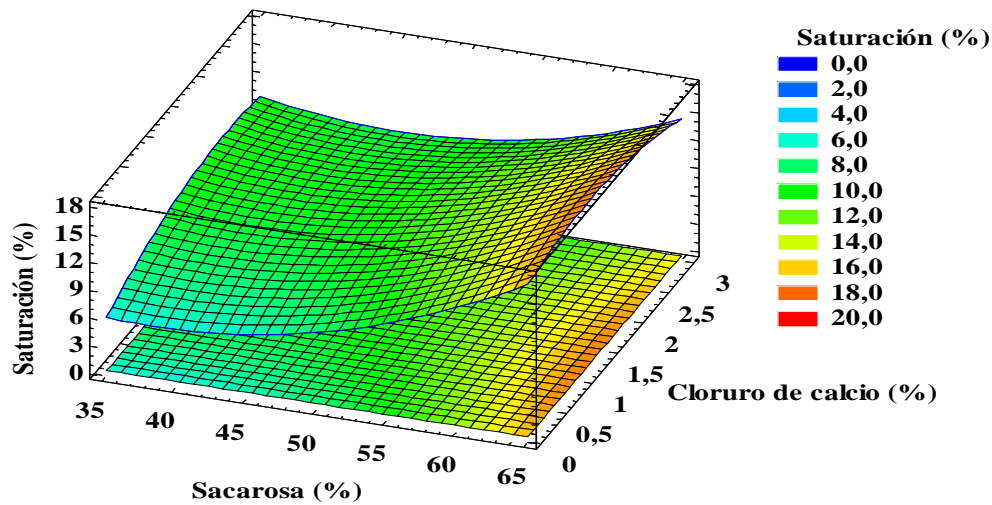


Figura 34. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de saturación en deshidratación osmótica de cocona.

$$\text{Saturación Tomate de árbol (\%)} = 27.5116 - 1.14935*S + 6.40565* \text{CaCl}_2 + 0.0150522*S^2 - 0.0671947*S* \text{CaCl}_2 - 0.865443* \text{CaCl}_2^2.$$



Factor	Valor óptimo en tomate de árbol
Saturación (%)	17.60
Sacarosa (%)	65.00
Cloruro de calcio (%)	1.17

Figura 35. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de saturación en deshidratación osmótica de tomate de árbol.

En la Figura 34 y 35, se presentan las gráficas de superficie de respuesta de la disminución de los valores de saturación respecto a la concentración de sacarosa y cloruro de calcio para cocona y tomate de árbol respectivamente. Por tanto en la Figura 34, se aprecia que a concentraciones de sacarosa y a concentraciones intermedia de cloruro de calcio hay menor disminución de los valores de saturación (contorno de color celeste y verde), en cambio al someter a una concentración intermedia de sacarosa y a una concentración menor o mayor de cloruro de calcio hay mayor disminución de saturación (contorno de color anaranjado), por ello la disminución máxima de saturación óptima es 20.17% a una concentración de 51.82% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00% en la cocona como se aprecia en la Figura 34.

Sin embargo en la Figura 35, se aprecia que a menor concentración de sacarosa y a concentraciones de cloruro de calcio ocurre menor disminución saturación en tomate de árbol en la deshidratación osmótica (contorno de color celeste y verde), en cambio a mayor concentración de sacarosa y concentraciones de cloruro de calcio hay mayor disminución de saturación (contorno de color anaranjado oscuro), esto debido a que hay mayor dispersión y homogenización de pigmentos sobre el tejido vegetal, por ello la

disminución máxima de saturación óptima es 17.60% a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 1.17% en tomate de árbol como se aprecia en la Figura 35.

Este comportamiento de la disminución de la saturación, es debido a la predominante de algunos colores blancos presentes y con la dispersión de los pigmentos del alimentos juntamente con la impregnación de la coloración de la solución osmótica Medina *et al.*, (2010b). Algunos autores (Chiralt y Talens, 2005) han demostrado que no hay una variación de los valores de saturación asociada a los cambios en la translucidez pura de frutas.

Los cambios de color están asociados principalmente con la dispersión de los pigmentos del producto. Los cambios observados podrían atribuirse la sacarosa a un efecto mejorador de color (Guerrero-Beltrán, *et al.*, 2005).

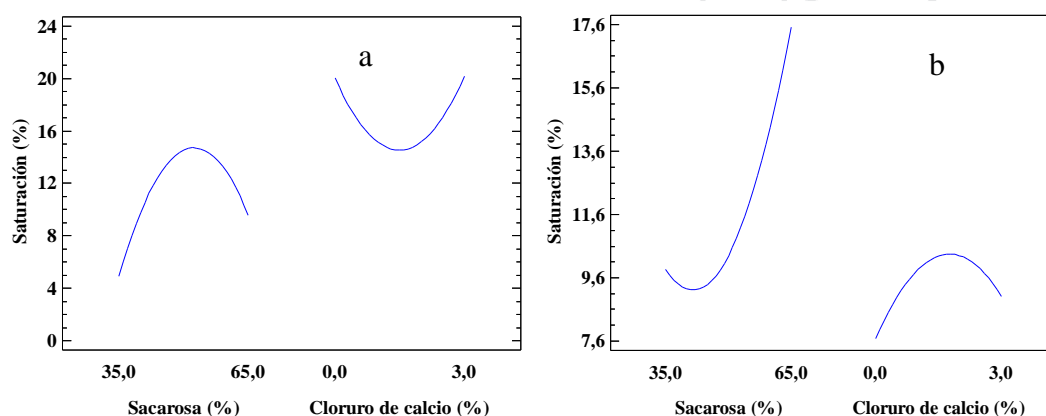


Figura 36. Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de saturación en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 34 y 36a, se estima que la concentración de sacarosa presenta un efecto cuadrático negativo y cloruro de calcio presenta un efecto cuadrático en saturación en la deshidratación osmótica de cocona, por lo que presenta mayor disminución de saturación al someter a una concentración de 51.82% de sacarosa y 3.00% de cloruro de calcio, luego de esta presenta un declive, las rodajas de cocona dejan de disminuir la saturación, esto debido a que los pigmentos se quedan saturados e impregnados en el interior y exterior del tejido vegetal, provocando este declive para sacarosa. En cambio en la Figura 35 y 36b, se aprecia que la sacarosa posee un efecto cuadrático y el cloruro de calcio presenta

un efecto cuadrático negativo, por ello al someter a mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio presentan mayor disminución de tonalidad en tomate de árbol siendo a una concentración de 65.00% de sacarosa y 1.17% de cloruro de calcio (Guerrero-Beltrán, *et al.*, 2005).

En la Tabla II del Anexo 11, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la disminución de la saturación en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) para el efecto cuadrático de sacarosa, puesto ello depende en la disminución de la saturación en la deshidratación osmótica, sin embargo no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) para el factor de sacarosa, cloruro de calcio, en la interacción de sacarosa con la cloruro de calcio y en el efecto cuadrático de cloruro de calcio, porque estas son independientes en la disminución de saturación en la deshidratación osmótico, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 69.63% del modelo, con lo que su confiabilidad es alta.

En la Tabla II del Anexo 12, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la disminución de saturación en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra que no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) para el factor de sacarosa, cloruro de calcio, en el efecto cuadrático de sacarosa, en la interacción de sacarosa con la cloruro de calcio y en el efecto cuadrático de cloruro de calcio, porque estas son independientes en la disminución de saturación en la deshidratación osmótico, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 54.57% del modelo, con lo que su confiabilidad es regular.

4.2.6.3. Luminosidad (L) en deshidratación osmótica de cocona y tomate de árbol

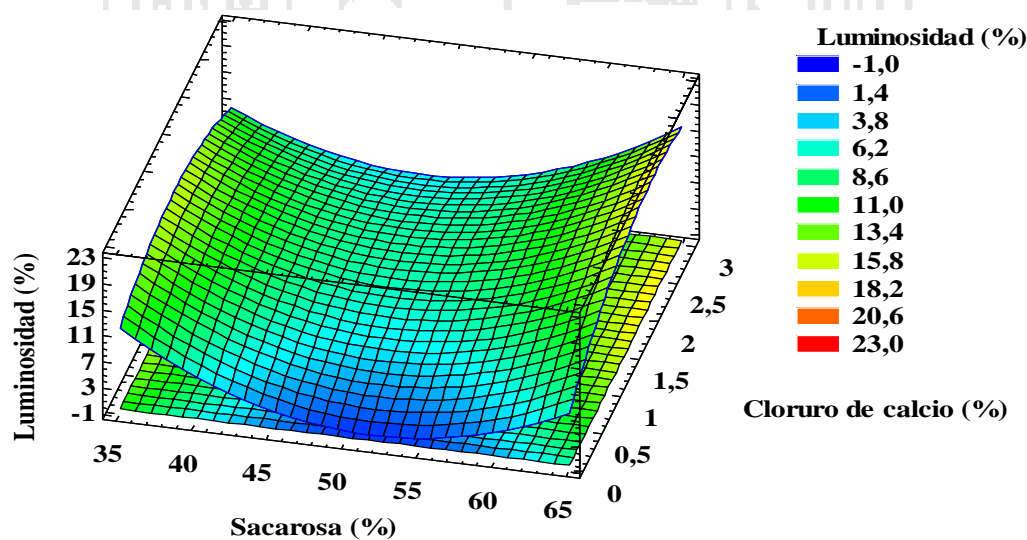
En la Tabla II y IV del Anexo 4, se reportan los valores de luminosidad de los trece diferentes tratamientos de cocona y tomate de árbol después de ser osmodeshidratados.

Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del diseño compuesto central propuesto en escala codificada para valores de luminosidad en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 37 y 38.

Se puede apreciar de las ecuaciones que los valores de luminosidad disminuyen a mayor escala en cocona, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta=-0.26$) y no disminuyen los valores de luminosidad a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta=1.94$) de deshidratación implicado. Sin embargo para el tomate de árbol los valores de luminosidad disminuyen a mayor escala, cuando al agregar mayor concentración de sacarosa ($\beta=-3.15$) y disminuyen los valores de luminosidad a mayores concentraciones de cloruro de calcio ($\beta=-10.35$), igual comportamiento fue señalado por Chiralt y Talens, (2005).

Los parámetros óptimos respecto a los valores de luminosidad, se determinó la disminución máxima de luminosidad, siendo para cocona con un valor óptimo de 17.49% a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 2.29% como de observa en la Figura 37. De igual manera para tomate de árbol siendo con un valor óptimo en disminución máxima de saturación 18.05% a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00%, tal como de observa en la Figura 38.

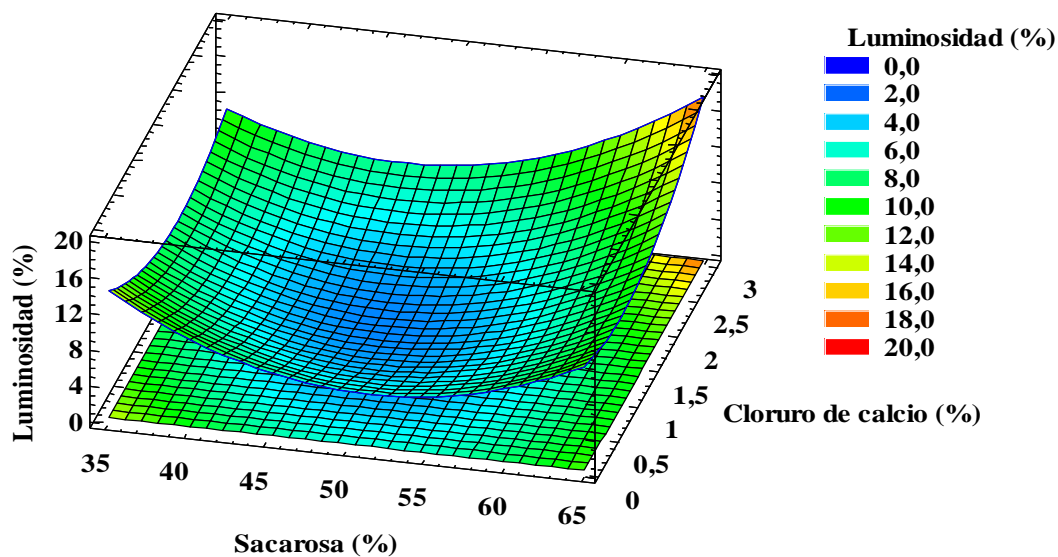
$$\text{Luminosidad}_{\text{Cocona}} (\%) = 110.106 - 4.259*S + 1.94189* \text{CaCl}_2 + 0.0411221*S^2 + 0.111161*S* \text{CaCl}_2 - 2.00579* \text{CaCl}_2^2.$$



	Valor óptimo de cocona
Luminosidad (%)	17.49
Sacarosa (%)	65.00
Cloruro de calcio (%)	2.29

Figura 37. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de luminosidad en deshidratación osmótica de cocona.

$$\text{Luminosidad Tomate de árbol (\%)} = 86.826 - 3.15331 * S - 10.3523 * CaCl_2 + 0.0306647 * S^2 + 0.107378 * S * CaCl_2 + 1.86069 * CaCl_2^2.$$



	Valor óptimo en tomate de árbol
Luminosidad (%)	18.05
Sacarosa (%)	65.00
Cloruro de calcio (%)	3.00

Figura 38. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de luminosidad en deshidratación osmótica de tomate de árbol.

En la Figura 37 y 38, se presentan las gráficas de superficie de respuesta de la disminución de los valores de luminosidad respecto a la concentración de sacarosa y cloruro de calcio para cocona y tomate de árbol respectivamente. Por tanto en la Figura 37, se aprecia que a concentraciones de sacarosa y a concentraciones menores y mayores de cloruro de calcio hay menor disminución de los valores de luminosidad (contorno de color azul y celeste), en cambio al someter a una concentración mayor de sacarosa y a una concentración intermedia de cloruro de calcio hay mayor disminución de luminosidad (contorno de color amarillo), por ello la disminución máxima de luminosidad óptima es 17.49% a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 2.29% en la cocona como se aprecia en la Figura 37 (Flores, 2007).

Sin embargo en la Figura 38, se aprecia que a menor concentración de sacarosa y cloruro de calcio ocurre menor disminución luminosidad en tomate de árbol en la deshidratación osmótica (contorno de color azul y celeste), en cambio a mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio hay mayor disminución de luminosidad (contorno de color anaranjado

oscuro), esto debido a que hay mayor dispersión y homogenización de pigmentos sobre el tejido vegetal, por ello la disminución máxima de saturación óptima es 18.05% a una concentración de 65.00% de sacarosa y cloruro de calcio a 3.00% en tomate de árbol como se aprecia en la Figura 38 (Chiralt y Talens, 2005).

Este comportamiento de la disminución de la luminosidad, es debido a la predominante de algunos colores blancos presentes y con la dispersión de los pigmentos del alimentos juntamente con la impregnación de la coloración de la solución osmótica Medina *et al.*, (2010b). Algunos autores (Chiralt y Talens, 2005) han demostrado que no hay una variación de los valores de saturación asociada a los cambios en la translucidez pura de frutas.

Los cambios de color están asociados principalmente con la dispersión de los pigmentos del producto. Los cambios observados podrían atribuirse la sacarosa a un efecto mejorador de color (Guerrero-Beltrán, *et al.*, 2005).

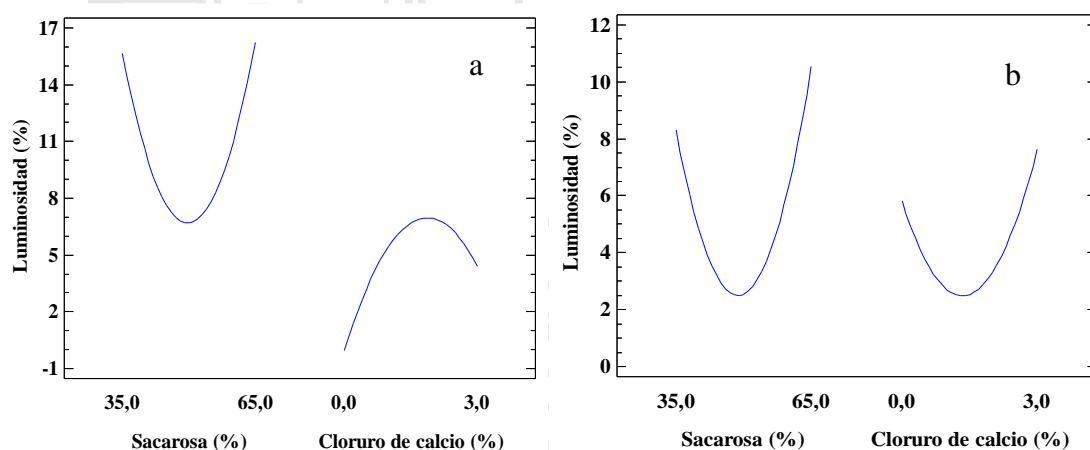


Figura 39. Gráfica de efecto principal de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la disminución de la luminosidad en deshidratación osmótica de cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 37 y 39a, se estima que la concentración de sacarosa presenta un efecto cuadrático y cloruro de calcio presenta un efecto cuadrático negativo en la luminosidad en deshidratación osmótico de cocona, por lo que presenta mayor disminución de luminosidad al someter a una concentración de 65.00% de sacarosa y 2.29% de cloruro de calcio. De la misma manera en la Figura 38 y 39b, se aprecia que la sacarosa y cloruro

de calcio presentan un efecto cuadrático, por ello al someter a mayor concentración de sacarosa y cloruro de calcio presentan mayor disminución de luminosidad en tomate de árbol siendo a una concentración de 65.00% de sacarosa y 3.00% de cloruro de calcio.

En la Tabla III del Anexo 11, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la disminución de la luminosidad en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) para el efecto cuadrático de sacarosa, puesto ello depende en la disminución de la luminosidad en la deshidratación osmótica, sin embargo no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) para el factor de sacarosa, cloruro de calcio, en la interacción de sacarosa con la cloruro de calcio y en el efecto cuadrático de cloruro de calcio, porque estas son independientes en la disminución de luminosidad en la deshidratación osmótica, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 75.64% del modelo, con lo que su confiabilidad es alta.

En la Tabla III del Anexo 12, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la disminución de la luminosidad en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) para el efecto cuadrático de sacarosa, puesto ello depende en la disminución de la luminosidad en la deshidratación osmótica, sin embargo no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) para el factor de sacarosa, cloruro de calcio, en la interacción de sacarosa con la cloruro de calcio y en el efecto cuadrático de cloruro de calcio, porque estas son independientes en la disminución de luminosidad en la deshidratación osmótica, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 76.89% del modelo, con lo que su confiabilidad es alta.

4.2.7. Optimización de múltiples respuestas en deshidratación osmótica de cocona y tomate de árbol

La determinación de parámetros de concentración de sacarosa y cloruro de calcio respecto a las múltiples variables de respuesta óptimas en la pérdida de masa, pérdida de volumen y pérdida de actividad de agua, ganancia de sólidos, valores de textura y valores de color, se determinó la deseabilidad del parámetro óptimo de todas las variables de respuesta en la deshidratación osmótica de cocona y tomate de árbol, para ello se optimizó con los

datos de las variables tomando los datos de deseabilidad baja y alta como se muestra en las Tabla I y II del Anexo 14 y 15, esto aplicando el diseño estadístico de DCCR.

4.2.7.1. Optimización de múltiples respuestas en la deshidratación osmótica de cocona

En la Figura 40, se aprecia los parámetros óptimos frente a la concentración de sacarosa y cloruro de calcio respecto a la deseabilidad de las múltiples respuestas en la deshidratación osmótica de cocona.

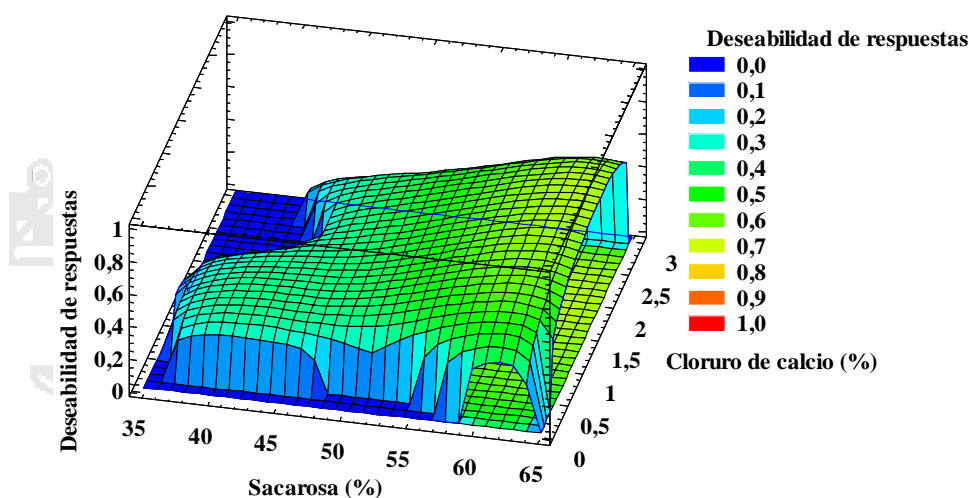


Figura 40. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la deseabilidad de respuesta global en la deshidratación de cocona.

Por lo tanto la deseabilidad global óptima para la deshidratación osmótica de la cocona es 0.67 a una concentración de sacarosa de 63.53% y cloruro de calcio de 2.04% (contorno color verde), así obteniendo la variables de respuestas óptimas de pérdida de masa en 6.03 gramos, pérdida de volumen en 5.14 cm³, pérdida de Aw en 0.30, ganancia de sólidos en 57.30°Brix, disminución de ASM en 0.35, incremento de ET en 0.76, disminución de tonalidad en 3.52°, disminución de saturación en 11.28% y disminución de luminosidad en 15.52%.

4.2.7.2. Optimización de múltiples respuestas en la deshidratación osmótica de tomate de árbol

En la Figura 41, se aprecia los parámetros óptimos frente a la concentración de sacarosa y cloruro de calcio respecto a la deseabilidad de las múltiples respuestas en la deshidratación osmótica de tomate de árbol.

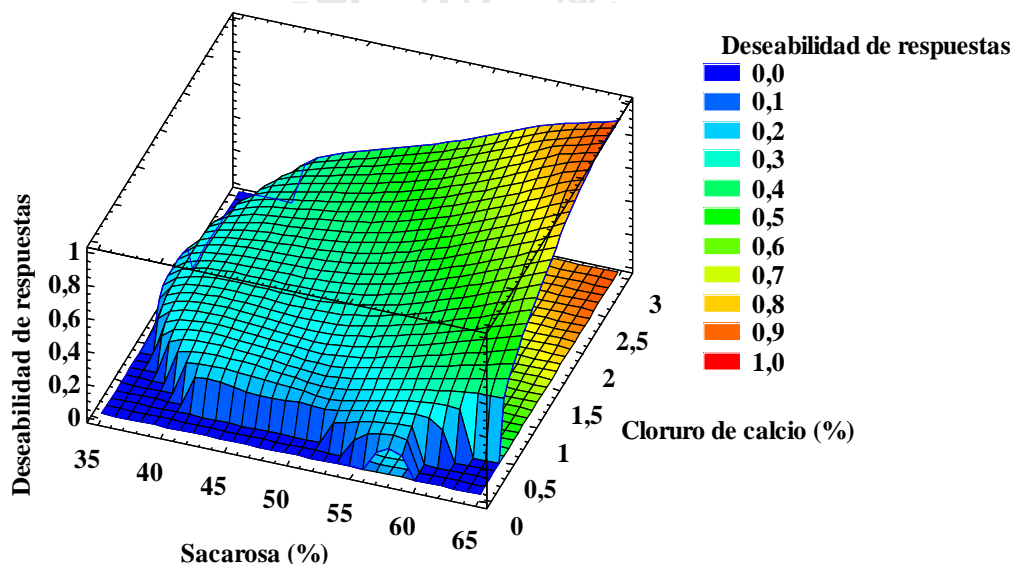


Figura 41. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la concentración de sacarosa y cloruro de calcio en la deseabilidad de respuesta global en la deshidratación de tomate de árbol.

Por lo tanto la deseabilidad global óptima para la deshidratación osmótica de tomate de árbol cocona es 0.92 a una concentración de sacarosa de 65.00% y cloruro de calcio de 2.73% (contorno color rojo), así obteniendo la variables de respuestas óptimas de pérdida de masa en 4.10 gramos, pérdida de volumen en 3.24 cm³, pérdida de Aw en 0.31, ganancia de sólidos en 54.40°Brix, disminución de ASM en 0.18, incremento de ET en 0.89, disminución de tonalidad en 4.10°, disminución de saturación en 15.52% y disminución de luminosidad en 16.05%.

4.3. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ÓPTIMOS DURANTE LA REHIDRATACIÓN EN COCONA Y TOMATE DE ÁRBOL

La determinación de parámetros de agitación y temperatura respecto a las variables de respuesta como la ganancia de masa, ganancia de volumen y ganancia de actividad de agua, valores de textura y valores de color (ver en la Tabla II y IV del Anexo 16). Los valores de cada variable respuesta se evaluaron al inicio y después de 240 minutos de haber puesta el producto en la solución hidratante. El experimento se realizó para trece tratamientos, según los factores decodificados del diseño estadístico DCCR.

4.3.1. Ganancia de masa en cocona y tomate de árbol en la rehidratación

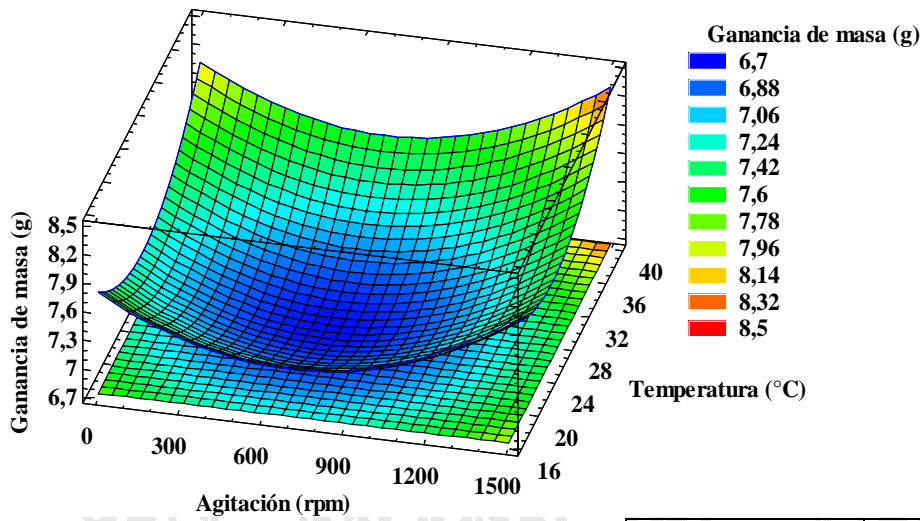
En la Tabla II y IV del Anexo 16, se reportan los valores de ganancia de masa para los trece tratamientos de cocona y tomate de árbol después de ser rehidratadas.

Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del diseño compuesto central propuesto en escala codificada para ganancia de masa en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 42 y 43.

Se puede apreciar de las ecuaciones que la ganancia de masa en cocona no incrementa, cuando al someter a menores velocidades de agitación ($\beta=-0.002$) y no incrementa la ganancia de masa a menores temperaturas ($\beta=-0.23$) de rehidratación implicado. De la misma manera para ganancia de masa en tomate de árbol no incrementa, cuando al someter a menor velocidad de agitación ($\beta=-0.00$) y a menor temperatura ($\beta=-0.02$), igual comportamiento fue señalado por Krokida y Marinos-Kouris, (2003).

Los parámetros óptimos respecto a la ganancia de masa, se determinó la ganancia máxima de masa en cocona rehidratada con un valor óptimo de 8.44 gramos a una agitación de 1500.00 rpm y a temperatura de 40.00°C como de observa en la Figura 42. En cambio la ganancia máxima de masa en tomate de árbol rehidratada con un valor óptimo de 3.35 gramos a una agitación de 1500.00 rpm y a temperatura de 40.00°C, tal como de observa en la Figura 43.

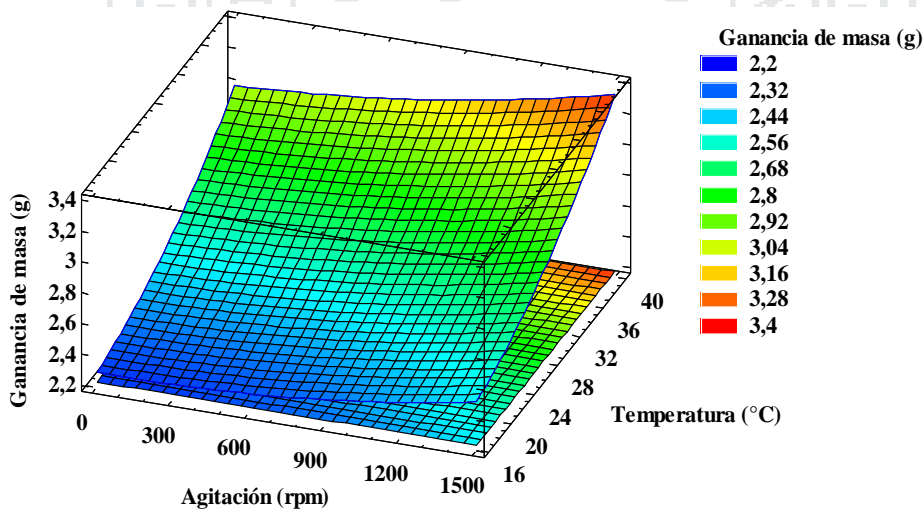
$$\text{Ganancia de masa}_{\text{Cocona}} \text{ (g)} = 10.4226 - 0.00164769 \cdot A - 0.238485 \cdot T + 0.00000116788 \cdot A^2 + 0.00000166608 \cdot A \cdot T + 0.00450306 \cdot T^2.$$



	Valor óptimo de cocona
Ganancia de masa (g)	8.34
Agitación (rpm)	1500.00
Temperatura (°C)	40.00

Figura 42. Superficie de respuesta para el efecto de agitación y temperatura en ganancia de masa en rehidratación de cocona.

$$\text{Ganancia de masa}_{\text{Tomate de árbol}} \text{ (g)} = 2.31691 - 0.0000884418 \cdot A - 0.0170003 \cdot T + 1.1545 \cdot 10^{-7} \cdot A^2 + 0.00000377644 \cdot A \cdot T + 0.000850251 \cdot T^2.$$



	Valor óptimo en tomate de árbol
Ganancia de masa (g)	3.35
Agitación (rpm)	1500.00
Temperatura (°C)	40.00

Figura 43. Superficie de respuesta para el efecto de la agitación y temperatura en ganancia de masa en rehidratación de tomate árbol.

En la Figura 42 y 43 presentan las gráficas de superficie respuesta de ganancia de masa, muestran el efecto simultáneo originado por un cambio en la velocidad de agitación del proceso, y en la temperatura del medio rehidratante sobre la ganancia de masa de las rodajas de cocona y tomate de árbol. En estas Figuras, se observa que la ganancia de masa incrementa a medida que aumenta la temperatura y velocidad de agitación del proceso durante rehidratación de las rodajas de cocona y tomate de árbol. La temperatura del medio rehidratante se estableció en 40.00°C debido a que a estas condiciones se lograra una buena ganancia de masa, además modifica mínimamente la estructura del producto, de manera que se obtendrá un producto rehidratado de buena calidad. En la Figura 42, se aprecia que a mayor velocidad de agitación y temperatura mayor es la ganancia de masa siendo 8.34 gramos a una agitación de 1500.00 rpm y temperatura de 40.00°C en las rodajas de cocona. De la Figura 42 se observa que el punto óptimo se encuentra en el contorno de color rojo (Krokida y Philippopoulos, 2005).

De la misma manera en la Figura 43, se aprecia la ganancia máxima de masa de las rodajas de tomate de árbol 3.35 gramos con un valor óptimo de agitación 1500.00 rpm y temperatura de 40.00°C. De la Figura 43, se observa que el punto óptimo se encuentra en el contorno de color rojo. La ganancia de masa, es debido a altas agitaciones y temperatura la textura se ablanda, por ello absorbanza de la solución hidratante es mayor, esto debido a que los poros de la parénquima y los sacos citoplasmáticos se abren esto debido al mecanismo de la agitación ya la acción de la temperatura.

Los tratamientos con mayor velocidad de agitación y temperatura presentan mayor ganancia de masa, esto debido a la sinergia de la temperatura y la turbulencia de la agitación, por lo que la estructura de la cocona y tomate de árbol se ablandaron y los poros de los sacos citoplasmáticos y la parénquima inician la apertura de absorción de la solución hidratante lo cual es corroborado por (Krokida y Marinos-Kouris, 2003).

Lewicki, (1998) señala que en el fenómeno de la rehidratación existen tres procesos simultáneos: a) la absorción de agua dentro del material deshidratado, b) la lixiviación de solutos y c) el hinchamiento del material, donde el cambio de masa del producto deshidratado es proporcional a las cantidad de agua absorbida, así aumentado o recuperando su tamaño.

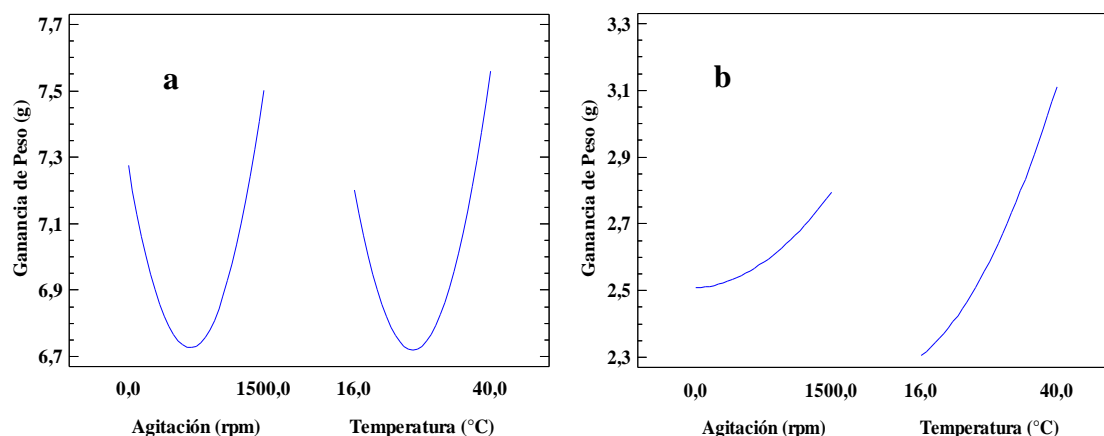


Figura 44. Grafica de efecto principal de agitación y temperatura en la ganancia de masa durante la rehidratación de cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 42 y 44a, se estima que la velocidad de agitación y temperatura presenta un efecto cuadrático en ganancia de masa en la rehidratación de cocona, por lo que presenta que la ganancia de masa es mayor cuando se somete a una solución rehidratante con mayor velocidad de agitación 1500.00 rpm y a temperatura 40.00°C esto para la cocona, de la misma manera la agitación y temperatura presenta un efecto cuadrático positivo para el tomate de árbol, por lo que a mayor velocidad de agitación y temperatura hay mayor ganancia de agua como se aprecia en la Figura 43 y 44b (Krokida y Philippopoulos, 2005).

En la Tabla I del Anexo 17, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la ganancia de masa en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por lo que se muestra que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) para el factor temperatura, el efecto cuadrático de agitación y en el efecto cuadrático de temperatura, esto implica que estos factores es dependiente en la ganancia de masa en la rehidratación; en cambio no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) para el factor temperatura y en la interacción de agitación con temperatura, porque estos son independientes en la ganancia de masa en la rehidratación, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 92.14% del modelo, con lo que es confiable.

En la Tabla II del Anexo 17, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la ganancia de masa en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, muestra que existe diferencia significativa para el factor agitación y temperatura ($P < 0.05$) por ello estos factores es dependiente en la ganancia de masa en

la rehidratación, sin embargo no existe diferencia significativa ($P>0.05$) para el efecto cuadrático de agitación, en la interacción de agitación con temperatura y en el efecto cuadrático de temperatura, porque estos son independientes en la ganancia de masa en la rehidratación, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 95.32% del modelo, con lo que su confiable.

4.3.2. Ganancia de volumen en cocona y tomate de árbol en la rehidratación

En la Tabla II y IV del Anexo 16, se reportan los valores de ganancia de volumen para los trece tratamientos de cocona y tomate de árbol después de ser rehidratadas.

Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del diseño compuesto central propuesto en escala codificada para ganancia de volumen en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 45 y 46.

Se puede apreciar de las ecuaciones que la ganancia de volumen en cocona no incrementa, cuando al someter a menores velocidades de agitación ($\beta=-0.001$) y no incrementa la ganancia de volumen a menores temperaturas ($\beta=-0.20$) de rehidratación implicado. De la misma manera para ganancia de volumen en tomate de árbol no incrementa, cuando al someter a menor velocidad de agitación ($\beta=-0.00$) y a menor temperatura ($\beta=-0.01$), igual comportamiento fue señalado por Krokida y Marinos-Kouris, (2003).

Los parámetros óptimos respecto a la ganancia de volumen, se determinó la ganancia máxima de volumen, siendo para cocona un valor óptimo de 6.10 cm^3 , a una agitación de 1500.00 rpm y a una temperatura de 40.00°C , tal como de observa en la Figura 45. De la misma manera se determinó la ganancia máxima de volumen en tomate de árbol un valor óptimo de 3.05 cm^3 a una agitación de 1500.00 rpm y a una temperatura de 40.00°C , tal como de observa en la Figura 46.

Ganancia de volumen Cocona (cm³) = 7.88458 – 0.00059906*A – 0.20046*T + 2.7949E-7*A² + 0.00000883021*A*T + 0.00373056*T².

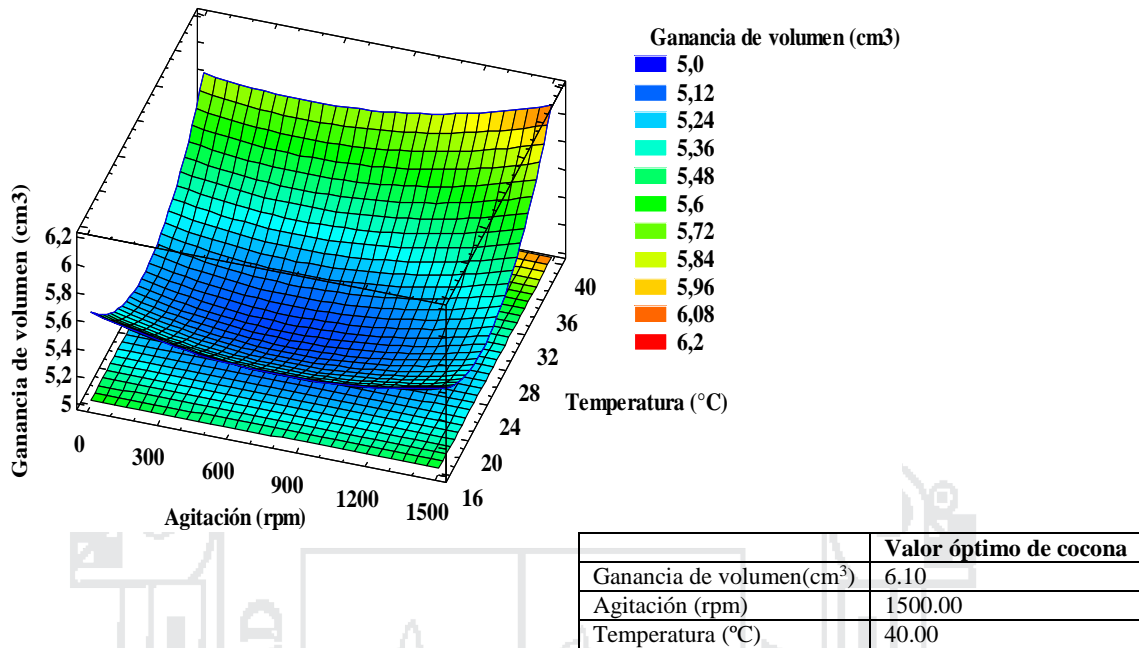


Figura 45. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en la ganancia de volumen en la rehidratación de cocona.

Ganancia de volumen Tomate de árbol (cm³) = 2.74683 – 0.000063117*A – 0.0140622*T + 1.96603E-8*A² + 0.00000455395*A*T + 0.000399698*T².

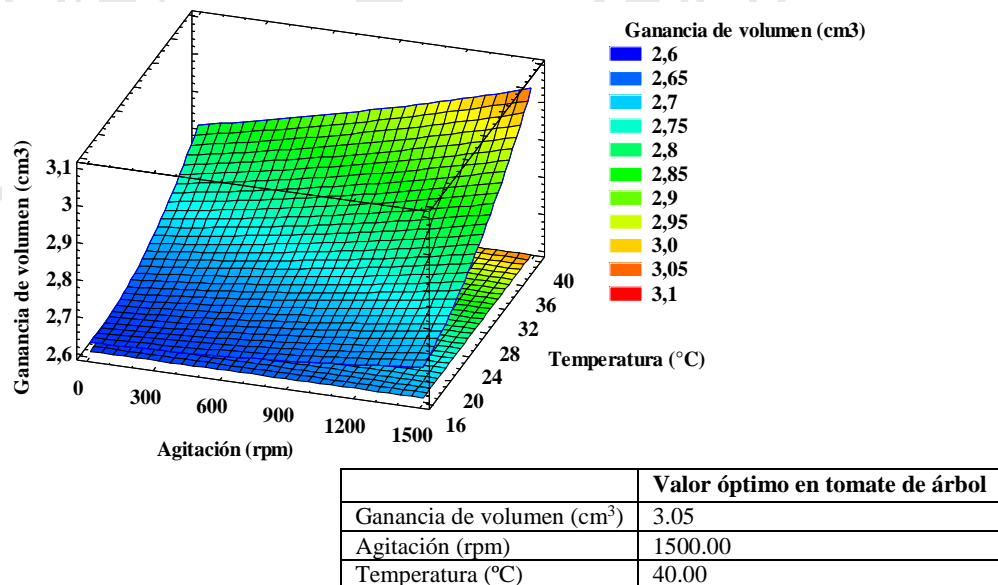


Figura 46. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en la ganancia de volumen en la rehidratación de tomate de árbol.

En la Figura 45 y 46, se presentan las gráficas de superficie de respuesta de ganancia de volumen respecto a la velocidad de agitación y temperatura para cocona y tomate de árbol respectivamente. Por tanto en la Figura 45, se aprecia que a menor velocidad de agitación y temperatura menor hay ganancia de volumen, esto es debido a que hubo menor absorción de agua del tejido vegetal de cocona en la rehidratación (contorno de color azul), en cambio a mayor velocidad de agitación y temperatura hay mayor ganancia de volumen considerables (contorno de color anaranjado), por ello la ganancia máxima de volumen óptima es 6.10 cm^3 a una agitación de 1500.00 rpm y temperatura de 40.00°C en la cocona como se aprecia en la Figura 45.

Sin embargo en la Figura 46, se aprecia la gráfica de superficie respuesta para ganancia de volumen para tomate de árbol, muestran el efecto simultáneo originado por un cambio en la velocidad de agitación del proceso, y en la temperatura del medio rehidratante sobre la ganancia de volumen. En esta Figura, se observa que la ganancia de volumen incrementa a medida que aumenta la temperatura y velocidad de agitación del proceso de rehidratación. La ganancia de volumen máxima obtenida es 3.05 cm^3 con un valor óptimo de velocidad de agitación 150.000 rpm y temperatura 40.00°C (contorno de color anaranjado). Por consiguiente mayor será el volumen ganado, a estas condiciones se modifica en lo mínimo la estructura del producto, de manera que se obtendrá un producto rehidratado de buena calidad.

Los tratamientos con mayor velocidad de agitación y temperatura presentan mayor ganancia de volumen esto debido a la sinergia de la temperatura y la turbulencia de la agitación, por lo que la estructura de la cocona y tomate de árbol se ablandaron y los poros de los sacos citoplasmáticos y la parénquima inician la apertura de absorción de la solución hidratante lo cual es corroborado por (Krokida y Marinos-Kouris, 2003).

De esta manera la absorción de agua por parte de los tejidos de cocona y tomate de árbol rehidratado aumenta sucesivamente el volumen del mismo, esto por poseer una membrana semipermeable presenta poros diminutos de los cuales deja pasar moléculas agua. Se puede observar también en la Figura 45 y 46, la cocona y tomate de árbol, al someter a la solución hidratante ocurre un proceso de lixiviación, después de someter las rodajas de cocona y tomate árbol a un tiempo de 240 minutos en la solución hidratante, el producto ha ganado agua por tanto se producido el proceso de hinchamiento, por lo que esto coincide con Lewicki, (1998).

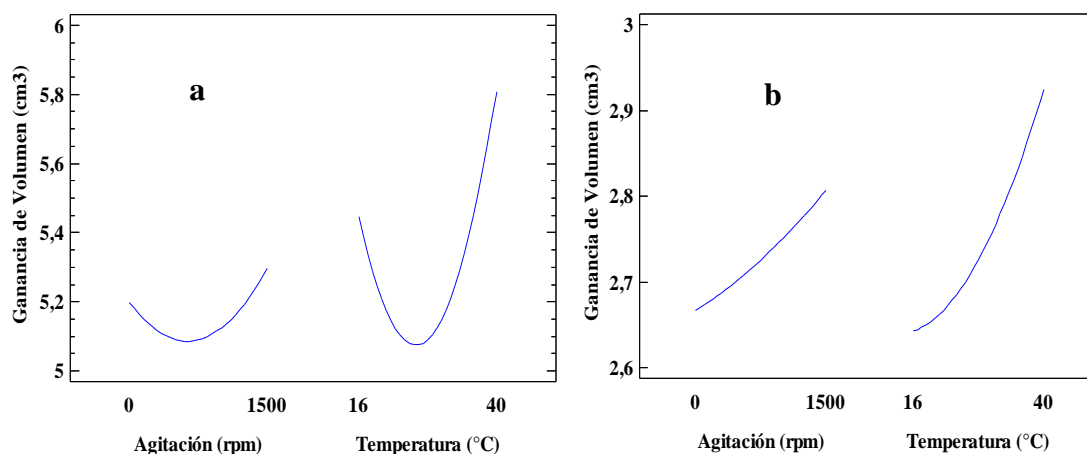


Figura 47. Gráfica de efecto principal de la agitación y temperatura en la ganancia de volumen durante la rehidratación cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 47a y 47b, Se puede estimar que a mayor agitación y la temperatura presentan un efecto cuadrático, por ello hay mayor ganancia de volumen, esto debido al incrementar la velocidad de agitación y la temperatura en el proceso de rehidratación, la ganancia de volumen es por la apertura de los poros de la célula vegetal por la acción sinérgica de la temperatura y agitación en la solución hidratante (Krokida y Philippopoulos, 2005).

En la Tabla I del Anexo 18, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la ganancia de volumen en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por lo que se muestra que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) para el factor temperatura y en el efecto cuadrático de temperatura, esto implica que estos factores es dependiente en la ganancia de volumen en la rehidratación; en cambio no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) para el factor agitación, el efecto cuadrático de agitación y en la interacción de agitación con temperatura, porque estos son independientes en la ganancia de volumen en la rehidratación, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 84.32% del modelo, con lo que es confiable.

En la Tabla II del Anexo 18, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la ganancia de volumen en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, muestra que existe diferencia significativa para el factor temperatura ($P < 0.05$) por ello este factor es dependiente en la ganancia de volumen en la rehidratación, sin embargo no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) para el factor

agitación, el efecto cuadrático de agitación, en la interacción de agitación con temperatura y en el efecto cuadrático de temperatura, porque estos son independientes en la ganancia de volumen en la rehidratación, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 76.11% del modelo, con lo que su confiable.

4.3.3. Ganancia de actividad de agua en cocona y tomate de árbol durante la rehidratación

En la Tabla II y IV del Anexo 16, se reportan los valores de ganancia de actividad de agua para los trece tratamientos de cocona y tomate de árbol después de ser rehidratadas.

Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del diseño compuesto central propuesto en escala codificada para ganancia de Aw en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 48 y 49.

Se puede apreciar de las ecuaciones que la ganancia de Aw en cocona no incrementa, cuando al someter a mayores velocidades de agitación ($\beta=0.00$) y no incrementa la ganancia de Aw a mayores temperaturas ($\beta=0.00$) de rehidratación implicado. Sin embargo para ganancia de Aw en tomate de árbol no incrementa, cuando al someter a menor velocidad de agitación ($\beta=-0.00$) y a menor temperatura ($\beta=-0.001$), igual comportamiento fue señalado por Krokida y Marinos-Kouris, (2003).

Los parámetros óptimos respecto a la ganancia de actividad de agua, se determinó la máxima ganancia de Aw, siendo para cocona con un valor óptimo de 0.56 a una agitación de 1323.63 rpm y a temperatura de 33.55°C, tal como de observa en la Figura 48. De igual manera se determinó para tomate de árbol siendo con un valor óptimo en ganancia de actividad de agua de 0.55 a una agitación de 1500.00 rpm y a temperatura de 40.00°C, tal como de observa en la Figura 49.

$$\text{Ganancia de } A_w \text{ cocona} = 0.539774 + 0.00000636863 * A + 0.000974176 * T - 3.10957E-9 * A^2 + 5.55359E-8 * A * T - 0.0000156181 * T^2.$$

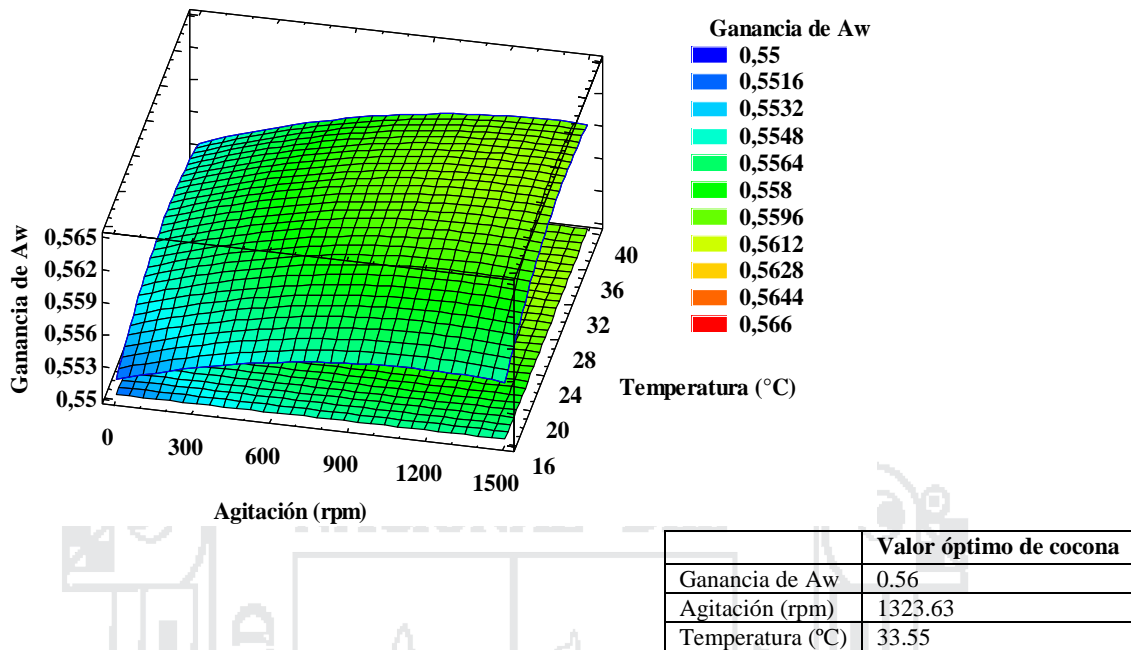


Figura 48. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y de temperatura en la ganancia de actividad de agua en rehidratación de cocona.

$$\text{Ganancia de } A_w \text{ Tomate de árbol} = 0.556423 - 0.0000182881 * A - 0.00126345 * T + 6.22302E-9 * A^2 + 2.7768E-7 * A * T + 0.0000208383 * T^2.$$

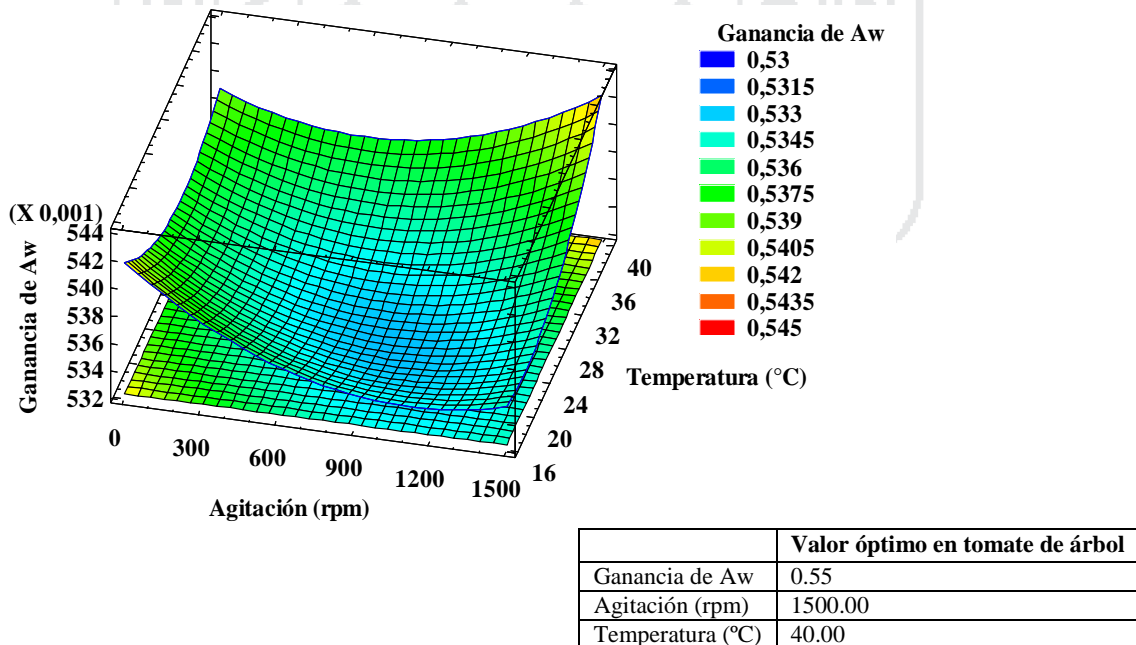


Figura 49. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y de temperatura en la ganancia de actividad de agua en rehidratación de tomate de árbol.

En la Figura 48 y 49, se presentan las gráficas de superficie respuesta de ganancia de A_w , muestran el efecto simultáneo originado por un cambio en la velocidad de agitación del proceso, y en la temperatura del medio rehidratante sobre la ganancia de A_w de las rodajas de cocona y tomate de árbol. En la Figura 48, se observa que la ganancia de A_w incrementa a medida que aumenta la temperatura y velocidad de agitación del proceso durante rehidratación de las rodajas de cocona. La temperatura del medio rehidratante óptima obtenida es de 33.55°C y la velocidad de agitación es 1323.63 rpm debido a que a estas condiciones se lograra una buena ganancia de A_w siendo 0.56 (contorno de color verde), además modifica mínimamente la estructura del producto, de manera que se obtendrá un producto rehidratado de buena calidad (Rastogi y Raghavarao, 1994).

En la Figura 49, se puede apreciar la actividad de agua, después al someter a la hidratación la cocona la actividad de agua incrementa progresivamente sus valores, alcanzando a un valor máximo de 0.55 con un valor óptimo de 1500.00 rpm de la velocidad de agitación y 40.00°C de temperatura (contorno de color anaranjado). Esto significa que la regeneración de la estructura celular de producto es eficiente asemejándose al producto fresco tanto en la cocona y tomate de árbol, por otro lado se puede decir que la estructura interna estuvo intacta a de la original después de haber deshidratado osmóticamente.

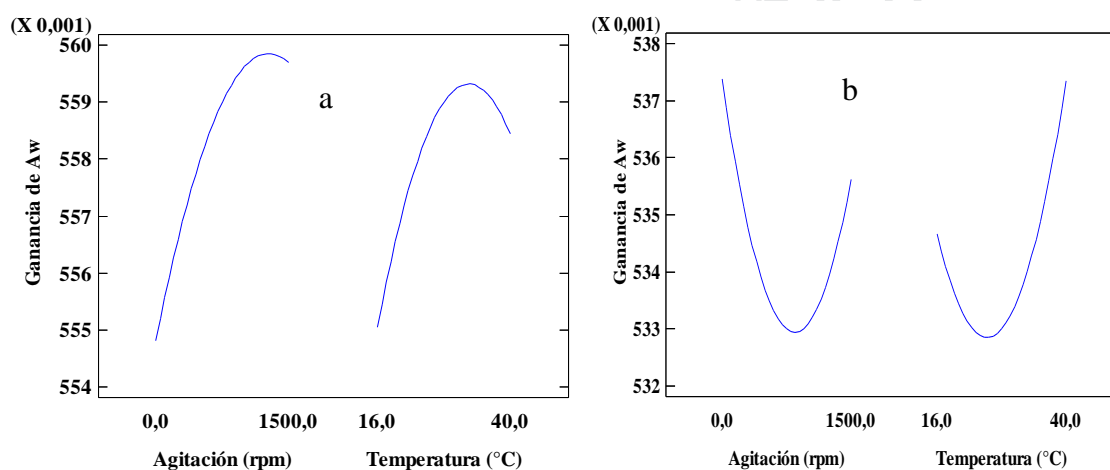


Figura 50. Gráfica de efecto principal de la agitación y de temperatura en la ganancia de actividad de agua en rehidratación de cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 48 y 50a, se estima que la agitación y temperatura presentan un efecto cuadrático negativo en la rehidratación de cocona, por lo que presenta mayor ganancia de actividad de agua al someter a una agitación máxima siendo 1323.63 rpm y a temperatura

de 33.55°C. Luego de esta presenta un declive, las rodajas de cocona dejan de ganar su A_w , esto debido a que los poros de las rodajas de cocona se saturaron de agua por tanto ya no absorben más agua provocando este declive. En cambio en la Figura 49 y 50b, se aprecia que la agitación y temperatura presenta un efecto cuadrático, por lo que al someter los factores de agitación y temperatura a mayores valores, presentan mayor ganancia de A_w en tomate de árbol. Además se puede apreciar que el factor temperatura tuvo mayor efecto en la ganancia de A_w con respecto a la velocidad de agitación (Rastogi y Raghavarao, 1994).

En la Tabla I del Anexo 19, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la ganancia de actividad de agua en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra que no existe diferencia significativa ($p>0.05$) para el factor de agitación, temperatura, en el efecto cuadrático de agitación, en la interacción de agitación con la temperatura y en el efecto cuadrático de temperatura, porque estas son independientes en la ganancia de actividad de agua en la rehidratación, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 53.57% del modelo, con lo que su confiabilidad es baja (Rastogi y Raghavarao, 1994).

En la Tabla II del Anexo 19, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la ganancia de actividad de agua en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra que no existe diferencia significativa ($p>0.05$) para el factor de agitación, temperatura, en el efecto cuadrático de agitación, en la interacción de agitación con la temperatura y en el efecto cuadrático de temperatura, porque estas son independientes en la ganancia de actividad de agua en la rehidratación, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 42.53% del modelo, con lo que su confiabilidad es muy baja.

4.3.4. Valores de descriptores estadísticos de textura mediante análisis de imagen en rehidratación de cocona y tomate de árbol

Los cambios en las características de textura fueron evaluados de acuerdo a la variación de la escala de grises de las imágenes de cocona y tomate árbol sometidos a trece tratamientos en rehidratación; estudiadas al inicio y a los 240 minutos después de rehidratación a través de la evaluación del Segundo Momento Angular y Entropía como descriptores estadísticos de análisis de textura. Como también podemos apreciar las

imágenes en la Figura I y II del Anexo 24 en las rodajas de cocona y tomate de árbol la influencia de recuperación de su textura para los factores óptimos.

4.3.4.1. Segundo Momento Angular para cocona y tomate de árbol en la rehidratación

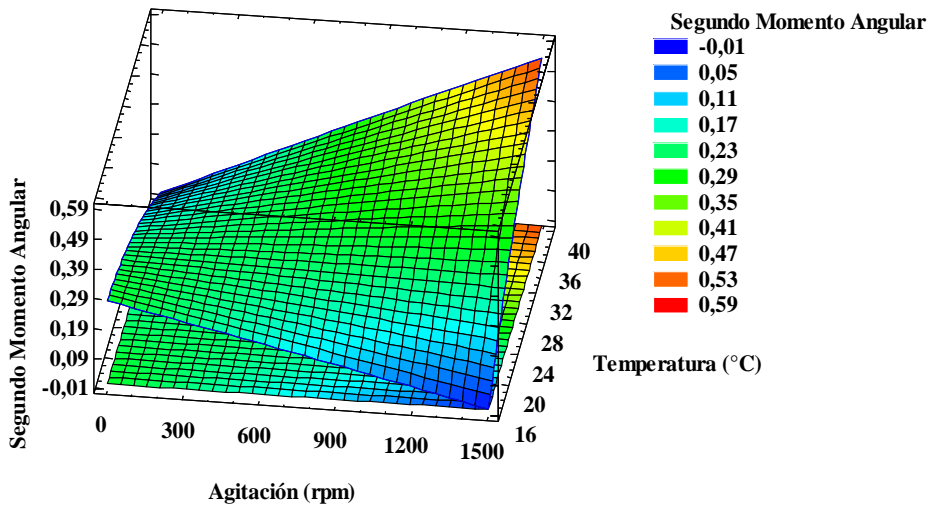
En la Tabla II y IV del Anexo 16, se reportan los valores de ASM (Segundo Momento Angular) en la rehidratación de las rodajas de cocona y tomate de árbol.

Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del diseño compuesto central propuesto en escala codificada para el incremento del ASM en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 51 y 52.

Se puede apreciar de las ecuaciones que el incremento de ASM en cocona no incrementa, cuando al someter a menores velocidades de agitación ($\beta=-0.001$) e incrementa los valores de ASM a mayores temperaturas ($\beta=0.01$) de rehidratación implicado. De la misma manera para incremento de ASM en tomate de árbol incrementa ligeramente, cuando al someter a mayor velocidad de agitación ($\beta=0.00$) y a menor temperatura ($\beta=-0.00$), igual comportamiento fue señalado por Fernández *et al.*, (2005).

Los parámetros óptimos respecto a los valores de ASM, se determinó los valores de incremento máximo de ASM, siendo para cocona con un valor óptimo de 0.55 a una agitación de 1500.00 rpm y a temperatura de 40.00°C, tal como se observa en la Figura 51. De igual manera se determinó para tomate de árbol siendo con un valor óptimo en ASM de 0.17 a una agitación de 1250.40 rpm y a temperatura de 40.00°C, tal como se observa en la Figura 52.

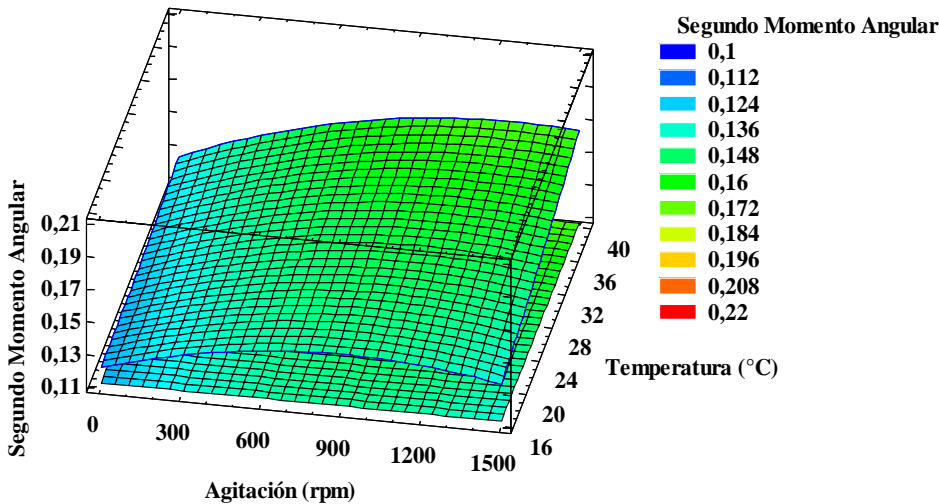
Segundo Momento Angular $Cocona = 0.227706 - 0.000536069*A + 0.00771701*T - 6.28497E-9*A^2 + 0.0000226031*A*T - 0.000326617*T^2$.



	Valor óptimo de cocona
ASM	0.55
Agitación (rpm)	1500.00
Temperatura (°C)	40.00

Figura 51. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y de temperatura en los valores de ASM en la textura en rehidratación de cocona.

Segundo Momento Angular $Tomate\ de\ árbol = 0.122303 + 0.0000364492*A - 0.000384198*T - 2.61212E-8*A^2 + 7.21967E-7*A*T + 0.0000125579*T^2$.



	Valor óptimo en tomate de árbol
ASM	0,17
Agitación (rpm)	1250.40
Temperatura (°C)	40.00

Figura 52. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y de temperatura en los valores de ASM en la textura en rehidratación de tomate de árbol.

En la Figura 51, se observa que la mayores velocidades de agitación y temperatura la textura de la cocona se ablanda, por ello presentando una textura suave, por ello se la agitación óptima es a una agitación de 1500.00 rpm y a temperatura de 40.00°C así incrementando el ASM en 0.55 (contorno de color rojo). De la misma manera se aprecia en la Figura 52 para el tomate de árbol, que al someter a mayor agitación y temperatura presenta mayor suavidad en la textura, por ello el incremento óptimo se ASM es en 0.17 a una agitación de 1250.40 rpm y temperatura de 40.00°C (contorno de color verde), este proceso de ganancia de ablandamiento es por la absorción del agua, llegando así la textura más suave al transcurso del tiempo. Esto coincide con lo afirmado por Fernández *et al.*, (2005) que una de las características de textura que se relaciona con los cambios presentes en la estructura durante el proceso de la rehidratación es el Segundo Momento Angular, el cual es una medida de la uniformidad de la imagen, por lo tanto, si una imagen es uniforme este parámetro de textura tendrá valores altos (Flores, 2007).

Considerando que el concepto de Segundo Momento Angular está relacionada al de Uniformidad (Haralick y Shanmugam, 1973); la evaluación de este parámetro durante la rehidratación de las muestras deshidratadas de cocona y tomate de árbol sometidas a diferentes tratamientos de hidratación están relacionadas a los procesos de transferencia de masa, transferencia de calor al interior de la estructura de las muestras. La transferencia de masa (agua) comienza siempre desde la superficie de las muestras deshidratadas difundiendo en la estructura interna de las rodajas deshidratadas así reconstituyéndose medida que transcurre el tiempo. La transferencia de calor siempre inicia desde los extremos del producto hacía el interior de la estructura, ello facilitando la transferencia de masa al interior de la estructura del producto.

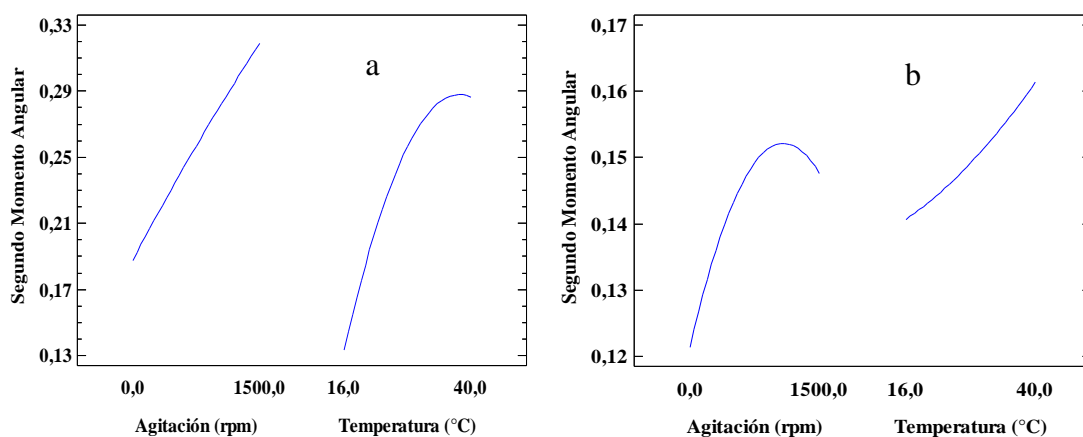


Figura 53. Gráfica de efecto principal de la agitación y de temperatura en la textura ASM en rehidratación de cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 51 y 53a, se estima que la agitación presenta un efecto lineal positivo y la temperatura presenta un efecto cuadrático en la rehidratación de cocona, por lo que presenta mayor incremento de ASM siendo 0.55 al someter a una agitación máxima siendo 1500.00 rpm y a temperatura de 40.00°C. En cambio en la Figura 52 y 53b, se aprecia que la agitación presenta un efecto cuadrático negativo y para la temperatura presenta un efecto lineal, por lo que al someter los factores de agitación y temperatura a mayores valores, presentan mayor incremento de ASM en tomate de árbol siendo 0.17 a una agitación de 1250.40 rpm y a una temperatura de 40.00°C, luego de esta presenta un declive, las rodajas de tomate de árbol dejan de ganar su ASM, esto debido a que los poros de las rodajas de tomate de árbol se saturaron de agua por tanto ya no absorben más agua provocando este declive (Haralick y Shanmugam, 1973).

En la Tabla I del Anexo 20, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en el incremento de ASM en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra que no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) para el factor de agitación, temperatura, en el efecto cuadrático de agitación, en la interacción de agitación con la temperatura y en el efecto cuadrático de temperatura, porque estas son independientes en la incremento de ASM en la rehidratación, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 52.41% del modelo, con lo que su confiabilidad es baja.

En la Tabla II del Anexo 20, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en el incremento de ASM en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra que no existe diferencia significativa ($p>0.05$) para el factor de agitación, temperatura, en el efecto cuadrático de agitación, en la interacción de agitación con la temperatura y en el efecto cuadrático de temperatura, porque estas son independientes en el incremento de ASM en la rehidratación, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 28.99% del modelo, con lo que su confiabilidad es baja.

4.3.4.2. Entropía para cocona y tomate de árbol en la rehidratación

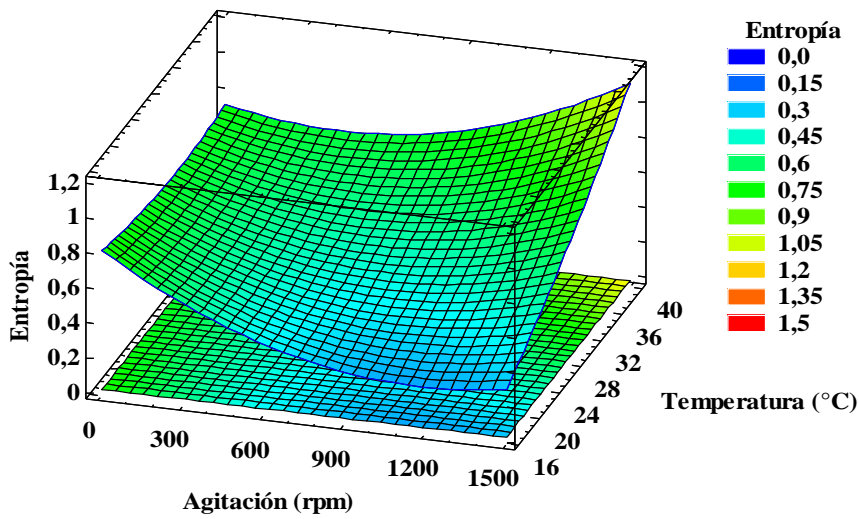
En la Tabla II y IV del Anexo 16, se aprecian los valores del descriptor estadístico de Entropía en la rehidratación de cocona y tomate de árbol.

Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del diseño compuesto central propuesto en escala codificada para disminución de Entropía en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 54 y 55.

Se puede apreciar de las ecuaciones que los valores de ET no disminuyen a mayor escala en cocona, cuando al someter menores velocidades de agitación ($\beta=-0.001$) e incrementa los valores de ET a mayores temperaturas ($\beta=-0.03$) de deshidratación implicado. Sin embargo para el tomate de árbol los valores de ET no disminuyen a mayor escala, cuando al someter a menores velocidades de agitación ($\beta=-0.00$) y a menores temperaturas ($\beta=-0.03$), igual comportamiento fue señalado por Fernández *et al.*, (2005).

Los parámetros óptimos respecto a los valores de ET, se determinó disminución máxima de ET, siendo para cocona con un valor óptimo de 1.13 a una agitación de 1500.00 rpm y a temperatura de 40.00°C, tal como se observa en la Figura 54. De igual manera se determinó para tomate de árbol siendo con un valor óptimo en ET de 0.92 a una agitación de 1500.00 rpm y a temperatura de 40.00°C, tal como se observa en la Figura 55.

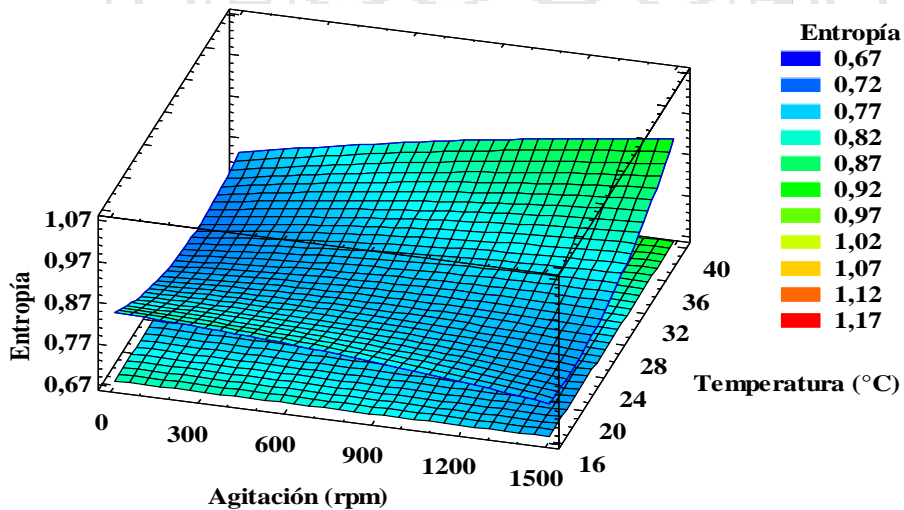
$$\text{Entropía}_{\text{Cocona}} = 1.10671 - 0.00136777*A - 0.0260445*T + 4.07697E-7*A^2 + 0.000025491*A*T + 0.000419005*T^2.$$



	Valor óptimo de cocona
ET	1.13
Agitación (rpm)	1500.00
Temperatura (°C)	40.00

Figura 54. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y de temperatura en los valores de ET en la textura en rehidratación de cocona.

$$\text{Entropía}_{\text{Tomate de árbol}} = 1.16975 - 0.000135776*A - 0.0277804*T - 2.26688E-8*A^2 + 0.00000705306*A*T + 0.000432335*T^2.$$



	Valor óptimo en tomate de árbol
ET	0.92
Agitación (rpm)	1500.00
Temperatura (°C)	40.00

Figura 55. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y de temperatura en los valores de ET en la textura en rehidratación de tomate de árbol.

En la Figura 54, se observa que la mayores velocidades de agitación y temperatura la textura de la cocona se ablanda, por ello presentando una textura más suave, por ello la agitación óptima es a una agitación de 1500.00 rpm y a temperatura de 40.00°C así disminuyendo el ET en 1.13 (contorno de color amarillo). De la misma manera se aprecia en la Figura 55 para el tomate de árbol, que al someter a mayor agitación y temperatura presenta mayor suavidad en la textura, por ello la disminución óptimo de ET es en 0.92 a una agitación de 1500.00 rpm y temperatura de 40.00°C (contorno de color verde), este proceso de ganancia de ablandamiento es por la absorción del agua, llegando así la textura más suave al transcurso del tiempo (Haralick y Shanmugam, 1973).

Los valores menores de entropía presentan menor desorden en la superficie del producto, debido a que tiende a ganar más agua por tanto empieza a recuperar su textura suave. Estos cambios en los parámetros de textura nos están indicando efectivamente que las partículas presentan diferentes rugosidades y que estos cambios en rugosidades son provocados por el fenómeno de extracción, y que existe una dependencia de la textura de las partículas con las propiedades de rehidratación además de la composición de las partículas. La entropía es una medida del desorden de una imagen (Fernández *et al.*, 2005). La entropía y el Segundo Momento Angular son valores inversos ya que si una imagen tiene un alto valor de ASM significa que es muy homogénea y por lo tanto el valor de la entropía es pequeño (Haralick y Shanmugam, 1973).

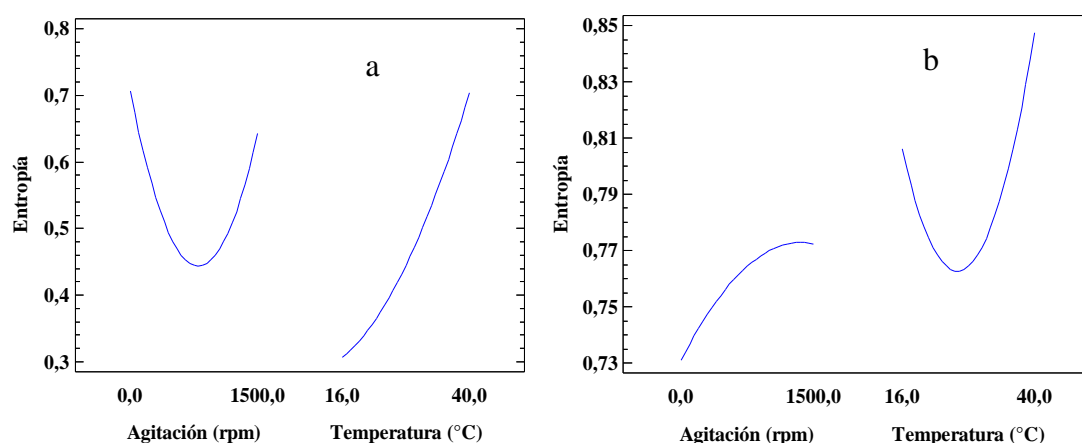


Figura 56. Gráfica de efecto principal de la agitación y de temperatura en la textura ET en rehidratación de cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 54 y 56a, se estima que la agitación y temperatura presenta un efecto cuadrático en disminución de ET en la rehidratación de cocona, por lo que presenta mayor disminución de ET en 1.13 al someter a una agitación máxima siendo 1500.00 rpm y a temperatura de 40.00°C. De la misma manera en la Figura 65 y 56b, se aprecia que la agitación y temperatura presenta un efecto cuadrático, por lo que al someter los factores de agitación y temperatura a mayores valores, presentan mayor disminución de ET en tomate de árbol siendo 0.92 a una agitación de 1500.00 rpm y a una temperatura de 40.00°C. Esto debido a que los poros de las rodajas de cocona y tomate absorben agua (Flores, 2007).

En la Tabla I del Anexo 21, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la disminución de ET en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra que no existe diferencia significativa ($p>0.05$) para el factor de agitación, temperatura, en el efecto cuadrático de agitación, en la interacción de agitación con la temperatura y en el efecto cuadrático de temperatura, porque estas son independientes en la disminución de ET en la rehidratación, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 54.71% del modelo, con lo que su confiabilidad es baja (Flores, 2007).

En la Tabla II del Anexo 20, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en la disminución de ET en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra que no existe diferencia significativa ($p>0.05$) para el factor de agitación, temperatura, en el efecto cuadrático de agitación, en la interacción de agitación con la temperatura y en el efecto cuadrático de temperatura, porque estas son independientes en la disminución de ET en la rehidratación, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 14.49% del modelo, con lo que su confiabilidad es baja.

4.3.5. Valores de color en espacio HSL mediante análisis de imagen en rehidratación de cocona y tomate de árbol

En la Tabla II y IV del Anexo 16, se presentan los valores del modelo de color HSL de las rodajas rehidratadas de cocona estudiados en la rehidratación. Como también podemos apreciar las imágenes en la Figura III y IV del Anexo 24 en las rodajas de cocona y tomate de árbol la influencia de recuperación del color para los factores óptimos.

4.3.5.1. Tonalidad (H) en rehidratación de cocona y tomate de árbol

En la Tabla II y IV del Anexo 16, se aprecian los valores de tonalidad en la rehidratación de cocona y tomate de árbol.

Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del diseño compuesto central propuesto en escala codificada para valores de tonalidad en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 57 y 58.

Se puede apreciar de las ecuaciones que el incremento de tonalidad en cocona incrementa, cuando al someter a menores velocidades de agitación ($\beta=0.001$) e incrementa los valores de tonalidad a mayores temperaturas ($\beta=-0.09$) de rehidratación implicado. Sin embargo para incremento de tonalidad en tomate de árbol incrementa, cuando al someter a menor velocidad de agitación ($\beta=0.002$) y a mayor temperatura ($\beta=-0.86$), igual comportamiento fue señalado por Chiralt y Talens, (2005).

Los parámetros óptimos respecto a los valores de tonalidad, se determinó el incremento máxima de tonalidad, siendo para cocona con un valor óptimo de 7.85° a una agitación de 175.61 rpm y a temperatura de 16.00°C como de observa en la Figura 57. De igual manera para tomate de árbol siendo con un valor óptimo en incremento máxima de tonalidad en 13.83° a una agitación de 51.17 rpm y a temperatura de 40.00°C , tal como de observa en la Figura 58.

$$\text{Tonalidad}_{\text{Cocona}} (^{\circ}) = 8.86783 + 0.00127207 * A - 0.0856259 * T - 0.00000278189 * A^2 - 0.0000183824 * A * T + 0.00104229 * T^2.$$

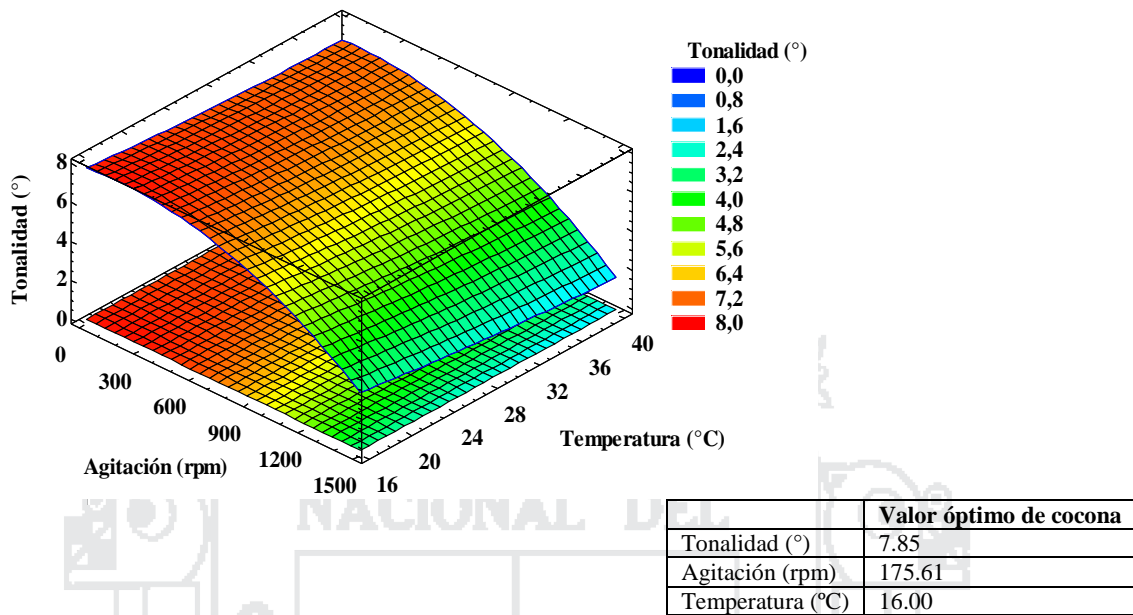


Figura 57. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en el incremento de tonalidad en la rehidratación de cocona.

$$\text{Tonalidad}_{\text{Tomate de árbol}} (^{\circ}) = 17.6749 + 0.00161514 * A - 0.857681 * T - 0.00000104424 * A^2 - 0.0000377089 * A * T + 0.0190391 * T^2.$$

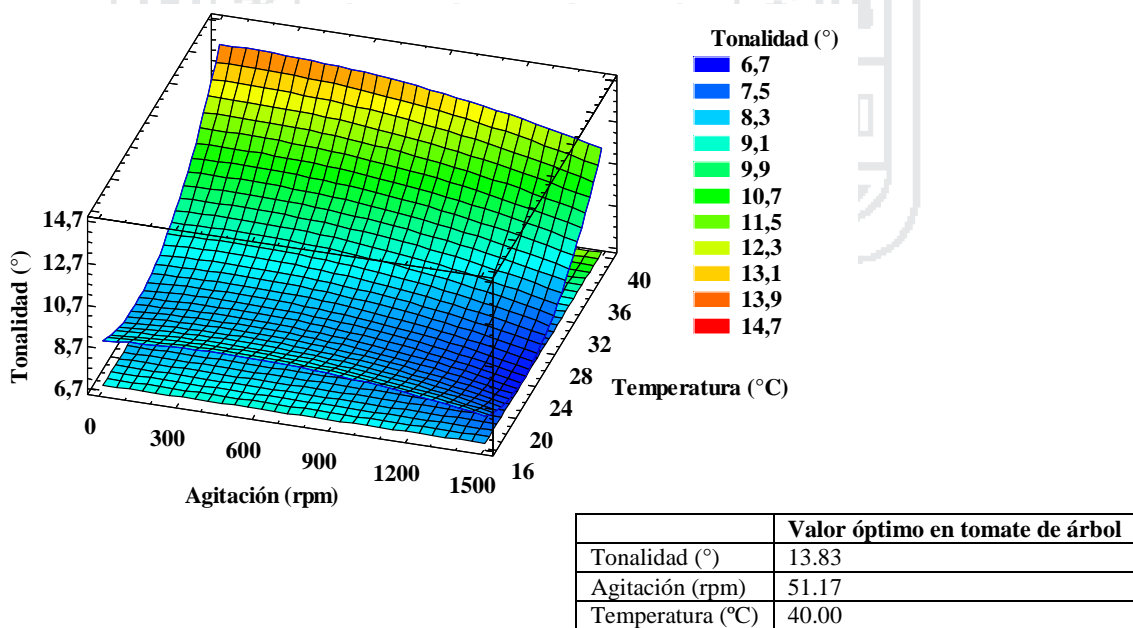


Figura 58. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en el incremento de tonalidad en la rehidratación de tomate de árbol.

En la Figura 57, se observa que menores velocidades de agitación y temperatura la tonalidad de la cocona se incrementa hasta poseer su color original como en su estado fresco, por ello presenta una coloración agradable, en cambio a mayores velocidades de agitación y temperatura la coloración se pierde, esto debido a la despigmentación por la acción de altas temperaturas y agitaciones, entonces para el incremento de tonalidad deseada la agitación óptima es a una agitación de 7.85 rpm y a temperatura de 16.00°C así incrementando la tonalidad en 7.85° (contorno de color rojo). Sin embargo en la Figura 58 para el tomate de árbol, que al someter a menor agitación y mayor temperatura presenta mayor incremento de tonalidad en la coloración, por ello el incremento óptimo de tonalidad es en 13.83° a una agitación de 51.17 rpm y a temperatura de 40.00°C (contorno de color anaranjado), este proceso de incremento de tonalidad a mayor temperatura es debido a que la textura del tomate de árbol es elástica en cambio en la cocona la textura es un poco rígida por ello necesita menor temperatura (Cuevas *et al.*, 2010).

Estos comportamientos de la incrementación estrecha de la tonalidad, es debido a la homogenización de pigmentos en el área total del producto Medina *et al.*, (2010). Algunos autores (Chiralt y Talens, 2005) han demostrado que no hay una variación relevante de los valores de Tonalidad asociada a los cambios en la translucidez de frutas.

Los cambios de color están asociados principalmente con la dispersión de los pigmentos del producto. Los cambios observados podrían atribuirse a recomposición de agua a la fruta, la cual recupera su color original (Guerrero-Beltrán, *et al.*, 2005).

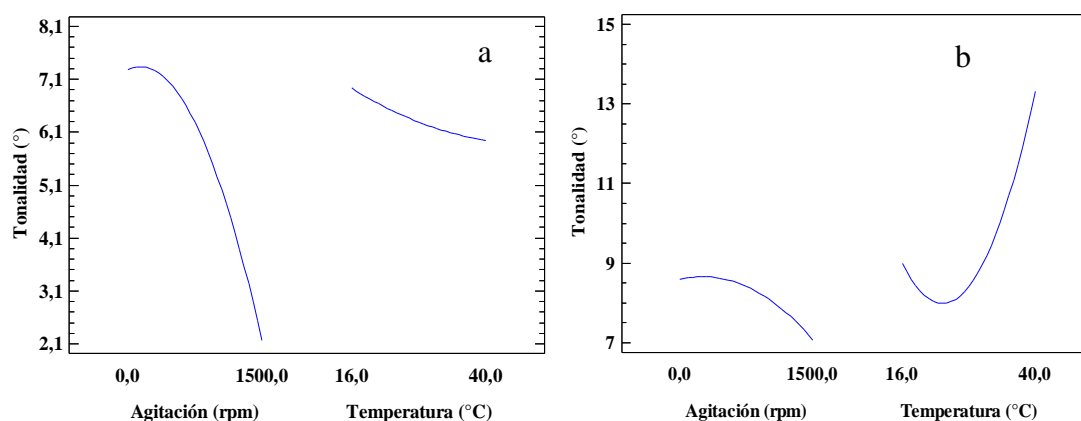


Figura 59. Gráfica de efecto principal de la agitación y temperatura en el incremento de tonalidad en la rehidratación de cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 57 y 59a, se estima que la agitación y temperatura presenta un efecto cuadrático negativo en el incremento de tonalidad en la rehidratación de cocona, por lo que presenta mayor incremento de tonalidad 7.85° al someter a una agitación máxima siendo 175.61 rpm y a temperatura de 16.00°C . En cambio en la Figura 58 y 59b, se aprecia que la agitación presenta un efecto cuadrático negativo y la temperatura presenta un efecto cuadrático, esto debido a que al someter los factores de agitación y temperatura a mayores valores, presentan mayor incremento de tonalidad en tomate de árbol siendo 13.83° a una agitación de 51.17 rpm y a una temperatura de 40.00°C , luego de esta presenta un declive, las rodajas de tomate de árbol dejan de ganar su tonalidad, esto debido a que los poros de las rodajas de cocona y tomate de árbol se saturaron de agua por tanto ya no absorben más agua provocando este declive en su coloración (Cuevas *et al.*, 2010).

En la Tabla I del Anexo 22, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en el incremento de tonalidad en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra diferencia significativa ($P < 0.05$) en el factor agitación, por ello este factor es dependiente en el incremento de tonalidad en la rehidratación, en cambio no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) para el factor temperatura, en el efecto cuadrático de agitación, en la interacción de agitación con la temperatura y en el efecto cuadrático de temperatura, porque estas son independientes en la incremento de tonalidad en la rehidratación, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 73.497% del modelo, con lo que su confiabilidad es alta.

En la Tabla I del Anexo 23, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en el incremento de tonalidad en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra diferencia significativa ($P < 0.05$) en el factor agitación, temperatura y en el efecto cuadrático de temperatura, por ello estos factores es dependiente en el incremento de tonalidad en la rehidratación, en cambio no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) en el efecto cuadrático de agitación y en la interacción de agitación con la temperatura, porque estas son independientes en la incremento de tonalidad en la rehidratación, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 96.31% del modelo, con lo que su confiabilidad es alta.

4.3.5.2. Saturación (S) en rehidratación de cocona y tomate de árbol

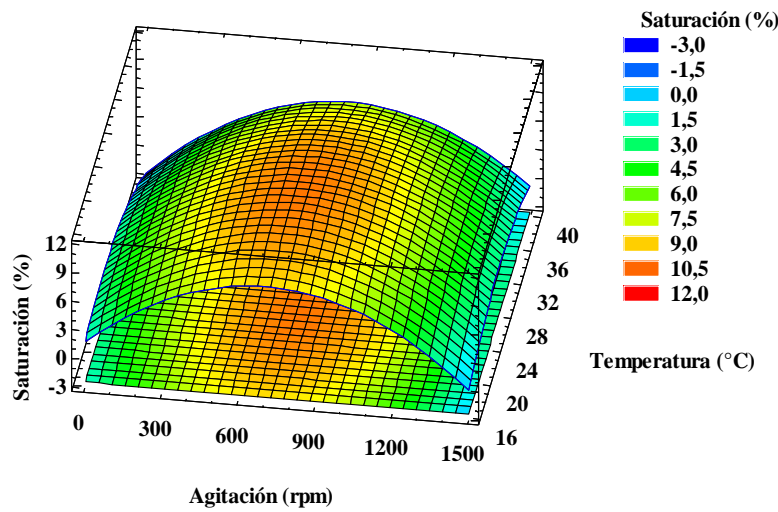
En la Tabla II y IV del Anexo 16, se aprecian los valores de saturación en la rehidratación de cocona y tomate de árbol.

Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del diseño compuesto central propuesto en escala codificada para valores de saturación en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 60 y 61.

Se puede apreciar de las ecuaciones que el incremento de saturación en cocona incrementa, cuando al someter a menores velocidades de agitación ($\beta=0.02$) e incrementa los valores de saturación a menores temperaturas ($\beta=0.78$) de rehidratación implicado. Sin embargo para incremento de saturación en tomate de árbol incrementa, cuando al someter a menor velocidad de agitación ($\beta=-0.004$) y a mayor temperatura ($\beta=-0.60$), igual comportamiento fue señalado por Chiralt y Talens, (2005).

Los parámetros óptimos respecto a los valores de saturación, se determinó el incremento máximo de saturación, siendo para cocona con un valor óptimo de 10.19% a una agitación de 744.88 rpm y temperatura de 25.97°C como se observa en la Figura 60. De igual manera para tomate de árbol siendo con un valor óptimo en incremento máxima de saturación 15.83% a una agitación de 474.31 rpm de Sacarosa y a temperatura de 40.00°C, tal como de observa en la Figura 61.

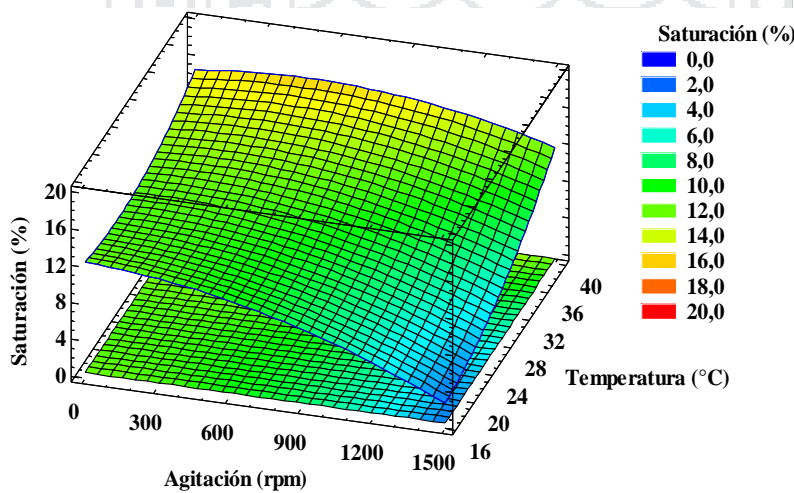
$$\text{Saturación Cocona (\%)} = -6.96119 + 0.0190427*A + 0.774869*T - 0.0000146015*A^2 + 0.000104296*A*T - 0.0164136*T^2.$$



	Valor óptimo de cocona
Saturación (%)	10.19
Agitación (rpm)	744.88
Temperatura (°C)	25.97

Figura 60. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en el incremento de saturación en rehidratación de cocona.

$$\text{Saturación Tomate de árbol (\%)} = 18.258 - 0.00428904*A - 0.597712*T - 0.00000358066*A^2 + 0.000192154*A*T + 0.0129227*T^2.$$



	Valor óptimo en tomate de árbol
Saturación (%)	15.83
Agitación (rpm)	474.31
Temperatura (°C)	40.00

Figura 61. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en el incremento de saturación en rehidratación de tomate de árbol.

En la Figura 60, se observa que a menores y mayores velocidades de agitación y a diferentes temperaturas la saturación de la cocona no incrementa en valores altas (contorno de color celeste y verde), en cambio a mayores velocidades intermedias de agitación y diferentes temperaturas la saturación incrementa, hasta poseer su color original como en su estado fresco, por ello presenta una coloración agradable esto debido a la dispersión homogénea de los pigmentos de la cocona, entonces para el incremento de tonalidad deseada la agitación óptima es a una agitación de 744.88 rpm y a temperatura de 25.97°C así incrementando la saturación en 10.19% (contorno de color rojo). Sin embargo en la Figura 61 para el tomate de árbol, que al someter a mayor agitación y menor temperatura presenta un incremento menor en la saturación (contorno de color azul y celeste), pero al someter a una agitación intermedia y temperatura alta hay mayor incremento de saturación en la coloración, por ello el incremento óptimo se saturación es en 15.83% a una agitación de 742.31 rpm y a temperatura de 40.00°C (contorno de color anaranjado), este proceso de incremento de saturación a mayor temperatura es debido a que la textura del tomate de árbol es elástica en cambio en la cocona la textura es un poco rígida por ello necesita menor temperatura (Cuevas *et al.*, 2010).

Este comportamiento de la incrementación estrecha de la saturación, es debido a la dispersión de pigmentos saturados en toda la región de tejido vegetal por la intervención de una acción de la temperatura y agitación Medina *et al.*, (2010). Algunos autores (Chiralt y Talens, 2005) han demostrado que no hay una variación relevante de los valores de saturación asociada a los cambios en la translucidez de frutas.

Los cambios de color están asociados principalmente con la dispersión de los pigmentos del producto. Los cambios observados podrían atribuirse recomposición de agua a la fruta, la cual recupera su color original (Guerrero-Beltrán, *et al.*, 2005).

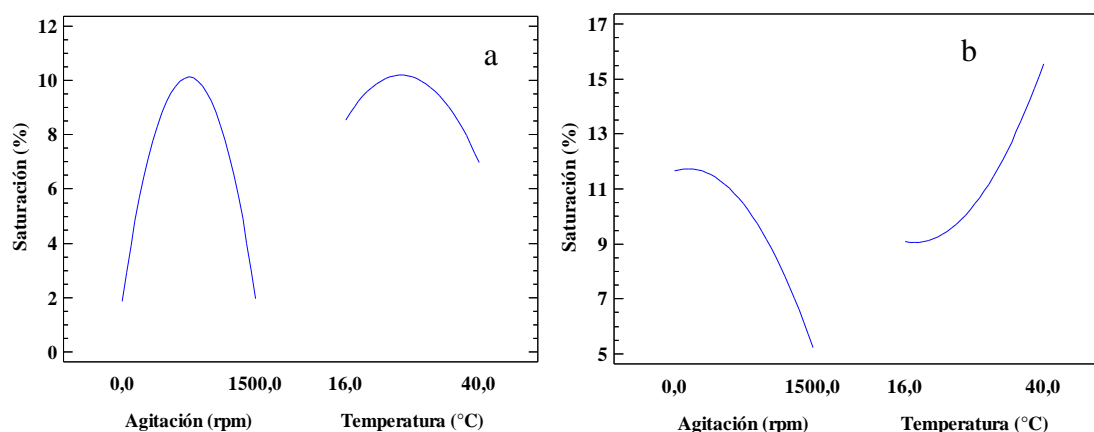


Figura 62. Gráfica de efecto principal de la agitación y temperatura en el incremento de saturación en la rehidratación de cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 60 y 62a, se estima que la agitación y temperatura presenta un efecto cuadrático negativo en la rehidratación de cocona, por lo que presenta mayor incremento de saturación siendo 0.19% al someter a una agitación siendo 744.88 rpm y a temperatura de 25.97°C. En cambio en la Figura 61 y 62b, se aprecia que la agitación presenta un efecto cuadrático negativo y la temperatura presenta un efecto cuadrático, esto debido a que al someter a agitación intermedia y a temperatura mayor, presentan mayor incremento de saturación en tomate de árbol siendo 15.83% a una agitación de 747.31 rpm y a una temperatura de 40.00°C (Guerrero-Beltrán, *et al.*, 2005).

En la Tabla II del Anexo 22, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en el incremento de saturación en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra diferencia significativa ($P < 0.05$) para el efecto cuadrático de agitación, por ello este factor es dependiente en el incremento de saturación en la rehidratación, en cambio no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) para el factor de agitación, temperatura, en la interacción de agitación con la temperatura y en el efecto cuadrático de temperatura, porque estas son independientes en la incremento de saturación en la rehidratación, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 76.99% del modelo, con lo que su confiabilidad es alta.

En la Tabla II del Anexo 23, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en el incremento de saturación en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra que no existe diferencia significativa

($p > 0.05$) para el factor de agitación, temperatura, en el efecto cuadrático de agitación, en la interacción de agitación con la temperatura y en el efecto cuadrático de temperatura, porque estas son independientes en la incremento de saturación en la rehidratación, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 62.22% del modelo, con lo que su confiabilidad es alta.

4.3.5.3. Luminosidad (L) en rehidratación de cocona y tomate de árbol

En la Tabla II y IV del Anexo 16, se aprecian los valores de luminosidad en la rehidratación de cocona y tomate de árbol.

Por ello los datos obtenidos se evaluaron en el diseño estadístico de DCCR mediante superficie de respuesta en el programa STATGRAPHICS para hallar los parámetros óptimos, por tanto las ecuaciones del superficie de respuesta para el modelo ajustado del diseño compuesto central propuesto en escala codificada para valores de luminosidad en cocona y tomate de árbol se muestra en la Figura 63 y 64.

Se puede apreciar de las ecuaciones que el incremento de luminosidad en cocona incrementa, cuando al someter a menores velocidades de agitación ($\beta = -0.02$) e incrementa los valores de luminosidad a menores temperaturas ($\beta = 2.27$) de rehidratación implicado. Sin embargo para incremento de luminosidad en tomate de árbol incrementa, cuando al someter a menor velocidad de agitación ($\beta = -0.01$) y a menor temperatura ($\beta = 0.46$), igual comportamiento fue señalado por Chiralt y Talens, (2005).

Los parámetros óptimos respecto a los valores de luminosidad, se determinó el incremento máxima de luminosidad, siendo para cocona con un valor óptimo de 12.17% a una agitación de 0.00 rpm y temperatura de 27.50°C, como de observa en la Figura 63. De igual manera para tomate de árbol siendo con un valor óptimo en incremento máxima de saturación 9.65% a una velocidad de agitación de 0.00 rpm y a temperatura de 17.20°C, tal como de observa en la Figura 64.

$$\text{Luminosidad}_{\text{Cocona}} (\%) = -19.0999 - 0.000171463 * A + 2.27423 * T - 3.33863E-7 * A^2 - 0.000020826 * A * T - 0.0413566 * T^2.$$

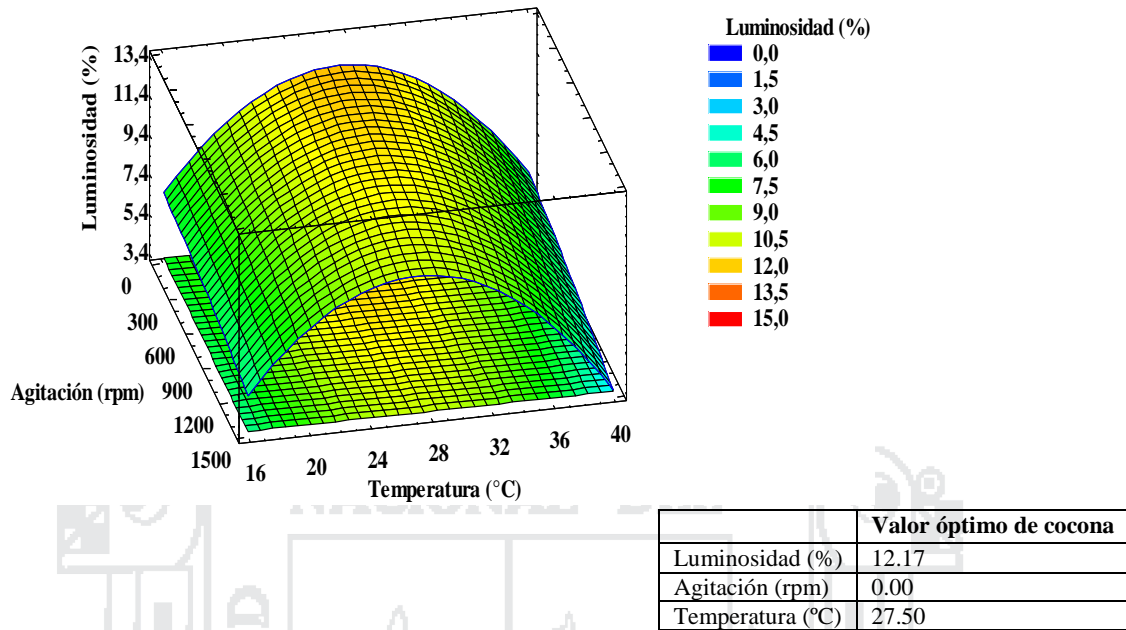


Figura 63. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en la incremento de luminosidad en la rehidratación de cocona.

$$\text{Luminosidad}_{\text{Tomate de árbol}} (\%) = 5.7361 - 0.0137134 * A + 0.45576 * T + 7.60354E-7 * A^2 + 0.000316166 * A * T - 0.0132547 * T^2.$$

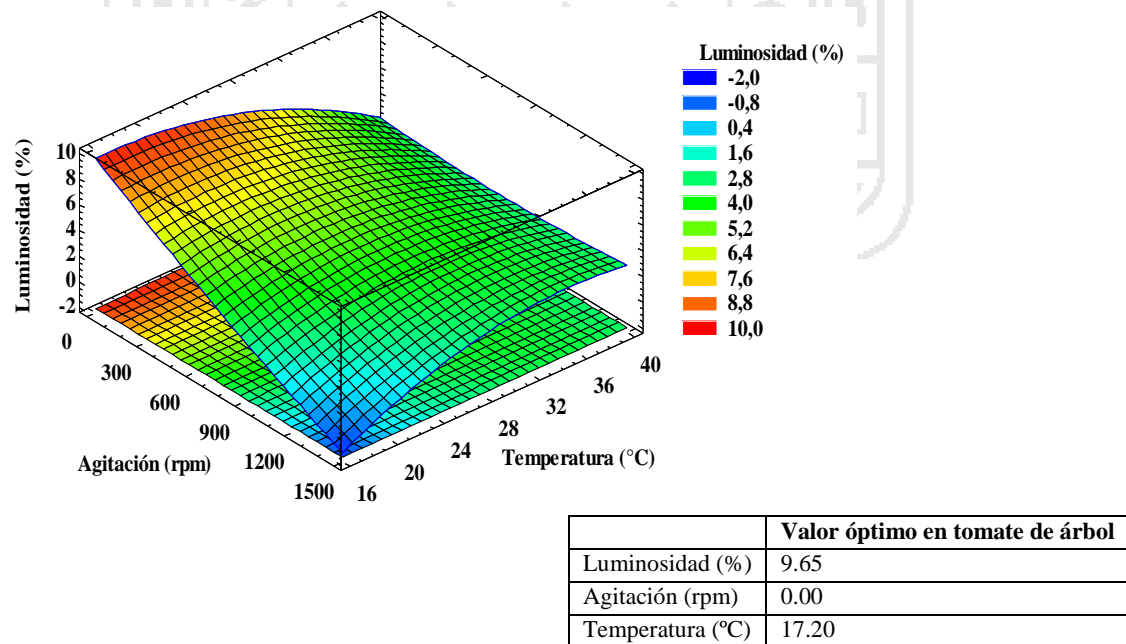


Figura 64. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en la incremento de luminosidad en la rehidratación de tomate de árbol.

En la Figura 63, se observa que a mayores velocidades de agitación y temperaturas la saturación no incrementa (contorno de color celeste y verde) en la rodajas de cocona, en cambio a menores velocidades de agitación y temperaturas la saturación de la cocona incrementa en valores altas (contorno de color anaranjado y rojo), por ello a estas condiciones recupera su luminosidad original como en su estado fresco, por ello presenta una coloración agradable esto debido a la dispersión homogénea de los pigmentos de la cocona, entonces para el incremento de luminosidad deseada, la agitación óptima es a 0.00 rpm y a temperatura de 27.50°C así incrementando la luminosidad en 12.17% (contorno de color rojo). Sin embargo en la Figura 64 para el tomate de árbol, que al someter a mayor agitación y temperatura presenta un incremento menor en la luminosidad (contorno de color azul y celeste), pero al someter a una agitación menor y temperatura hay mayor incremento de luminosidad en la coloración, por ello el incremento óptimo se saturación es en 9.65% a una agitación de 0.00 rpm y a temperatura de 17.20°C (contorno de color rojo) (Cuevas *et al.*, 2010).

Este comportamiento de la incrementación de la luminosidad, es debido a la predominante de algunos colores blancos presentes Medina *et al.*, (2010). Algunos autores (Chiralt y Talens, 2005) han demostrado que no hay una variación relevante de los valores de Luminosidad asociada a los cambios en la translucidez de frutas.

Los cambios de color están asociados principalmente con la dispersión de los pigmentos del producto. Los cambios observados podrían atribuirse recomposición de agua a la fruta, la cual recupera su luminosidad original (Guerrero-Beltrán, *et al.*, 2005).

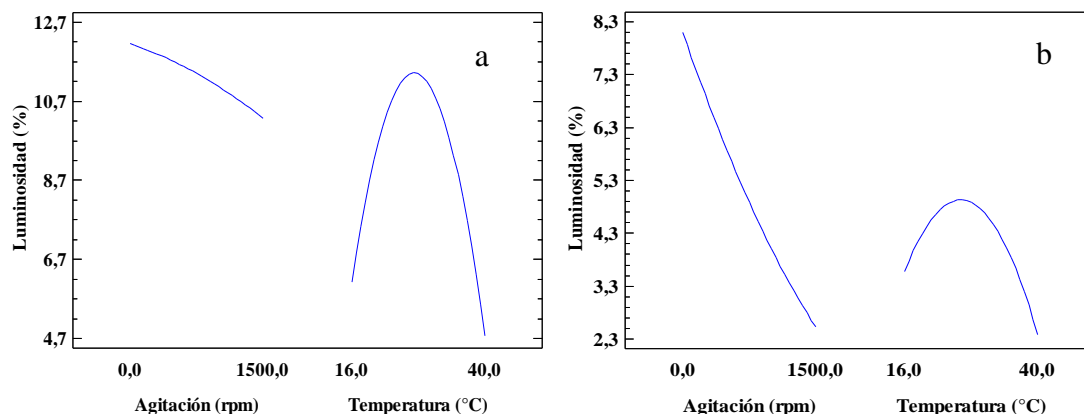


Figura 65. Gráfica de efecto principal de la agitación y temperatura en el incremento de luminosidad en la rehidratación de cocona (a) y tomate de árbol (b).

En la Figura 63 y 65a, se estima que la agitación y temperatura presenta un efecto cuadrático negativo en la rehidratación de cocona, por lo que presenta mayor incremento de luminosidad 12.17% al someter a una agitación máxima siendo 0.00 rpm y a temperatura de 27.50°C. De la misma manera en la Figura 64 y 65b, se aprecia que al someter los factores de agitación y temperatura a menores valores, presentan mayor incremento de luminosidad en tomate de árbol siendo 9.65% a una agitación de 0.00 rpm y a una temperatura de 17.20°C, luego de esta presenta un declive, las rodajas de cocona y tomate de árbol dejan de incrementar su luminosidad, esto debido a la saturación por efecto de gelatinización de la textura del alimento así encerrando la dispersión de los pigmento, esto debido al efecto de la temperatura provocando este declive (Cuevas *et al.*, 2010).

En la Tabla III del Anexo 22, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en el incremento de luminosidad en cocona con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra diferencia significativa ($P < 0.05$) para el efecto cuadrático de temperatura, por ello este factor es dependiente en el incremento de luminosidad en la rehidratación, sin embargo no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) para el factor de agitación, temperatura, en el efecto cuadrático de agitación y en la interacción de agitación con la temperatura, porque estas son independientes en la incremento de luminosidad en la rehidratación, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 70.45% del modelo, con lo que su confiabilidad es alta.

En la Tabla III del Anexo 23, se observa el análisis de varianza del diseño de superficie de respuesta en el incremento de luminosidad en tomate de árbol con un análisis cualitativo a un nivel de confianza del 95%, por ello muestra diferencia significativa ($P < 0.05$) para el factor agitación, por ello este factor es dependiente en el incremento de luminosidad en la rehidratación, sin embargo no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) para el factor temperatura, en el efecto cuadrático de agitación, en la interacción de agitación con la temperatura y el efecto cuadrático de temperatura, porque estas son independientes en la incremento de luminosidad en la rehidratación, como se puede observar que el coeficiente de determinación explica el 74.42% del modelo, con lo que su confiabilidad es alta.

4.3.6. Optimización de múltiples respuestas en rehidratación de cocona y tomate de árbol

La determinación de parámetros de agitación y temperatura respecto a las múltiples variables de respuesta óptimas en la ganancia de masa, ganancia de volumen y ganancia de actividad de agua, valores de textura y valores de color, se determinó la deseabilidad del parámetro óptimo de todas las variables de respuesta en la rehidratación de cocona y tomate de árbol, para ello se optimizó con los datos de las variables tomando los datos de deseabilidad baja y alta como se muestra en las Tabla I y II del Anexo 25 y 26, esto aplicando el diseño estadístico de DCCR.

4.3.6.1. Optimización de múltiples respuestas en la rehidratación de cocona

En la Figura 66, se aprecia los parámetros óptimos frente a la agitación y temperatura respecto a la deseabilidad de las múltiples respuestas en la rehidratación de cocona.

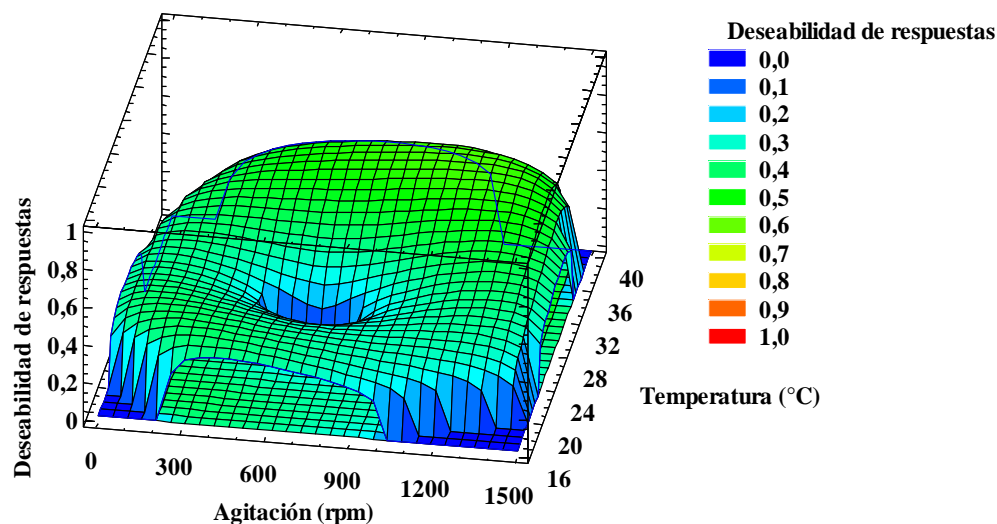


Figura 66. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en la deseabilidad de respuesta global en la rehidratación de cocona.

Por ello la deseabilidad global óptima para la rehidratación de cocona es de 0.57 a una agitación de 1079.75 rpm y a una temperatura de 37.20°C (contorno color verde amarillo), así obteniendo las variables de respuestas óptimas de ganancia de masa en 7.43 gramos, ganancia de volumen en 5.62 cm³, ganancia de Aw en 0.56, incremento de ASM en 0.39, disminución de ET en 0.74, incremento de tonalidad en 4.52°, incremento de saturación en 6.88% e incremento de luminosidad en 6.86%.

4.3.6.2. Optimización de múltiples respuestas en la rehidratación de tomate de árbol

En la Figura 67, se aprecia los parámetros óptimos frente a la agitación y temperatura respecto a la deseabilidad de las múltiples respuestas en la rehidratación de tomate de árbol.

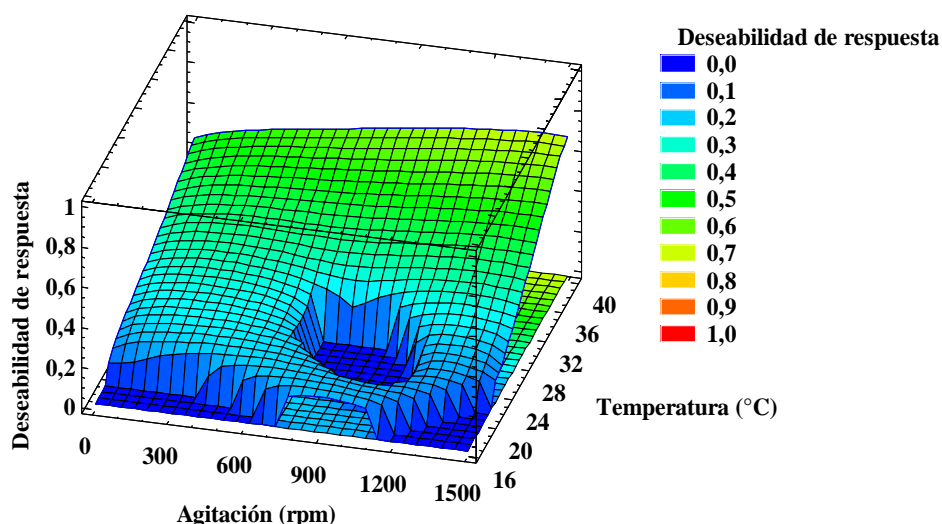


Figura 67. Superficie de respuesta que muestra el efecto de la agitación y temperatura en la deseabilidad de respuesta global en la rehidratación de tomate de árbol.

Por ello la deseabilidad global óptima para la rehidratación de tomate de árbol es de 0.70 a una agitación de 1363.04 rpm y a una temperatura de 40.00°C (contorno color amarillo), así obteniendo las variables de respuestas óptimas de ganancia de masa en 3.30 gramos, ganancia de volumen en 3.02 cm³, ganancia de Aw en 0.54, incremento de ASM en 0.17, disminución de ET en 0.91, incremento de tonalidad en 12.04°, incremento de saturación en 13.00% e incremento de luminosidad en 2.72%.

V. CONCLUSIONES

La aplicación de concentración de sacarosa y cloruro de calcio tuvieron un efecto importante en la deshidratación osmótica. Los máximos niveles de pérdida de masa, pérdida de volumen, pérdida de actividad de agua, ganancia de sólidos, disminución de ASM, incremento de ET, disminución de tonalidad, disminución de saturación, disminución de luminosidad fueron a una concentración de sacarosa de 63.53% y cloruro de calcio de 2.04% para cocona y para tomate de árbol a una concentración de sacarosa de 65.00% y cloruro de calcio de 2.73%. Las características fisicoquímicas del producto osmodeshidratado, reporto: humedad 53.43%, proteína 3.91%, cenizas 3.16%, grasa 4.31%, fibra 13.45%, carbohidratos 21.74 en cocona y humedad 51.63%, proteína 3.08%, cenizas 2.91%, grasa 6.84%, fibra 18.88% y carbohidratos 16.66% en tomate de árbol. En cuanto al análisis microbiológico para ambos productos se encuentran dentro de los rangos permisibles.

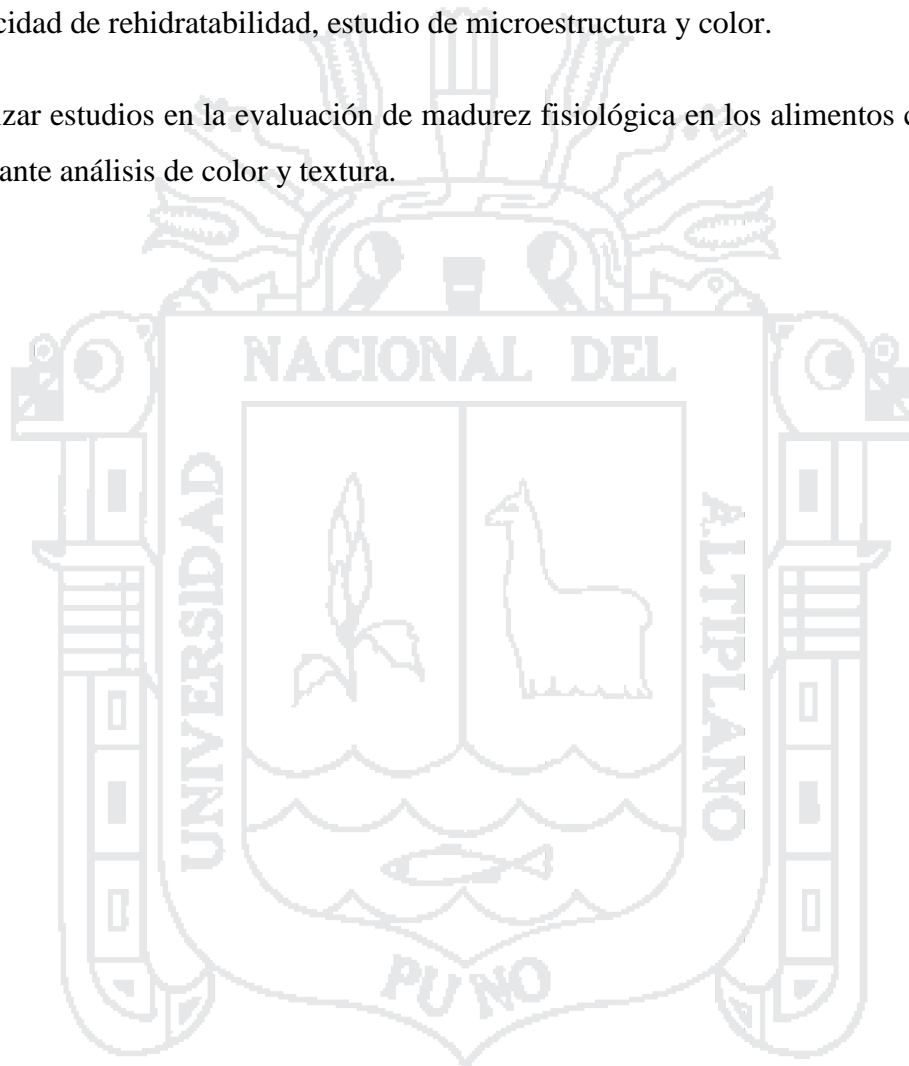
La aplicación de la velocidad de agitación y temperatura tuvieron un efecto importante en la rehidratación. Los máximos niveles de ganancia de masa, ganancia de volumen, ganancia de actividad de agua, incremento de ASM, disminución de ET, incremento de tonalidad, incremento de saturación e incremento de luminosidad fueron a una velocidad de agitación de 1079.75 rpm y a una temperatura de 37.20°C para cocona y para tomate de árbol es a una velocidad de agitación de 1363.04 rpm y a una temperatura de 40.00°C.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar trabajos similares con la utilización de otros solutos osmodeshidratantes para estudiar las reacciones en el alimento a deshidratar analizando su microestructura y color.

Hacer estudios en la rehidratación de aquellos productos deshidratados para ver su capacidad de rehidratabilidad, estudio de microestructura y color.

Realizar estudios en la evaluación de madurez fisiológica en los alimentos climatéricos mediante análisis de color y textura.



VII. BIBLIOGRAFIA

- Abramoff, M., Magelhaes, P. y Ram, S. (2004). Image processing with Image J. *Biophotonics International*, 11, 36 – 42.
- Abu-ghannam, N. y Mckenna, B. (1997a). Hydration kinetics of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.), en: *journal of food science*. vol. 62, n°. 3. p. 520-523.
- Agudelo, C., Igual, M., Talens, P. y Martínez-Navarrete, N. (2012). Aplicación de un método de secado combinado para la obtención de porciones de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) de alta calidad. Grupo de Investigación e Innovación Alimentaria (CUINA). Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n. 46022. Valencia.
- Aguirre, M. (2001). Las plantas y su estructura 1” <http://mail.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/planta1.htm>, (Enero, 2010).
- Andrade, J., Rocha, I. y Silva Filho, D. (1997). Características físicas y composición química de frutos de poblaciones naturales de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) evaluadas en el Amazonas Central. *Revista Brasileña de Fruticultura*.
- A.O.A.C. (2000). Association of official Analytical Chemist Official Methods of Analysis. Washington. D.C.
- Arteaga, G., Li-chang, E., Arteaga, M. y Nakai, S. (1994). Systematic experimental designs for product formula optimization. *Trends Food Sci. Technol.* 5: 243-254.
- Atares, L., González, M., y Chiralt, A. (2002). Influencia del soluto en la deshidratación osmótica de manzanas. II Congreso Español de Ingeniería de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. España. Documento en línea. <http://cesia.udl.es/tc/TE-22.pdf>. Fecha de Consulta: 02 de febrero de 2003.
- Azoubel, P. y Murr, F. (2003). Optimization of osmotic dehydration of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) in sugar solutions. *Food Science and Technology International* 9(6): 427-433.

- Barat, J., Chiralt, A. y Fito, P. (2001b). Effect of osmotic solution concentration, temperature and vacuum impregnation pre-treatment on osmotic dehydration kinetics of apple slices. *Food Service and Technology International*, 7, 451-456.
- Barat, J. (1998). Desarrollo de un modelo de la deshidratación osmótica como operación básica. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Barat, J. (1997). Desarrollo de un modelo de la deshidratación osmótica como operación básica, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Barbosa, G. y Vega, H. (2000). *Deshidratación de los alimentos* (A.S.A. Ed.). Zaragoza-España.
- Barbosa, J. 2002. Influencia da la temperatura de la concentración osmótica de abóbora utilizando metodología de desposta. 82 f. *Disertação* (Mestrado en Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidades Estaduales de Campinas.
- Bernal, J. (1994). El cultivo del tomate de árbol. En: *Memorias del curso Regional de Actualización de Frutas Tropicales*. C.I. Nataima. Ica Corpoica. Espinal Tolima. 224p.
- Bevk, M. y Kononenko, I. (2002). Statistical approach to texture description of medical images: A preliminary study. *Proceedings of the 15th IEEE Symposium on Computer – Based Medical Systems*, 239 – 244.
- Brennan, J. (2008). *Manual del procesado de los alimentos*. Zaragoza (España): Editorial Acribia S.A.
- Brito, B. (2003). Informe del Proyecto INIAP-PROMSA IQ-CV-077 “Aplicación de nuevas tecnologías agroindustriales para el tratamiento de frutas tropicales y andinas de exportación”, Quito, Ecuador, p. 20.
- Cahuaya, S. y Cayo, A. (2010). Construcción de un equipo de Deshidratación Osmótica con Pulso de vacío y su Evaluación en láminas de papaya (*carica papaya* L.). (Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial), Universidad Nacional del Altiplano Puno, Puno-Perú.

- Calzetta, A., Aguerre, R. y Suarez, C. (2006). Hydration kinetics of amaranth grain. *Journal of Food Engineering*, 72(3): 247-253.
- Camacho, G. y Romero, G. (1996). Obtención y conservación de pulpas: Mora, guanábana, lulo y mango. Bogotá. ICTA - Universidad Nacional de Colombia.
- Cardona, J. (2011). Estudio de metabolitos fijos y volátiles en tres morfotipos de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) procedentes del departamento del Guaviare. Tesis de grado para optar al título de Master en Ciencias-Química, Bogota D.C., Colombia, pags12-13.
- Chaudhari, A., Kumbhar, B., Singh, B. y Maharaj, N. (1993). Osmotic dehydration of fruits and vegetables - a review. *Indian-Food-Industry*, 12, 20-27.
- Cornejo, Z. Y Núñez, T. (2000). Modelación matemática de la cinética de deshidratación osmótica de la carga papaya.
- Cocquerez, J. y Philipp, S. (1997). *Analyse D'Images Filtrage et Segmentation*. Masson.
- Conway, W. y Sams, C. (1983). Possible mechanisms by which postharvest calcium treatment reduces decay in apples. *Phytopathology*, 74, 208-210.
- Contreras, C., Martín-Esparza, M., Martínez-Navarrete, N. y Chiralt, A. (2008). Influence of osmotic pre-treatment and microwave application on properties of air dried strawberry related to structural changes. *Eur Food Res Technol*, 224: 499-504.
- Cortez, J. (1994). Trabajo de grado: Procedimientos y condiciones de operación para la deshidratación osmótica de pitaya, mango y espárragos. Ingeniería Química Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Cháfer, M., González-Martínez, C., Ortolá, M., Chiralt, A. y Fito, P. (2001). Kinetics of osmotic dehydration in orange and mandarin peels. *Journal of Food Process Engineering* 24, 273-289.
- Chiralt, A. y Talens, P. (2005). Physical and chemical changes induced by osmotic dehydration in plant tissues. *Journal of Food Engineering*, 67 (1-2), 167-177.

- Cuevas, E., Zalvivar, D. y Perez, M. (2010). Procesamiento digital de imágenes usando MATLAB y Simulink (Primera ed.). Alfaomega Grupo Editor S.A. México.
- Cunningham, S., McMinn, W., Magee, T. y Richardson, P. (2008). Experimental study of rehydration kinetics of potato cylinders, *Food and Bioproducts Processing*, 86, 15–24.
- Feicán, C., Encalada, C. y Larriva, W. (1999). El Cultivo de Tomate de Árbol; Estación Experimental Chuquipata, Granja Experimental Bullcay, Programa de Fruticultura, Cuenca, págs. 6, 25-45,47.
- Fellows, M. (1994). “Tecnología del Procesado de Alimentos”. Editorial Acribia Zaragoza – España. Pp. 549.
- Fernández, L., Castellero, C. y Aguilera, J. (2005). An application of image analysis to dehydration of Apple dish. *Journal of Food Engineering* 67:185-193
- Fito, P. y Chiralt, A. (1997). Osmotic Dehydration. An approach to the modelling of solid food-liquid operations: application to osmotic dehydration. En: P. Fito, E. OrtegaRodríguez y G. V. Barbosa-Cánovas (Ed.). *Food engineering* (2000) Chapman & Hall. New York. pp. 231-252.
- Fennema, O. (2000). *Introducción a la ciencia de los alimentos*. Editorial Acribia Zaragoza, España. Edición N°2.
- Flores, M. (2007). Determinación de estadios e madurez del plátano tabasco (*Musa spp*) a través del sistema de visión por computadora. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Departamento de Ingeniería Bioquímica.
- Gadkari, D. (2004). *Image Quality Analysis Using GLCM*. Thesis of Master of Science in Modeling and Simulation in the College of Arts and Sciences at the University of Central Florida Orlando, Florida.
- Gajardo, P.I. (2005). Caracterización y determinación de la estabilidad durante el almacenamiento de las proteínas de harina de quinua orgánica sin pulir y pulida proveniente de la VI región de Chile”. Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile, Santiago. 43p.

García, (2003). Experimentos en microbiología ED. C.E.C.S.A. Mexico.

García-pascual, P., Sanjuán, N., MELIS, R. y MULET, A. (2006). Morchella esculenta (morel) rehydration process modelling. Journal of Food Engineering, 72: 346–353.

García, A., Praderas, C. y Gladiana, M. (2010). Influencia del cloruro de calcio y de un tipo de empaque sobre las propiedades fisicoquímicas y la textura de la fresa (Fragaria x ananassa Duch.) durante el almacenamiento Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín. 63(1): 5417-5427.

García, G. M. (2010). Adquisición y representación de imágenes. Presentación de Asignatura “Procesamiento Audiovisual” Departamento de Informática y Sistemas, Universidad de Murcia. Disponible en <http://dis.um.es/profesores/ginesgm> consultado el 23/12/2012.

Genina, S. (2002). Deshidratación osmótica: alternativa para la conservación de frutas tropicales. Avance y perspectiva. 21: Pp. 321-324. Disponible en <http://www.cinvestav.mx/publicaciones/avayper/sepoct02/////Deshidratación.PDF>, visitado el 07/09/2007 a las 4:24pm.

Gonzalez, R. y Woods, R. (2002). Tratamiento Digital de Imágenes (Segunda ed.). Prentice Hall. New Jersey.

Gonzalez, R. y Woods, R. (1996). Tratamiento digital de imágenes, Addison-Wesley Publishing Co, Reading, Washington.

Guerrero-Beltrán, J., Swanson, B. y Barbosa-Cánovas, G. (2005). Inhibition of polyphenoloxidase in mango puree with 4-hexylresorcinol, cysteine and ascorbic acid. LWT - Food Science and Technology, 38(6), 625-630.

Haralick, R. y Shanmugam, K. (1973). Textural features for image classification IEEE. Transaction on system man and cybernetics SMC, 3 (6) 610-621.

Hernández, M. y Barrera, J. (2004). Bases técnicas para el aprovechamiento agroindustrial de especies nativas de la amazonia”, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, <http://www.sinchi.org.co/uploads/bases.pdf>, (Enero, 2009).

Heywood, V. (1979). Flowering plants of the world. University Press. Oxford, 335 p.

- Ibanez, V. (2009). "Análisis y diseños de experimentos". Primera edición. Edit. Universitaria. UNA- PUNO.
- Igual, M., Castelló, M., Roda, L., Ortolá, E. y Dolores, M. (2011). Development of HotAir Dried Cut Persimmon. *International Journal of Food Engineering*. 7: Iss. 5, Article 9.
- ICMSF (1990). *Microbial Ecology of Foods. Volume 2. Food Commodities*, New York: Academic Press. (ISBN 0-12-363502-0).
- James, R., Welty, E. y Robert, W. (1988). *Fundamentos de la transferencia de momento de calor y masa* (Limusa ed.).
- Jaramillo, M. (2004). *Determinación de Monosacáridos por Cromatografía en fase Gaseosa para caracterizar la pared celular de las frutas*, Proyecto de 76 titulación previo a la obtención del título de Licenciada en Ciencias Químicas, Pontificia Universidad Católica de Quito, Ecuador, pp. 64 -70.
- Jiménez, J. (2005). *Aplicación de la geometría fractal a agregados celulares de Beta vulgaris C. crecidos en suspensión*. Centro de desarrollo de productos bióticos IPN., Yauatepec, Morelos.
- Kaymak, E. (2000). *Drying and rehydration kinetics of green and red peppers*, *J Food Science*; 67(1): 168-175.
- Keqing, D. (2004). *Optimización del secado por aire caliente de pera (Variedad Blanquilla)*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Kowalska, H. y Lenart, A. (2001). *Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables*. *J. of Food Eng.*: 49, 137-140.
- Krokida, M. y Philippopoulos, C. (2005). *Rehydration of dehydrated foods*. *Drying Technology*, 23: 799-830.
- Krokida M. y Marinou-kouris, D. (2003). *Rehydration kinetics of dehydrated products*. *Journal Food Engineering*. (57): 1-7.

- Krokida, M., Kiranoudis, C. y Maroulis, Z. (2000). Effect of osmotic dehydration on colour and sorption *characteristics* of apple and banana. *Drying Technology*, 18(4/5): 937-950.
- Kurz, C., Carle, R. y Schieber, A. (2008). Characterisation of cell wall polysaccharide profiles of apricots (*Prunus armeniaca* L.), peaches (*Prunus persica* L.), and pumpkins (*Cucurbita* sp.) for the evaluation of fruit product authenticity. *Food Chemistry*, 106, 421-430
- Lazarides, H., Fito, P., Chiralt, A., Gekas, V. y Lenart, A. (1999). Advances in osmotic dehydration. En: *Processing Foods. Quality optimization and Process assesment*.
- Lazarides, H., Katsanidis, E. y Nickolaidis, A. (1995). Mass transfer kinetics during osmotic preconcentration aiming at minimal solid uptake. *Journal of Food Engineering*. 25(2), 151-166.
- León J. y Viteri. (2004). “Manual del Cultivo de Tomate de Árbol (*Solanum betaceum*), Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, 51 págs.
- Lerici, C., Pepe, M. y Pinnavaia, G. (1977). The osmotic dehydration of fruit. I. Results of laboratory experiments. *Industria Conserve*, 52(2): 125 -129.
- Lewicki, P. (1998). Effect of pre-drying treatment, drying and rehydration on plant tissue propertie: a review, *Internat J Food Properties*; 1: 1-22.
- Lewicki, P. (1998). A three parameter equation for food moisture sorption Isotherms, *Journal of Food Process Engineering*, 21, (2), 127-144.
- Lira, C. (2002). *Introducción al tratamiento digital de imágenes 1er edición*. Editorial IPN-UNAM; FLE México pp 13-44.
- Marcotte, M. y Le Maguer, M. (1991). Mass transfer in cellular tissues. Part I: the mathematical model. *Journal of Food Engineering*, 13, 199-220.
- Martinez, B. (2012). Efecto de la Concentración y la Temperatura en la Deshidratación Osmótica de Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea*), Ambato- Ecuador. Universidad Técnica de Ambato-Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

- Martinez, J., Martinez-Navarrete, N., Chiralt, A. y Fito, P. (1998a). Osmotic dehydration of apple as affected by vacuum impregnation with HM pectin. Ed. C.B. Akritidis; D. Marinos-Kounis y G.D. Saravacos. Drying '98. Ziti Editions, Thessaloniki, Vol. A, 836-843.
- Márquez, C., Otero, E. y Cortés R. (2007). Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en poscosecha Vitae, vol. 14, núm. 2, pp. 9-16, Universidad de Antioquia-Colombia.
- Mauro M. y Menegalli F. (2003). Evaluation of water and sucrose diffusion coefficients in potato tissue during osmotic concentration, *Journal of Food Engineering*, Vol. 57, 367-374
- Medina, W., Skurtys, O. y Aguilera, J. (2010a). Study on image analysis application for identification Quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd) geographical provenance. *Journal Food Science and Technology*. 43, 238–246.
- Medina, W., Laurent, S., Brandan, E. y Aguilera, J. (2010b). Uptake of tritiated liquids by individual breakfast cereal flakes. *Journal Food Science and Technology*. 75, 197.
- Mery, D. (2011). Automated Detection of Welding Discontinuities Without Segmentation. *Journal Food Science*.
- Ministerio de salud (MINSA) DIGESA. (2008). Norma sanitaria sobre criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Perú.
- Moreira, R., Chenol, F., Chaguri, L. y Fernandes, C. (2008). Water absorption, texture, and color kinetics of air-dried chestnuts during rehydration, *Journal of Food Engineering*, 86, 584–594.
- Morton, J. (1987). Tree Tomato. Recuperado el 23 de Febrero de 2011, de Fruits of warm climates: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/tree_tomato.html.
- Okos, M., Narsimhan, G., Singh, R. y Weitnauer, A. (1992). Deshidratación de alimentos. *Manual de Ingeniería de Alimentos*, eds. Nueva York, p.437-562.

- Ozdemir, M., Ozen, L. y Floros, J. (2008). Optimization of osmotic dehydration of diced green peppers by response surface methodology. *Food Science and Technology-LEB* 41(10): 2044-2050.
- Pahlen, A. (1977). Cubiu (*Solanum tojiro* Humbl. & Bonpl.), Uma Fruteira Da Amazõnia. *Acta Amazõnica*, 7, 301-307.
- Panagiotou., Nicolaos, M., Karathanos, V. y Maroulis, Z. (1998). Mass transfer modelling of the osmotic dehydration of some fruits. *International Journal of Food Science & Technology*. 33(3):267-284.
- Paredes, D. (2010). Evaluación nutricional de Cocona (*Solanun sessiliflorum* Dunal) deshidratada por método de bandejas a tres temperaturas. Tesis de grado para la obtención del título Bioquímico Farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Ecuador.
- Pereira da Silva, Railene Héric, Rocha. Carlos y Chamhum Salomã
- Pedreschi, F. y Mendoza, D. (2004). Classification of potato using pattern recognition *Journal of Food Science* 69 (6) E1-E5.
- Pérez, C. (2010). Computo evolutivo como enfoque en la descripción del contenido de la imagen aplicado a la segmentación y el reconocimiento de objetos. Tesis Doctoral. Ciencias de la computación, CICESE. México.
- Raoult-Wack, A. (1994). Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Food Science and Technology*, 5(8), 255-260.
- Rastogi N., Raghavarao K., Niranjan K. y Knorr D. (2002). Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer, *Trends in Food Science and Technology*, 13, 48-59.
- Rastogi N., y Raghavarao, K. (1996). Kinetics of osmotic dehydration under vacuum. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie (LWT) - Food Science and Technology*. 29(7):669-672.
- Rastogi, N. y Raghavarao, K. (1994). Effect of temperature and concentration on osmotic dehydration of coconut. *LWT, Food Science and Technology*, 27, 564–567.

- Resio, A., Aguerre, R. y Suarez, C. (2006). Hydration kinetics of amaranth grain, *Journal of Food Engineering*, 72, 247–253.
- Roland, J. (1980). “Visualisation des polysaccharides au niveaux ultrastructural”, In *Les Polymères Végétaux-Polymères “Pariétaux et Alimentaires non Azotéz”*. Costes C. et Monties B., Paris, Francia, pp. 30 - 45.
- Sablani, S., Rhaman, M. y Al-Sadeiri, D. (2002). Equilibrium distribution data for osmótica drying of apple cubes in sugra-water solution, *Journal of Food Engineering*, 52, 193-199.
- Salvatori, D., Andrés, A., Chiralt, A. y Fito, P. (1999). Osmotic dehydration progression in apple tissue I: spatial distribution of solutes and moisture content. *Journal of Food Engineering*, 42, 125-132.
- Schwartz, M. (1999). Principios y aplicaciones de métodos de factores combinados en la transformación de frutas. II Congreso Venezolano de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 120 p.
- Shi, X. y Fito, P. (1994). Mass Transfer in Vacuum Osmotic Dehydration of Fruits: A Mathematical Model Approach. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 27(1), 67-72
- Shi, X., Fito, P. y Chiralt, A. (1995). Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits *Food Research International*, 28(5), 445-454.
- Spiazzi, E. y Mascheroni, R. (1997). Mass Transfer Model for Osmotic Dehydration of Fruits and Vegetables. I. Development of the Simulation Model. *Journal of Food Engineering*, 34(4), 387–410.
- Suárez, M. (2007). Informe Final. Desinfección de granadilla, tomate de árbol y uchuva.
- Talens, P., Hartong, S., Martínez-navarrete, N., Chiralt, A. y Fito, P. (2000). Kinetics and equilibrium status in osmotic dehydration of strawberry *Proceedings of the 12th International Drying Simposium. IDS 2000*. Ed. P.J.A.M. Kerkhof, W.J. Coumans, D.D. Moolweer. Elsevier Science, Amsterdam. Paper N° 101.

- Ialens, P. (2002). Tratamientos osmóticos en la crío protección de fresa y kiwi. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Torres, K. (2007). Optimización de la etapa de hidrólisis ácida en el proceso de fosfatación de almidón por extrucción para la encapsulación de aceite esencial de naranja. Tesis. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mexico.
- Torres, A. (2012). Caracterización física, química y compuestos bioactivos de pulpa madura de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) (Cav.) Sendtn, Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar. Sartenejas, Caracas-Venezuela, Vol. 62 N° 4.
- Torreggiani, D. (1993). Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. Food Research International, vol. 26, pp. 59-68.
- Valdez, A., Martínez, F., Salas, J., Welti y Mújica H. (2007). Vacuum pulse-assisted pickling whole jalapeño pepper optimization. Journal of Food Engineering 79(4): 1261-1268.
- Vasco, C., Ávila, J., Ruales, J., Svanberg, U. y Kamal, A. (2009). "Physical and chemical characteristics of golden –yellow and purple-red varieties of tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.)", International Journal of Food Science, 60, 278.
- Villachica, H. (1996). Frutales y Hortalizas promisorios de la Amazonía. Lima.
- Weerts, A., Martin, D., Lian, G. y Melrose J. (2006). Modeling the hydration of foodstuffs, Simulation Modeling Practice and Theory (13): 119-128.
- Yao, Z., y Le Mayer, J. (1997). Mathematical modelling and simulation of mass transfer in osmotic dehydration processes. Part. III: Parametric study. Journal of food Engineering.
- Youn, K., Lee, J., Choi, Y. (1996) Changes of free sugar and organic acid in the osmotic dehydration process of apples. Korean Journal of Food Science, 28(6): 109 1103.
- Yuyama, L., Aguiar, J., Macedo, S., Gioia, T. y Silva Filho, D. (1997). Composición centesimal de diversas poblaciones de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) de la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones del Amazonas,

INPA. In: Anuales del II Simposio Latino Americano de Ciencias de Alimentos.

Campinas, S. P., Brasil.

Yuyama, L., Macedo, S., Yomkura, L., Aguiar, J., Silva Filho, D. y Yuyama, K. (1998).

Contenidos de minerales en algunas poblaciones de cocona (*Solanum sessiliflorum*

Dunal): datos preliminares. In: Anuales del XVI Congreso Brasileño de Ciencia y

Tecnología de Alimentos. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.



VIII. ANEXOS

ANEXO 1

Tabla I. Resultado del análisis fisicoquímico de cocona fresca y osmodeshidratada.

Parámetro	Cocona fresca	Cocona deshidratada
Humedad (%)	90.87	53.43
Proteína (%)	0.60	3.91
Carbohidratos (%)	3.52	21.74
Fibra (%)	3.92	13.45
Cenizas (%)	0.34	3.16
Grasa (%)	0.75	4.31
Brix (%)	5.65	57.03
Aw	0.99	0.69
pH	4.90	5.20
Ácido ascórbico (mg)	8.83	16.66

Tabla II. Resultado del análisis fisicoquímico de tomate de árbol fresco y osmodeshidratada.

Parámetro	Tomate de árbol fresco	Tomate de árbol deshidratada
Humedad (%)	85.15	51.63
Proteína (%)	1.58	3.08
Carbohidratos (%)	8.34	16.66
Fibra (%)	3.07	18.88
Cenizas (%)	0.58	2.91
Grasa (%)	1.28	6.84
Brix (%)	10.00	54,40
Aw	0.98	0.67
pH	5.50	5.40
Ácido ascórbico (mg)	28.01	33.60

ANEXO 2

Tabla I. Resultados del análisis microbiológico de cocona fresca y deshidratada.

Determinaciones	Fresca	Deshidratada
<i>Mohos</i>	1x10 ³ ufc/g	Negativo
<i>Levaduras</i>	1x10 ³ ufc/g	1x10 ² ufc/g
<i>Aerobios mesofilos</i>	Negativo	Negativo
<i>E. coli</i>	Negativo	Negativo
<i>Salmonella</i>	Negativo	Negativo

Tabla II. Resultados Análisis microbiológico de tomate de árbol fresco y deshidratado.

Microorganismos	Fresca	Deshidratada
<i>Mohos</i>	Negativo	Negativo
<i>Levaduras</i>	2x10 ³ ufc/g	1x10 ³ ufc/g
<i>E. coli</i>	Negativo	Negativo
<i>Salmonella</i>	Negativo	Negativo

Tabla III. Frutas y hortalizas frescas, desecadas deshidratadas o liofilizas.

Frutas y hortalizas frescas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas).						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g.	
					M	M
<i>Aerobios mesófilos</i>	1	3	5	3	10 ⁴	10 ⁶
<i>Escherichia Coli</i>	5	3	5	2	10	10 ²
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia/25g	--
Frutas y hortalizas desecadas, deshidratadas o liofilizadas.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g.	
					m	M
<i>Mohos</i>	2	3	5	2	10 ²	10 ³
<i>Levaduras</i>	2	3	5	2	10 ²	10 ³
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	5x10 ²
<i>Salmonella SP.</i>	10	2	5	0	Ausencia/25g	--

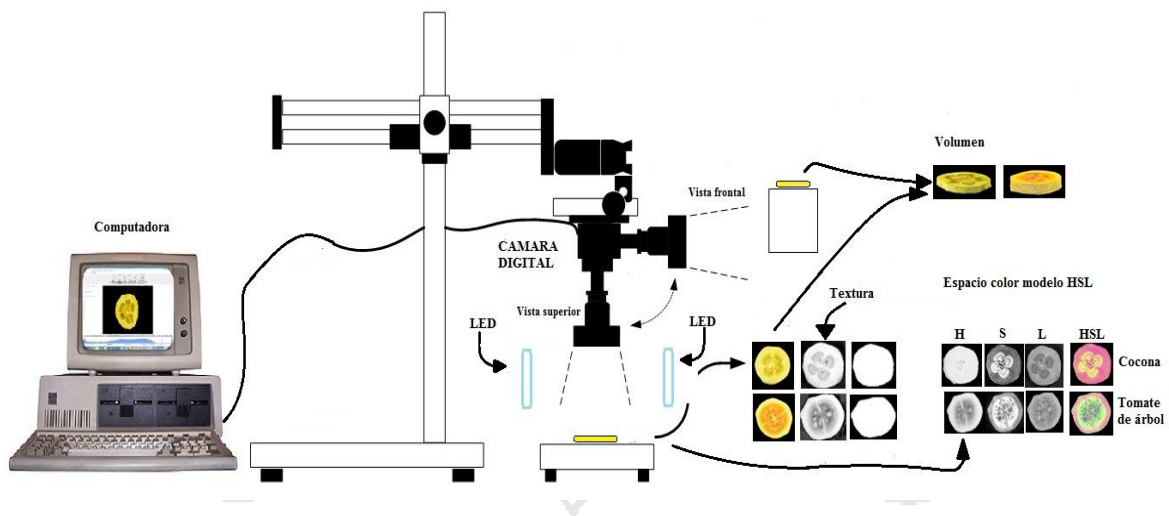
Fuente: MINSA, (2008).

ANEXO 3

Figura I. Adquisición y procesamiento de imágenes digitales mediante computacional.



Figura II. Característica del sistema de adquisición de imágenes digitales.



Cualidades para la captura de las imágenes	Características
Iluminación de los LED'S en el sistema de adquisición de imágenes	1119 luxes
Ángulo de visión del Lente Micro Nikkor	0°
Distancia focal entre el lente y el objeto de la parte superior	10cm
Distancia focal entre el lente y el objeto de la parte frontal	15cm
Modo de medición	Matricial
Modo de enfoque	AF-S

ANEXO 4

Variables iniciales y finales para la optimización del proceso de deshidratación osmótica de cocona.

Variables de respuestas inicial cero minutos									Variables de respuestas final después de 720 minutos								
Masa (g)	°Brix	Volumen (cm ³)	Aw	ASM	ET	H (°)	S (%)	L (%)	Masa (g)	°Brix	Volumen (cm ³)	Aw	ASM	ET	H (°)	S (%)	
12,07	5,02	12,13	0,99	0,83	0,41	47,89	36,53	74,35	7,85	38,32	7,47	0,28	0,47	1,15	47,34	46,21	
12,07	5,02	12,13	0,99	0,83	0,41	47,89	36,53	74,35	6,28	57,62	7,13	0,29	0,51	1,04	46,21	47,34	
12,07	5,02	12,13	0,99	0,83	0,41	47,89	36,53	74,35	7,60	38,62	7,27	0,27	0,54	0,97	48,10	52,13	
12,07	5,02	12,13	0,99	0,83	0,41	47,89	36,53	74,35	6,20	58,62	7,08	0,30	0,47	1,09	47,43	52,13	
12,07	5,02	12,13	0,99	0,83	0,41	47,89	36,53	74,35	7,39	32,72	6,91	0,27	0,54	1,08	42,65	39,57	
12,07	5,02	12,13	0,99	0,83	0,41	47,89	36,53	74,35	5,95	64,82	6,94	0,30	0,41	1,26	42,42	48,10	
12,07	5,02	12,13	0,99	0,83	0,41	47,89	36,53	74,35	6,46	48,10	7,27	0,30	0,37	1,32	49,54	60,42	
12,07	5,02	12,13	0,99	0,83	0,41	47,89	36,53	74,35	6,45	49,12	7,09	0,28	0,45	1,14	49,21	53,13	
12,07	5,02	12,13	0,99	0,83	0,41	47,89	36,53	74,35	6,54	47,81	7,42	0,28	0,41	1,28	44,49	51,13	
12,07	5,02	12,13	0,99	0,83	0,41	47,89	36,53	74,35	6,54	47,69	7,40	0,28	0,41	1,29	44,39	51,13	
12,07	5,02	12,13	0,99	0,83	0,41	47,89	36,53	74,35	6,57	48,23	7,41	0,27	0,41	1,26	44,48	51,13	
12,07	5,02	12,13	0,99	0,83	0,41	47,89	36,53	74,35	6,09	49,00	7,42	0,27	0,41	1,27	44,45	51,13	
12,07	5,02	12,13	0,99	0,83	0,41	47,89	36,53	74,35	6,59	48,01	7,38	0,27	0,41	1,30	44,49	51,13	

...s para la optimización del proceso de deshidratación osmótica de cocona de la diferencia de datos iniciales con los finales (d

FACTORES				COCONA							
Factores codificados		Factores decodificados		Pérdida de masa (g)	Ganancia de Brix (%)	Perdida de volumen (cm ³)	Perdida de Aw	Valores de textura		Valores de co	
Sacarosa (%)	Cloruro de Calcio (%)	Sacarosa (%)	Cloruro de Calcio (%)					ASM	ET	Tonalidad (°)	Saturación (%)
-1	-1	39,39	0,44	4,22	33,30	4,66	0,28	0,36	0,74	0,55	10,25
1	-1	60,61	0,44	5,79	52,60	5,00	0,29	0,32	0,63	1,68	10,90
-1	1	39,39	2,56	4,47	33,60	4,87	0,27	0,29	0,56	0,60	16,41
1	1	60,61	2,56	5,87	53,60	5,05	0,30	0,36	0,68	0,47	15,94
- α	0	35	1,5	4,68	27,70	5,22	0,27	0,29	0,67	5,25	2,97
+ α	0	65	1,5	6,12	59,80	5,19	0,30	0,36	0,85	5,48	12,16
0	- α	50	0	5,60	43,08	4,86	0,30	0,46	0,91	0,84	24,31
0	+ α	50	3	5,62	44,10	5,04	0,28	0,38	0,73	0,87	16,55
0	0	50	1,5	5,52	42,79	4,71	0,28	0,42	0,86	3,41	14,54
0	0	50	1,5	5,53	42,67	4,73	0,28	0,42	0,87	3,51	14,55
0	0	50	1,5	5,50	43,21	4,72	0,27	0,42	0,84	3,42	14,52
0	0	50	1,5	5,98	43,98	4,71	0,27	0,42	0,85	3,44	14,56
0	0	50	1,5	5,48	42,99	4,75	0,27	0,42	0,88	3,41	14,54

os iniciales y finales para la optimización del proceso de deshidratación osmótica de tomate de árbol.

Variables de respuestas inicial cero minutos									Variables de respuestas final después de 720 minutos							
Masa (g)	°Brix	Volumen (cm ³)	Aw	ASM	ET	H (°)	S (%)	L (%)	Masa (g)	°Brix	Volumen (cm ³)	Aw	ASM	ET	H (°)	S (%)
7,41	10,51	6,09	0,98	0,27	1,58	35,47	63,02	64,62	5,39	36,40	3,65	0,30	0,26	1,71	34,47	63,02
7,41	10,51	6,09	0,98	0,27	1,58	35,47	63,02	64,62	4,41	50,00	3,38	0,32	0,23	1,84	35,21	72,02
7,41	10,51	6,09	0,98	0,27	1,58	35,47	63,02	64,62	5,30	38,60	3,34	0,29	0,26	1,67	40,04	72,02
7,41	10,51	6,09	0,98	0,27	1,58	35,47	63,02	64,62	3,66	59,80	3,28	0,32	0,13	2,47	39,00	72,02
7,41	10,51	6,09	0,98	0,27	1,58	35,47	63,02	64,62	5,22	33,70	3,51	0,27	0,18	1,95	35,49	63,02
7,41	10,51	6,09	0,98	0,27	1,58	35,47	63,02	64,62	3,10	64,40	3,00	0,30	0,28	1,60	30,77	63,02
7,41	10,51	6,09	0,98	0,27	1,58	35,47	63,02	64,62	5,02	41,90	3,56	0,28	0,28	1,68	33,03	72,02
7,41	10,51	6,09	0,98	0,27	1,58	35,47	63,02	64,62	3,90	49,70	3,12	0,31	0,16	2,15	33,49	63,02
7,41	10,51	6,09	0,98	0,27	1,58	35,47	63,02	64,62	3,79	49,10	3,32	0,30	0,34	1,28	38,59	63,02
7,41	10,51	6,09	0,98	0,27	1,58	35,47	63,02	64,62	3,81	50,61	3,42	0,31	0,27	1,70	32,59	72,02
7,41	10,51	6,09	0,98	0,27	1,58	35,47	63,02	64,62	3,76	50,41	3,30	0,31	0,26	1,60	31,19	72,02
7,41	10,51	6,09	0,98	0,27	1,58	35,47	63,02	64,62	3,77	51,51	3,39	0,30	0,26	1,80	33,29	72,02
7,41	10,51	6,09	0,98	0,27	1,58	35,47	63,02	64,62	3,78	52,71	3,21	0,30	0,23	1,97	34,28	72,02

os para la optimización del proceso de deshidratación osmótica de tomate de árbol de la diferencia de datos iniciales con l
 (Tabla III).

FACTORES				TOMATE DE ÁRBOL							
Factores codificados		Factores decodificados		Pérdida de masa (g)	Ganancia de Brix (%)	Perdida de volumen (cm ³)	Perdida de Aw	Valores de textura		Valores de co	
Sacarosa (%)	Cloruro de Calcio (%)	Sacarosa (%)	Cloruro de Calcio (%)					ASM	ET	Tonalidad (°)	Saturación (%)
-1	-1	39,39	0,44	2,02	25,89	3,34	0,30	0,01	0,13	1,01	12,11
1	-1	60,61	0,44	3,00	39,49	2,71	0,32	0,04	0,26	1,26	16,72
-1	1	39,39	2,56	2,11	28,09	2,75	0,29	0,01	0,09	3,44	11,07
1	1	60,61	2,56	3,75	49,29	2,80	0,32	0,14	0,89	3,47	12,67
- α	0	35	1,5	2,19	23,19	2,57	0,27	0,09	0,38	2,98	6,10
+ α	0	65	1,5	4,32	53,89	3,09	0,30	0,06	0,02	4,71	17,01
0	- α	50	0	2,39	31,39	2,52	0,28	0,01	0,10	1,45	3,07
0	+ α	50	3	3,52	39,19	2,97	0,31	0,11	0,58	1,98	9,37
0	0	50	1,5	3,63	38,59	2,76	0,30	0,03	0,22	1,88	10,75
0	0	50	1,5	3,60	40,10	2,66	0,31	0,00	0,12	2,88	11,75
0	0	50	1,5	3,65	39,90	2,79	0,31	0,01	0,02	4,28	8,55
0	0	50	1,5	3,64	41,00	2,70	0,30	0,01	0,22	2,18	9,74
0	0	50	1,5	3,63	42,20	2,88	0,30	0,04	0,39	1,19	10,67

ANEXO 5

Tabla I. Análisis de Varianza (ANVA) para evaluar la concentración de sacarosa y cloruro de calcio sobre la pérdida de masa de cocona en la deshidratación osmótica.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Sacarosa (°Brix)	1	3,12388	3,12388	33,43	0,0007**
B: CaCl (%)	1	0,0147877	0,0147877	0,16	0,7026n.s
AxA	1	0,298881	0,298881	3,20	0,1168n.s.
AxB	1	0,007225	0,007225	0,08	0,7890n.s.
BxB	1	0,0700049	0,0700049	0,75	0,4154n.s.
Error Exp.	7	0,654114	0,0934448		
TOTAL	12	4,13676			

$R^2 = 84.19\%$

Tabla II. Análisis de Varianza (ANVA) para evaluar la concentración de sacarosa y cloruro de calcio sobre la pérdida de masa de tomate de árbol en la deshidratación osmótica.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Sacarosa (°Brix)	1	3,95553	3,95553	72,06	0,0001**
B: CaCl (%)	1	0,738856	0,738856	13,46	0,0080**
AxA	1	0,562048	0,562048	10,24	0,0151**
AxB	1	0,1089	0,1089	1,98	0,2018n.s.
BxB	1	1,31145	1,31145	23,89	0,0018**
Error Exp.	7	0,384231	0,0548902		
TOTAL	12	6,86481			

$R^2 = 94.40\%$

ANEXO 6

Tabla I. Análisis de Varianza (ANVA) para evaluar la concentración de sacarosa y cloruro de calcio sobre la ganancia de sólidos de cocona en la deshidratación osmótica.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Sacarosa (°Brix)	1	896,722	896,722	1047,05	0,0000**
B: CaCl (%)	1	0,940192	0,940192	1,10	0,3296n.s.
AxA	1	0,31396	0,31396	0,37	0,5640n.s.
AxB	1	0,1225	0,1225	0,14	0,7165n.s.
BxB	1	0,122076	0,122076	0,14	0,7170n.s.
Error Exp.	7	5,995	0,856429		
TOTAL	12	904,171			

$$R^2 = 99.34\%$$

Tabla II. Análisis de Varianza (ANVA) para evaluar la concentración de sacarosa y cloruro de calcio sobre la ganancia de sólidos de tomate de árbol en la deshidratación osmótica.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Sacarosa (°Brix)	1	764,777	764,777	273,36	0,0000**
B: CaCl (%)	1	66,3009	66,3009	23,70	0,0018**
AxA	1	10,2861	10,2861	3,68	0,0967n.s.
AxB	1	14,44	14,44	5,16	0,0573n.s.
BxB	1	56,125	56,125	20,06	0,0029*
Error Exp.	7	19,5838	2,79769		
TOTAL	12	926,266			

$$R^2 = 97.89\%$$

ANEXO 7

Tabla I. Análisis de Varianza (ANVA) para evaluar la concentración de sacarosa y cloruro de calcio sobre pérdida de volumen de cocona en la deshidratación osmótica.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Sacarosa (°Brix)	1	0,028918	0,028918	1,88	0,2128n.s.
B: CaCl (%)	1	0,0319917	0,0319917	2,08	0,1925n.s.
AxA	1	0,263537	0,263537	17,13	0,0044**
AxB	1	0,00570025	0,00570025	0,37	0,5620n.s.
BxB	1	0,0316312	0,0316312	2,06	0,1948n.s.
Error Exp.	7	0,107721	0,0153888		
TOTAL	12	0,450309			

$$R^2 = 76.08\%$$

Tabla II. Análisis de Varianza (ANVA) para evaluar la concentración de sacarosa y cloruro de calcio sobre pérdida de volumen de tomate de árbol en la deshidratación osmótica.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Sacarosa (°Brix)	1	0,00292214	0,00292214	0,05	0,8323n.s.
B: CaCl (%)	1	0,00253234	0,00253234	0,04	0,8437n.s.
AxA	1	0,0286688	0,0286688	0,47	0,5134n.s.
AxB	1	0,11594	0,11594	1,92	0,2088n.s.
BxB	1	0,00343182	0,00343182	0,06	0,8186n.s.
Error Exp.	7	0,423458	0,060494		
TOTAL	12	0,574869			

$$R^2 = 26.34\%$$

ANEXO 8

Tabla I. Análisis de Varianza (ANVA) para evaluar la concentración de sacarosa y cloruro de calcio sobre pérdida de Aw de cocona en la deshidratación osmótica.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Sacarosa (°Brix)	1	0,00063342	0,00063342	28,78	0,0010**
B: CaCl (%)	1	0,0000481936	0,0000481936	2,19	0,1824n.s.
AxA	1	0,000134849	0,000134849	6,13	0,0425*
AxB	1	0,00011025	0,00011025	5,01	0,0602n.s.
BxB	1	0,000222254	0,000222254	10,10	0,0155*
Error Exp.	7	0,000154037	0,0000220053		
TOTAL	12	0,00126308			

$$R^2 = 87.81\%$$

Tabla II. Análisis de Varianza (ANVA) para evaluar la concentración de sacarosa y cloruro de calcio sobre pérdida de Aw de tomate de árbol en la deshidratación osmótica.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Sacarosa (°Brix)	1	0,000953756	0,000953756	7,98	0,0256*
B: CaCl (%)	1	0,000101804	0,000101804	0,85	0,3867n.s.
AxA	1	0,000209048	0,000209048	1,75	0,2275n.s.
AxB	1	0,000001	0,000001	0,01	0,9297n.s.
BxB	1	1,82879E-9	1,82879E-9	0,00	0,9970n.s.
Error Exp.	7	0,000836264	0,000119466		
TOTAL	12	0,00210569			

$$R^2 = 60.29\%$$

ANEXO 9

Tabla I. Análisis de Varianza (ANVA) para Segundo Momento Angular en deshidratación osmótica de rodajas de cocona.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Sacarosa (°Brix)	1	0,00190971	0,00190971	2,75	0,1414n.s.
B: CaCl (%)	1	0,00254982	0,00254982	3,67	0,0971n.s.
AxA	1	0,0239275	0,0239275	34,41	0,0006**
AxB	1	0,003025	0,003025	4,35	0,0754n.s.
BxB	1	0,00098749	0,00098749	1,42	0,2722n.s.
Error Exp.	7	0,0048677	0,000695386		
TOTAL	12	0,0364063			

$R^2 = 86.63\%$

Tabla II. Análisis de Varianza (ANVA) para Segundo Momento Angular en deshidratación osmótica de tomate de árbol.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Sacarosa (°Brix)	1	0,00176286	0,00176286	1,96	0,2047n.s.
B: CaCl (%)	1	0,00734678	0,00734678	8,15	0,0245*
AxA	1	0,00450068	0,00450068	4,99	0,0606n.s.
AxB	1	0,00207025	0,00207025	2,30	0,1735n.s.
BxB	1	0,00182317	0,00182317	2,02	0,1980n.s.
Error Exp.	7	0,00631165	0,000901665		
TOTAL	12	0,023162			

$R^2 = 72.75\%$

ANEXO 10

Tabla I. Análisis de Varianza (ANVA) para Entropía en deshidratación osmótica de cocona.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A: Sacarosa (°Brix)	1	0,00850244	0,00850244	1,20	0,3091n.s.
B: CaCl (%)	1	0,0176894	0,0176894	2,50	0,1577n.s.
AxA	1	0,0518493	0,0518493	7,33	0,0303*
AxB	1	0,0138062	0,0138062	1,95	0,2050n.s.
BxB	1	0,0226756	0,0226756	3,21	0,1164n.s.
Error Exp.	7	0,0494934	0,00707049		
TOTAL	12	0,156175			

$$R^2 = 68.31\%$$

Tabla II. Análisis de Varianza (ANVA) para Entropía en deshidratación osmótica de tomate de árbol.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A: Sacarosa (°Brix)	1	0,0229342	0,0229342	0,47	0,5147n.s.
B: CaCl (%)	1	0,198487	0,198487	4,07	0,0833n.s.
AxA	1	0,00335885	0,00335885	0,07	0,8004n.s.
AxB	1	0,110224	0,110224	2,26	0,1762n.s.
BxB	1	0,0594557	0,0594557	1,22	0,3058n.s.
Error Exp.	7	0,340992	0,0487131		
TOTAL	12	0,73278			

$$R^2 = 53.47\%$$

ANEXO 11

Tabla I. Análisis de Varianza (ANVA) para Tonalidad (°) en deshidratación osmótica de cocona.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A: Sacarosa (°Brix)	1	0,21906	0,21906	0,14	0,7163n.s.
B: CaCl (%)	1	0,156623	0,156623	0,10	0,7583n.s.
AxA	1	1,066	1,066	0,70	0,4313n.s.
AxB	1	0,398792	0,398792	0,26	0,6253n.s.
BxB	1	24,0798	24,0798	15,75	0,0054n.s.
Error Exp.	7	10,7031	1,52902		
TOTAL	12	38,4139			

$$R^2 = 72.14\%$$

Tabla II. Análisis de Varianza (ANVA) para Saturación (%) en deshidratación osmótica de cocona.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A: Sacarosa (°Brix)	1	21,7029	21,7029	1,84	0,2176n.s.
B: CaCl (%)	1	0,0058753	0,0058753	0,00	0,9828n.s.
AxA	1	92,2968	92,2968	7,81	0,0268*
AxB	1	0,314721	0,314721	0,03	0,8750n.s.
BxB	1	54,0826	54,0826	4,57	0,0698n.s.
Error Exp.	7	82,7694	11,8242		
TOTAL	12	272,571			

$$R^2 = 69.63\%$$

Tabla III. Análisis de Varianza (ANVA) para Luminosidad (%) en deshidratación osmótica de cocona.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A: Sacarosa (°Brix)	1	0,357946	0,357946	0,03	0,8599n.s.
B: CaCl (%)	1	19,7693	19,7693	1,85	0,2158n.s.
AxA	1	148,779	148,779	13,94	0,0073**
AxB	1	6,24	6,24	0,58	0,4695n.s.
BxB	1	35,3966	35,3966	3,32	0,1114n.s.
Error Exp.	7	74,7312	10,6759		
TOTAL	12	307,845			

$$R^2 = 75.72\%$$

ANEXO 12

Tabla I. Análisis de Varianza (ANVA) para Tonalidad (°) en deshidratación osmótica de tomate de árbol.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A: Sacarosa (°Brix)	1	0,932706	0,932706	0,77	0,4081n.s.
B: CaCl (%)	1	3,63609	3,63609	3,02	0,1259n.s.
AxA	1	2,1853	2,1853	1,81	0,2200n.s.
AxB	1	0,012769	0,012769	0,01	0,9209n.s.
BxB	1	1,76634	1,76634	1,47	0,2652n.s.
Error Exp.	7	8,43302	1,20472		
TOTAL	12	17,5592			

$$R^2 = 51.97 \%$$

Tabla II. Análisis de Varianza (ANVA) para Saturación (%) en deshidratación osmótica de tomate de árbol.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A: Sacarosa (°Brix)	1	58,5219	58,5219	5,31	0,0547n.s.
B: CaCl (%)	1	1,818	1,818	0,16	0,6968n.s.
AxA	1	19,934	19,934	1,81	0,2206n.s.
AxB	1	2,2801	2,2801	0,21	0,6630n.s.
BxB	1	6,58974	6,58974	0,60	0,4647n.s.
Error Exp.	7	77,1585	11,0226		
TOTAL	12	169,822			

$$R^2 = 54.57 \%$$

Tabla VI. Análisis de Varianza (ANVA) para Luminosidad (%) en deshidratación osmótica de tomate de árbol.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A: Sacarosa (°Brix)	1	4,95608	4,95608	1,00	0,3514n.s.
B: CaCl (%)	1	3,22326	3,22326	0,65	0,4473n.s.
AxA	1	82,7311	82,7311	16,64	0,0047**
AxB	1	5,82257	5,82257	1,17	0,3151n.s.
BxB	1	30,4607	30,4607	6,13	0,0425n.s.
Error Exp.	7	34,8106	4,97295		
TOTAL	12	150,595			

$$R^2 = 76.89 \%$$

ANEXO 13

Figura I. Cambio de Textura en deshidratación osmótico de las rodajas de cocona.

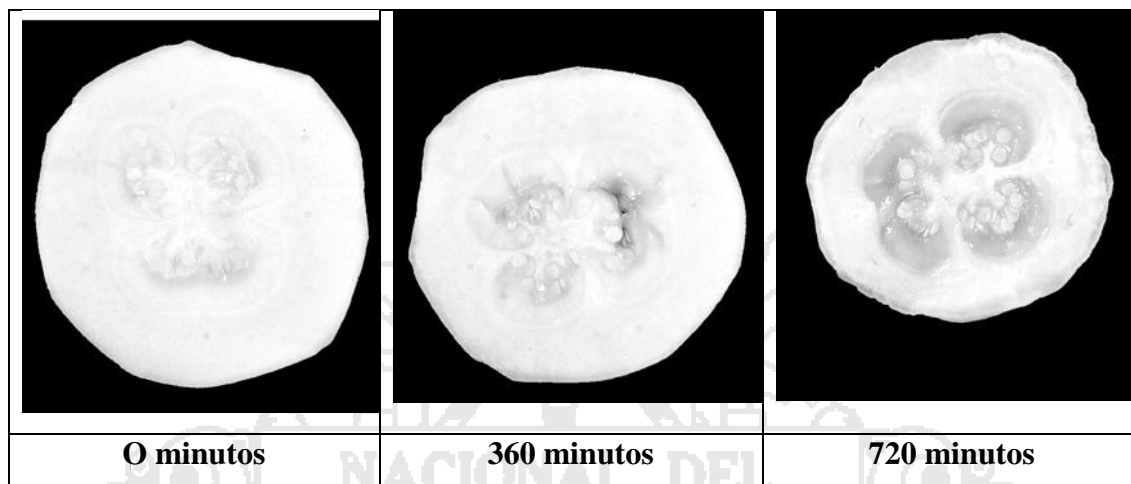


Figura II. Cambio de Textura en deshidratación osmótico de las rodajas de tomate de árbol.

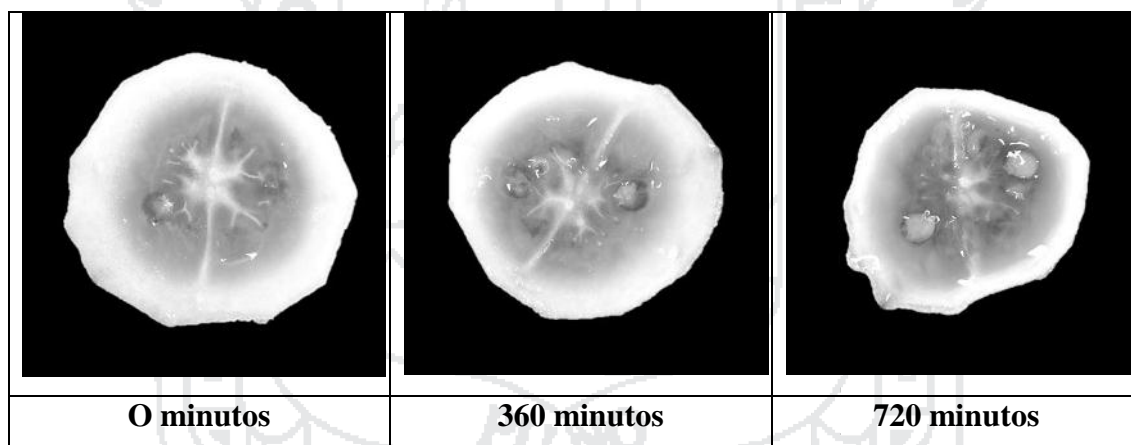
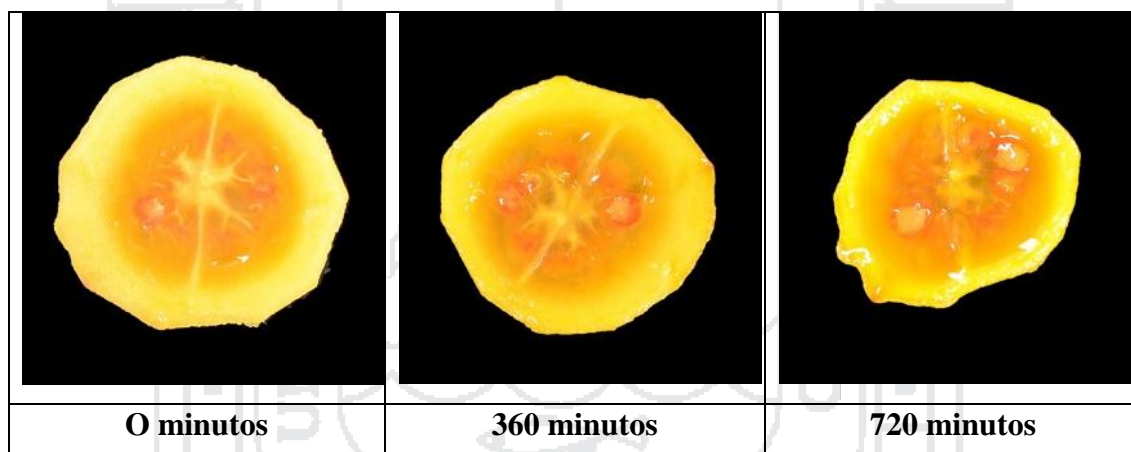


Figura III. Cambio de color en deshidratación osmótica de las rodajas de cocona.



Figura IV. Cambio de color en deshidratación osmótica de las rodajas de tomate de árbol.



ANEXO 14

Tabla I. Datos y variables para Optimización de Múltiples Respuestas en deshidratación osmótica de cocona.

Múltiples Respuestas	Deseabilidad		Meta
	Baja	Alta	
Pérdida de masa (g)	4,22	6,12	Maximizar
Pérdida de volumen (cm ³)	4,66	5,22	Maximizar
Pérdida de Aw	0,27	0,30	Maximizar
Ganancia de sólidos (°Brix)	27,7	59,80	Maximizar
Segundo Momento Angular	0,29	0,46	Maximizar
Entropía	0,56	0,91	Maximizar
Tonalidad (°)	0,47	5,48	Maximizar
Saturación (%)	2,97	24,31	Maximizar
Luminosidad (%)	1,99	20,58	Maximizar

Tabla II. Datos de deseabilidad de respuestas en la deshidratación osmótica de cocona.

Tratamientos	Deseabilidad	
	Prevista	Observada
1	0,33	0,00
2	0,55	0,38
3	0,00	0,00
4	0,61	0,00
5	0,00	0,00
6	0,64	0,76
7	0,00	0,00
8	0,00	0,37
9	0,42	0,42
10	0,42	0,45
11	0,42	0,00
12	0,42	0,41
13	0,42	0,43

ANEXO 15

Tabla I. Datos y variables para Optimización de Múltiples Respuestas en deshidratación osmótica de tomate de árbol.

Múltiples Respuestas	Deseabilidad		Meta
	Baja	Alta	
Pérdida de masa (g)	2,02	4,32	Maximizar
Pérdida de volumen (cm ³)	2,52	3,34	Maximizar
Pérdida de Aw	0,27	0,32	Maximizar
Ganancia de sólidos (°Brix)	23,19	53,89	Maximizar
Segundo Momento Angular	0,00	0,14	Maximizar
Entropía	0,02	0,89	Maximizar
Tonalidad (°)	1,01	4,71	Maximizar
Saturación (%)	3,07	17,01	Maximizar
Luminosidad (%)	1,37	11,86	Maximizar

Tabla II. Datos de deseabilidad de respuestas en la deshidratación osmótica de tomate de árbol.

Tratamientos	Deseabilidad	
	Prevista	Observada
1	0,19	0,00
2	0,29	0,36
3	0,30	0,23
4	0,80	0,76
5	0,19	0,00
6	0,71	0,46
7	0,00	0,00
8	0,53	0,52
9	0,32	0,34
10	0,32	0,00
11	0,32	0,00
12	0,32	0,28
13	0,32	0,33

ANEXO 16

datos iniciales y finales para la optimización del proceso de rehidratación de cocona.

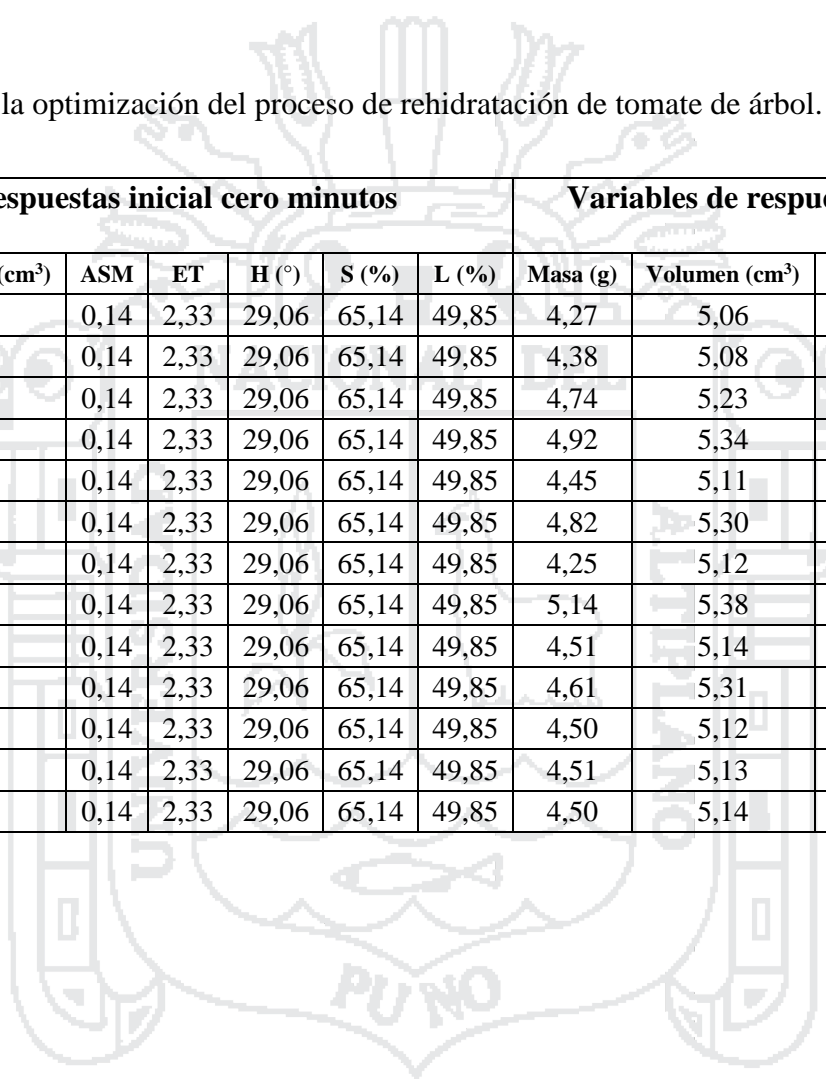
Experimentos	Variables de respuestas inicial cero minutos								Variables de respuestas final después de 420 minutos						
	Masa (g)	Aw	Volumen (cm ³)	ASM	ET	H (°)	S (%)	L (%)	Masa (g)	Volumen (cm ³)	Aw	ASM	ET	H (°)	S (%)
	3,85	0,45	6,50	0,331	1,581	46,315	61,758	55,137	11,25	11,77	1,00	0,53	1,10	53,85	66,39
	3,85	0,45	6,50	0,331	1,581	46,315	61,758	55,137	11,27	11,69	1,00	0,47	1,23	49,70	65,24
	3,85	0,45	6,50	0,331	1,581	46,315	61,758	55,137	11,31	11,87	1,00	0,50	0,84	52,36	63,21
	3,85	0,45	6,50	0,331	1,581	46,315	61,758	55,137	11,36	11,95	1,01	0,85	0,51	47,87	63,93
	3,85	0,45	6,50	0,331	1,581	46,315	61,758	55,137	10,97	11,75	1,00	0,53	0,84	54,07	65,33
	3,85	0,45	6,50	0,331	1,581	46,315	61,758	55,137	11,38	11,96	1,00	0,59	1,11	49,92	65,82
	3,85	0,45	6,50	0,331	1,581	46,315	61,758	55,137	10,86	12,00	1,00	0,49	1,20	53,52	72,42
	3,85	0,45	6,50	0,331	1,581	46,315	61,758	55,137	11,48	12,47	1,00	0,55	1,09	53,90	71,43
	3,85	0,45	6,50	0,331	1,581	46,315	61,758	55,137	10,59	11,58	1,01	0,62	1,04	52,52	72,05
	3,85	0,45	6,50	0,331	1,581	46,315	61,758	55,137	10,58	11,58	1,01	0,72	1,14	53,24	71,90
	3,85	0,45	6,50	0,331	1,581	46,315	61,758	55,137	10,59	11,58	1,01	0,67	0,99	51,82	72,15
	3,85	0,45	6,50	0,331	1,581	46,315	61,758	55,137	10,57	11,61	1,01	0,52	1,14	52,62	73,01
	3,85	0,45	6,50	0,331	1,581	46,315	61,758	55,137	10,58	11,57	1,01	0,42	1,38	52,82	70,30

Datos para la optimización del proceso de rehidratación de cocona de la diferencia de datos iniciales con los finales (del Anexo 1)

FACTORES				COCONA							
Factores codificados		Factores decodificados		Ganancia de masa (%)	Ganancia de Volumen (cm3)	Ganancia de Aw	ASM	ET	Tonalidad (°)	Saturación (%)	L
Agitación (rpm)	Temperatura (°C)	Agitación (rpm)	Temperatura (°C)								
-1	-1	219,6	19,5	7,40	5,27	0,55	0,20	0,48	7,53	4,63	
1	-1	1280,4	19,5	7,42	5,19	0,56	0,14	0,35	3,38	3,48	
-1	1	219,6	36,5	7,46	5,38	0,56	0,17	0,74	6,04	1,45	
1	1	1280,4	36,5	7,51	5,45	0,56	0,52	1,07	1,56	2,17	
- α	0	0	28	7,12	5,26	0,55	0,20	0,74	7,75	3,58	
+ α	0	1500	28	7,53	5,46	0,56	0,26	0,47	3,61	4,06	
0	- α	750	16	7,01	5,51	0,56	0,16	0,39	7,21	9,67	
0	+ α	750	40	7,63	5,97	0,55	0,21	0,49	7,58	9,67	
0	0	750	28	6,74	5,08	0,56	0,29	0,54	6,21	10,29	
0	0	750	28	6,73	5,09	0,56	0,39	0,44	6,92	10,15	
0	0	750	28	6,74	5,09	0,56	0,34	0,59	5,51	10,39	
0	0	750	28	6,72	5,11	0,56	0,19	0,44	6,31	11,26	
0	0	750	28	6,73	5,08	0,56	0,09	0,21	6,51	8,55	

Datos iniciales y finales para la optimización del proceso de rehidratación de tomate de árbol.

	Variables de respuestas inicial cero minutos								Variables de respuestas final después de 420 minutos							
Repeticiones	Masa (g)	Aw	Volumen (cm ³)	ASM	ET	H (°)	S (%)	L (%)	Masa (g)	Volumen (cm ³)	Aw	ASM	ET	H (°)	S (%)	
1	1,94	0,47	2,44	0,14	2,33	29,06	65,14	49,85	4,27	5,06	1,01	0,27	1,56	37,59	75,94	
2	1,94	0,47	2,44	0,14	2,33	29,06	65,14	49,85	4,38	5,08	1,00	0,30	1,55	37,06	73,75	
3	1,94	0,47	2,44	0,14	2,33	29,06	65,14	49,85	4,74	5,23	1,01	0,29	1,45	40,75	75,40	
4	1,94	0,47	2,44	0,14	2,33	29,06	65,14	49,85	4,92	5,34	1,01	0,33	1,32	39,54	76,61	
5	1,94	0,47	2,44	0,14	2,33	29,06	65,14	49,85	4,45	5,11	1,00	0,26	1,64	37,60	79,70	
6	1,94	0,47	2,44	0,14	2,33	29,06	65,14	49,85	4,82	5,30	1,00	0,26	1,66	35,82	67,50	
7	1,94	0,47	2,44	0,14	2,33	29,06	65,14	49,85	4,25	5,12	1,00	0,28	1,50	37,70	71,90	
8	1,94	0,47	2,44	0,14	2,33	29,06	65,14	49,85	5,14	5,38	1,00	0,28	1,65	42,38	83,10	
9	1,94	0,47	2,44	0,14	2,33	29,06	65,14	49,85	4,51	5,14	1,00	0,30	1,58	37,14	76,10	
10	1,94	0,47	2,44	0,14	2,33	29,06	65,14	49,85	4,61	5,31	1,00	0,29	1,55	38,14	75,20	
11	1,94	0,47	2,44	0,14	2,33	29,06	65,14	49,85	4,50	5,12	1,00	0,28	1,57	36,94	77,10	
12	1,94	0,47	2,44	0,14	2,33	29,06	65,14	49,85	4,51	5,13	1,00	0,31	1,59	37,42	75,20	
13	1,94	0,47	2,44	0,14	2,33	29,06	65,14	49,85	4,50	5,14	1,00	0,27	1,52	37,74	74,10	



Datos para la optimización del proceso de rehidratación de tomate de árbol de la diferencia de datos iniciales con los finales (Tabla III).

FACTORES				TOMATE DE ÁRBOL							
Factores codificados		Factores decodificados		Ganancia de masa (%)	Ganancia de Volumen (cm ³)	Ganancia de Aw	ASM	ET	Tonalidad (°)	Saturación (%)	L
Agitación (rpm)	Temperatura (°C)	Agitación (rpm)	Temperatura (°C)								
-1	-1	219,6	19,5	2,33	2,62	0,54	0,13	0,77	8,54	10,80	
1	-1	1280,4	19,5	2,44	2,64	0,53	0,16	0,78	8,00	8,61	
-1	1	219,6	36,5	2,80	2,79	0,54	0,15	0,88	11,69	10,26	
1	1	1280,4	36,5	2,98	2,89	0,54	0,19	1,01	10,48	11,53	
- α	0	0	28	2,51	2,66	0,53	0,12	0,69	8,55	14,62	
+ α	0	1500	28	2,88	2,86	0,53	0,12	0,67	6,76	2,43	
0	- α	750	16	2,31	2,67	0,53	0,14	0,83	8,64	6,76	
0	+ α	750	40	3,20	2,94	0,53	0,14	0,68	13,32	18,04	
0	0	750	28	2,57	2,69	0,53	0,16	0,75	8,08	11,04	
0	0	750	28	2,67	2,87	0,53	0,15	0,78	9,08	10,14	
0	0	750	28	2,56	2,68	0,53	0,14	0,76	7,88	12,02	
0	0	750	28	2,57	2,69	0,53	0,17	0,74	8,36	10,05	
0	0	750	28	2,56	2,69	0,53	0,13	0,81	8,68	9,02	

ANEXO 17

Tabla V. Análisis de Varianza (ANVA) para ganancia de peso (g) de cocona en la rehidratación.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Agitación (rpm)	1	0,0511661	0,0511661	2,82	0,1371n.s.
B:Temperatura (°C)	1	0,128528	0,128528	7,08	0,0325*
AxA	1	0,750677	0,750677	41,34	0,0004**
AxB	1	0,000225	0,000225	0,01	0,9145n.s.
BxB	1	0,731424	0,731424	40,28	0,0004**
Error Exp.	7	0,127124	0,0181606		
TOTAL	12	1,61835			

$$R^2 = 92.15\%$$

Tabla VI. Análisis de Varianza (ANVA) para ganancia de peso (g) de tomate de árbol en la rehidratación.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Agitación (rpm)	1	0,0816426	0,0816426	15,39	0,0057**
B:Temperatura (°C)	1	0,644467	0,644467	121,45	0,0000**
AxA	1	0,00733569	0,00733569	1,38	0,2781n.s.
AxB	1	0,001156	0,001156	0,22	0,6549n.s.
BxB	1	0,0260764	0,0260764	4,91	0,0622n.s.
Error Exp.	7	0,0371456	0,00530652		
TOTAL	12	0,794735			

$$R^2 = 95.33\%$$

ANEXO 18

Tabla V. Análisis de Varianza (ANVA) para ganancia de volumen (cm³) de cocona en la rehidratación.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Agitación (rpm)	1	0,0102291	0,0102291	0,58	0,4708n.s.
B:Temperatura (°C)	1	0,13092	0,13092	7,44	0,0295*
AxA	1	0,0429918	0,0429918	2,44	0,1621n.s.
AxB	1	0,00632025	0,00632025	0,36	0,5679n.s.
BxB	1	0,501999	0,501999	28,51	0,0011**
Error Exp.	7	0,123241	0,0176059		
TOTAL	12	0,786175			

$$R^2 = 84.32\%$$

Tabla VI. Análisis de Varianza (ANVA) para ganancia de volumen (cm³) de tomate de árbol en la rehidratación.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Agitación (rpm)	1	0,019835	0,019835	4,15	0,0812n.s.
B:Temperatura (°C)	1	0,0793556	0,0793556	16,59	0,0047**
AxA	1	0,000212733	0,000212733	0,04	0,8390n.s.
AxB	1	0,001681	0,001681	0,35	0,5720n.s.
BxB	1	0,00576259	0,00576259	1,20	0,3087n.s.
Error Exp.	7	0,0334844	0,00478348		
TOTAL	12	0,140141			

$$R^2 = 76.11\%$$

ANEXO 19

Tabla I. Análisis de Varianza (ANVA) para ganancia de Aw en cocona en la rehidratación.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Agitación (rpm)	1	0,0000239053	0,0000239053	4,17	0,0804n.s.
B:Temperatura (°C)	1	0,0000114889	0,0000114889	2,00	0,1997n.s.
AxA	1	0,00000532174	0,00000532174	0,93	0,3673n.s.
AxB	1	2,5E-7	2,5E-7	0,04	0,8405n.s.
BxB	1	0,00000879849	0,00000879849	1,54	0,2552n.s.
Error Exp.	7	0,000040113	0,00000573042		
TOTAL	12	0,0000883077			

R² = 53.58%

Tabla II. Análisis de Varianza (ANVA) para ganancia de Aw en tomate de árbol en la rehidratación.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Agitación (rpm)	1	0,00000312547	0,00000312547	0,33	0,5846n.s.
B:Temperatura (°C)	1	0,00000719502	0,00000719502	0,76	0,4135n.s.
AxA	1	0,0000213136	0,0000213136	2,24	0,1783n.s.
AxB	1	0,00000625	0,00000625	0,66	0,4445n.s.
BxB	1	0,0000156631	0,0000156631	1,64	0,2405n.s.
Error Exp.	7	0,0000666568	0,0000095224		
TOTAL	12	0,000116			

R² = 42.54%

ANEXO 20

Tabla I. Análisis de Varianza (ANVA) para Segundo momento Angular en la rehidratación de cocona.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Agitación (rpm)	1	0,0171864	0,0171864	1,54	0,2542n.s.
B:Temperatura (°C)	1	0,0234417	0,0234417	2,10	0,1902n.s.
AxA	1	0,00002174	0,00002174	0,00	0,9660n.s.
AxB	1	0,0414123	0,0414123	3,72	0,0952n.s.
BxB	1	0,00384796	0,00384796	0,35	0,5752n.s.
Error Exp.	7	0,0779961	0,0111423		
TOTAL	12	0,163896			

$$R^2 = 52.41\%$$

Tabla II. Análisis de Varianza (ANVA) para Segundo momento Angular en la rehidratación de tomate de árbol.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Agitación (rpm)	1	0,000687789	0,000687789	1,26	0,2989n.s.
B:Temperatura (°C)	1	0,00042661	0,00042661	0,78	0,4063n.s.
AxA	1	0,000375526	0,000375526	0,69	0,4345n.s.
AxB	1	0,00004225	0,00004225	0,08	0,7890n.s.
BxB	1	0,00000568835	0,00000568835	0,01	0,9216n.s.
Error Exp.	7	0,00382562	0,000546516		
TOTAL	12	0,00538231			

$$R^2 = 28.92\%$$

ANEXO 21

Tabla I. Análisis de Varianza (ANVA) para Entropía en la rehidratación de cocona.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Agitación (rpm)	1	0,00405935	0,00405935	0,11	0,7481n.s.
B:Temperatura (°C)	1	0,15757	0,15757	4,33	0,0759n.s.
AxA	1	0,0914806	0,0914806	2,52	0,1567n.s.
AxB	1	0,0526703	0,0526703	1,45	0,2679n.s.
BxB	1	0,00633273	0,00633273	0,17	0,6890n.s.
Error Exp.	7	0,254546	0,0363637		
TOTAL	12	0,561969			

$$R^2 = 54.71\%$$

Tabla II. Análisis de Varianza (ANVA) para Entropía en la rehidratación de tomate de árbol.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Agitación (rpm)	1	0,00172745	0,00172745	0,14	0,7224n.s.
B:Temperatura (°C)	1	0,0017048	0,0017048	0,14	0,7241n.s.
AxA	1	0,00028282	0,00028282	0,02	0,8852n.s.
AxB	1	0,00403225	0,00403225	0,32	0,5896n.s.
BxB	1	0,00674209	0,00674209	0,53	0,4887n.s.
Error Exp.	7	0,0883765	0,0126252		
TOTAL	12	0,103353			

$$R^2 = 14.49\%$$

ANEXO 22

Tabla I. Análisis de Varianza (ANVA) para Tonalidad (°) en la rehidratación de cocona.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Agitación (rpm)	1	26,2512	26,2512	16,46	0,0048**
B:Temperatura (°C)	1	0,970554	0,970554	0,61	0,4609n.s.
AxA	1	4,25925	4,25925	2,67	0,1462n.s.
AxB	1	0,0273902	0,0273902	0,02	0,8994n.s.
BxB	1	0,0391859	0,0391859	0,02	0,8799n.s.
Error Exp.	7	11,1649	1,59499		
TOTAL	12	42,895			

$$R^2 = 73.97\%$$

Tabla II. Análisis de Varianza (ANVA) para Saturación (%) en la rehidratación de cocona.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Agitación (rpm)	1	0,00829264	0,00829264	0,00	0,9689n.s.
B:Temperatura (°C)	1	2,51511	2,51511	0,50	0,5042n.s.
AxA	1	117,341	117,341	23,12	0,0019**
AxB	1	0,881721	0,881721	0,17	0,6893n.s.
BxB	1	9,7177	9,7177	1,91	0,2089n.s.
Error Exp.	7	35,5259	5,07513		
TOTAL	12	159,234			

$$R^2 = 76.99\%$$

Tabla III. Análisis de Varianza (ANVA) para Luminosidad (%) en la rehidratación de cocona.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Agitación (rpm)	1	3,54651	3,54651	0,87	0,3812n.s.
B:Temperatura (°C)	1	1,89524	1,89524	0,47	0,5165n.s.
AxA	1	0,0613466	0,0613466	0,02	0,9056n.s.
AxB	1	0,0351563	0,0351563	0,01	0,9285n.s.
BxB	1	61,6941	61,6941	15,19	0,0059**
Error Exp.	7	28,434	4,062		
TOTAL	12	96,2167			

$$R^2 = 70.45\%$$

ANEXO 23

Tabla I. Análisis de Varianza (ANVA) para Tonalidad (°) en la rehidratación de tomate de árbol.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Agitación (rpm)	1	2,28228	2,28228	11,66	0,0112*
B:Temperatura (°C)	1	18,7135	18,7135	95,58	0,0000**
AxA	1	0,600144	0,600144	3,07	0,1235n.s.
AxB	1	0,11526	0,11526	0,59	0,4680n.s.
BxB	1	13,0752	13,0752	66,78	0,0001**
Error Exp.	7	1,37056	0,195794		
TOTAL	12	37,1353			

$$R^2 = 96.31\%$$

Tabla II. Análisis de Varianza (ANVA) para Saturación (%) en rehidratación de tomate de árbol.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Agitación (rpm)	1	41,2169	41,2169	4,69	0,0670n.s.
B:Temperatura (°C)	1	42,0224	42,0224	4,78	0,0650n.s.
AxA	1	7,05635	7,05635	0,80	0,3999n.s.
AxB	1	2,9929	2,9929	0,34	0,5778n.s.
BxB	1	6,02367	6,02367	0,69	0,4350n.s.
Error Exp.	7	61,4951	8,78502		
TOTAL	12	162,761			

$$R^2 = 62.22\%$$

Tabla III. Análisis de Varianza (ANVA) para Luminosidad (%) en la rehidratación de tomate de árbol.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	Significancia
A:Agitación (rpm)	1	31,1444	31,1444	13,27	0,0083**
B:Temperatura (°C)	1	1,40469	1,40469	0,60	0,4644n.s.
AxA	1	0,31819	0,31819	0,14	0,7236n.s.
AxB	1	8,10256	8,10256	3,45	0,1055n.s.
BxB	1	6,33714	6,33714	2,70	0,1443n.s.
Error Exp.	7	16,4267	2,34667		
TOTAL	12	64,2249			

$$R^2 = 74.42\%$$

ANEXO 24

Figura I. Cambio de textura en deshidratación osmótico de las rodajas de cocona.

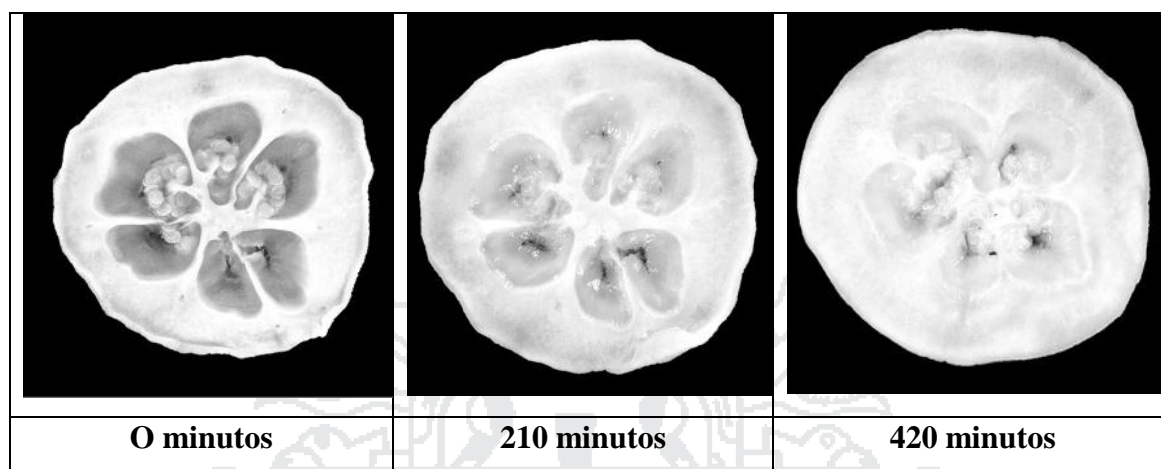


Figura II. Cambio de textura en deshidratación osmótico de las rodajas de tomate de árbol.

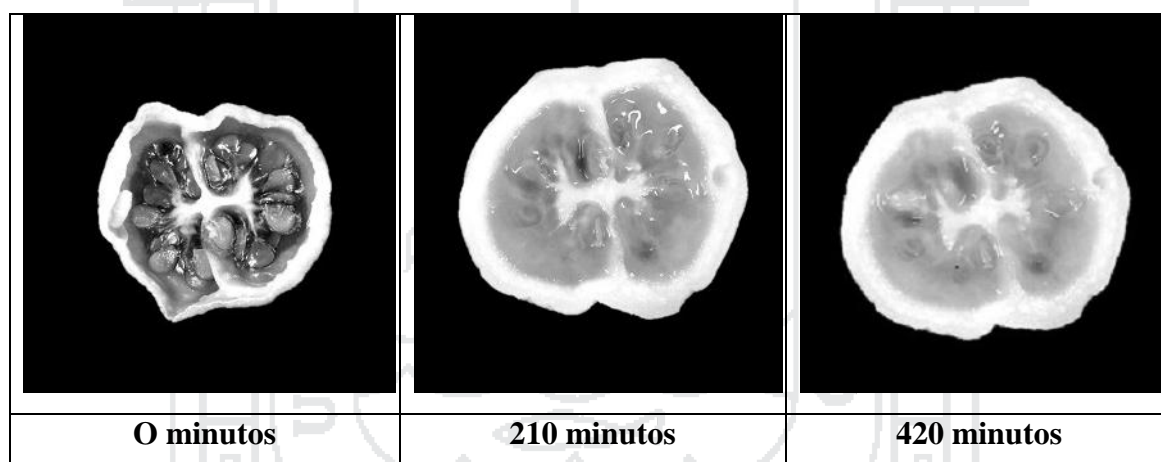


Figura III. Cambio de color en deshidratación osmótica de las rodajas de cocona.

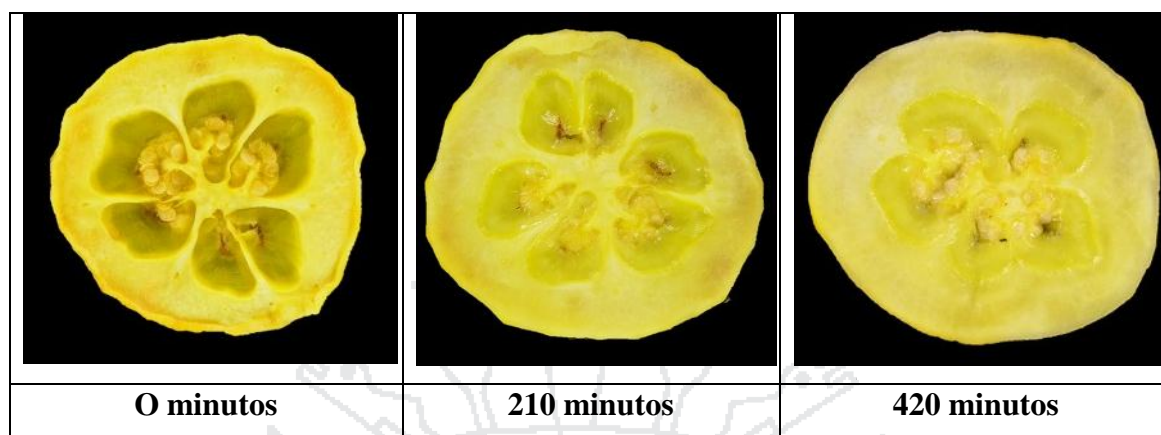
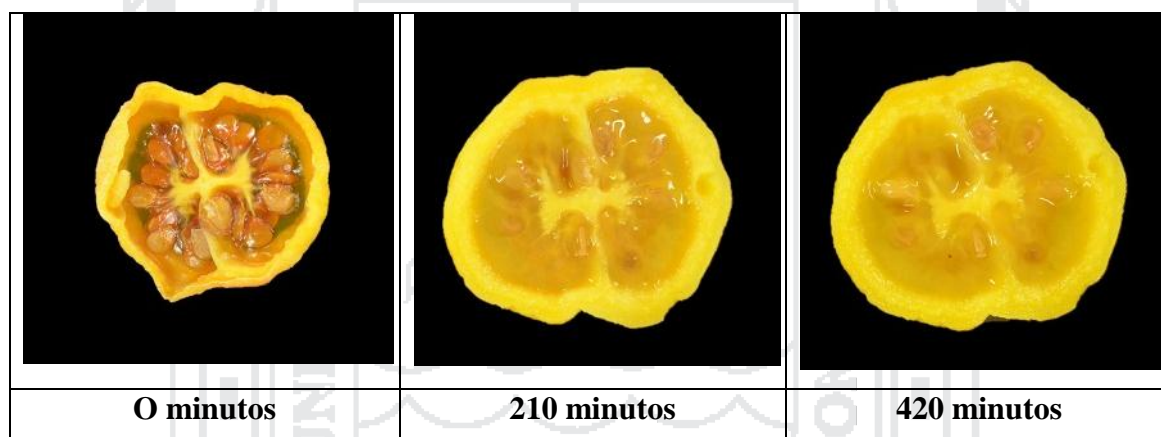


Figura IV. Cambio de color en deshidratación osmótica de las rodajas de tomate de árbol.



ANEXO 25

Tabla I. Datos y variables para Optimización de Múltiples Respuestas en rehidratación de cocona.

Múltiples Respuestas	Deseabilidad		Meta
	Baja	Alta	
Ganancia de masa (g)	6,72	7,63	Maximizar
Ganancia de volumen (cm ³)	5,08	5,97	Maximizar
Ganancia de Aw	0,55	0,56	Maximizar
Segundo Momento Angular	0,07	0,52	Maximizar
Entropía	0,21	1,07	Maximizar
Tonalidad (°)	1,56	7,75	Maximizar
Saturación (%)	1,45	11,26	Maximizar
Luminosidad (%)	4,07	12,80	Maximizar

Tabla II. Datos de deseabilidad de respuestas en rehidratación de cocona.

Tratamiento	Deseabilidad	
	Prevista	Observada
1	0,40	0,00
2	0,29	0,26
3	0,40	0,00
4	0,54	0,00
5	0,30	0,38
6	0,33	0,44
7	0,31	0,33
8	0,49	0,51
9	0,22	0,23
10	0,22	0,22
11	0,22	0,25
12	0,22	0,00
13	0,22	0,00

ANEXO 26

Tabla I. Datos y variables para Optimización de Múltiples Respuestas en rehidratación de tomate de árbol.

Múltiples Respuestas	Deseabilidad		Meta
	Baja	Alta	
Ganancia de masa (g)	2,31	3,20	Maximizar
Ganancia de volumen (cm ³)	2,62	2,94	Maximizar
Ganancia de Aw	0,53	0,54	Maximizar
Segundo Momento Angular	0,12	0,19	Maximizar
Entropía	0,67	1,01	Maximizar
Tonalidad (°)	6,76	13,31	Maximizar
Saturación (%)	2,43	18,04	Maximizar
Luminosidad (%)	0,87	8,82	Maximizar

Tabla II. Datos de deseabilidad de respuestas en rehidratación de tomate de árbol.

Tratamientos	Deseabilidad	
	Prevista	Observada
1	0,17	0,00
2	0,14	0,20
3	0,46	0,60
4	0,59	0,75
5	0,25	0,18
6	0,26	0,00
7	0,14	0,00
8	0,62	0,00
9	0,00	0,00
10	0,00	0,00
11	0,00	0,00
12	0,00	0,00
13	0,00	0,00

Ficha técnica de la cocona eco-tipo gigante.



Nombre: Cocona (Ecotipo gigante)

Nombre científico: *Solanum sessiliflorum* Dunal

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL PRODUCTO

El fruto es de forma de esferoide y grandes, con 230 a 250 g de peso. El color de la baya es amarillo. La cáscara es suave y rodea la pulpa o mesocarpio grueso, amarillo y acuoso. Las cuatro lóculos o celdas que lo componen están llenas de semillas (entre 200 y 500 semillas glabras, ovaladas y aplanadas) envueltas en mucílago claro. Debido a la baja relación de los sólidos solubles y la acidez, que relaciona el sabor de la fruta, la cocona presenta poco grado de dulzor. Por esto, el fruto es raramente consumido al natural, el fruto es verde cuando no está maduro, amarillo-anaranjado cuando está maduro y finalmente café-rojizo.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Planta.- La cocona es una planta arbustiva andromonóica, de vigor fuerte, intermedio y débil; de rápido crecimiento, llegando a medir hasta 2 metros de altura. Se ramifican desde el nivel del suelo o desde 10 a 15cm., de acuerdo al cultivar, con una distribución irregular con un patrón de ramificación extensivo a excepción de algunos que presentan un patrón de ramificación intensivo, sus ramas crecen rectas y arqueadas, con tallos gruesos, semileñosos, cilíndricos y muy pubescentes. Con respecto a la densidad de pubescencia presenta una densidad media y tallo de un color verde; presenta la ausencia de espinas en el tallo. En cuanto a la producción de ramas, con ramas abundante. El número de ramas primarias varían entre 5 a 6 y el número de ramas secundarias de 3 a 7.

Hojas.- Las hojas son ovaladas, grandes de 42,7 cm. a 52,8 cm., de largo y de 37,0 cm. a 47,5 cm. de ancho, pubescentes, de color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés. Presentan hojas simples, alternas y con estípulas.

Flores.- Las flores son completas y perfectas, presentan una inflorescencia cimosa de pedúnculo corto con 5 a 9 flores con una posición subaxilar, pétalo verde claro y un color de sépalo verde oscuro.

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Tiene un valor nutritivo aprovechable en la alimentación humana. La cocona es rica en hierro y vitamina B5 (Niacina); el volumen de jugo es de hasta 36 cm³/fruto y el grado Brix de 4 - 6. A continuación se da el análisis completo de la composición química de la pulpa.

USOS GASTRONÓMICOS Y MEDICINALES

La pulpa y el mucílago de las semillas del fruto maduro, son comestibles; se utilizan en la preparación de jugos, refrescos, helados, caramelos, jarabes, ensaladas y encurtidos. En la industria se utiliza en la preparación de néctares, mermeladas y jaleas.

En medicina tradicional, se utiliza como antidiabético, antiofídico, escabificada, en hipertensión y en tratamiento de quemaduras.



Presidencia del IIAP

Dr. Dennis del
Castillo Torres

**Gerencia General
IIAP**


Ing. Roger
Beuzeville Zumaeta


**Director Programa
Biodiversidad**

Dr. Luis Campos
Baca

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA

Ficha técnica del tomate de árbol variedad común.





FICHA TÉCNICA
TOMATE DE ÁRBOL VARIEDAD
COMÚN

Nombre: Tomate de árbol común

Nombre científico: *Solanum betaceum*

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL PRODUCTO

El fruto es una baya carnosa, generalmente de forma ovoidal y punteada en su extremo inferior, esta fruta tiene unos 7 a 9 cm de largo y pesa de 100 a 150 g; pertenece al grupo de frutas no climatéricas, que se cosechan cerca de la madurez de consumo. La cáscara es lisa, tersa, brillante y el color anaranjado; la pulpa es jugosa, ácida y de coloración anaranjado; en el interior se encuentran entre 200 y 400 pequeñas semillas comestibles, de forma plana y circular. Las semillas están rodeadas por la pulpa del fruto, inmersas en un mucílago gelatinoso, son pequeñas, lisas, de color blanco amarillento

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Raíz.- Alcanza 1 metro de profundidad, presentando la mayor concentración de pelos absorbentes en los primeros 50 cm. Las raíces que se generan la semilla son pivotantes, profundas y ramificadas, mientras que las provenientes de estacas son superficiales.

Tallo.- Presentan color verde en sus primeros estados y café en estado maduro. Su forma es cilíndrica recta y de consistencia semileñosa. Puede alcanzar hasta 3 metros de altura.

Hojas.- son enteras con forma de corazón y ligeramente pubescentes. Las hojas de la parte baja pueden medir entre 40 y 50 cm, mientras que las hojas secundarias y terciarias alcanzan 20 cm.

Flores.- Los racimos se generan en las axilas, sobre o debajo de las hojas. Se pueden encontrar hasta 40 flores de color morado, blanco o purpura. La polinización se realiza de manera cruzada.


PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

El tomate de árbol es fuente importante de beta carotenos (Provitamina A), vitamina C, vitamina E y hierro. Presenta además contenidos altos de potasio, magnesio y fósforo.

USOS GASTRONÓMICOS

El tomate de árbol se puede consumir crudo, pelándolo y cortándolo en rodajas o cortándolo por la mitad y consumiendo la pulpa con una cuchara, se puede cubrir con azúcar o sal dependiendo del gusto, también en jugo.

<p>Elaboró <i>Lebardo Vargas</i> Coordinador de Calidad</p>	<p>Revisó <i>Diana Millán</i> Directora de Calidad</p>	<p>Aprobó <i>Ing. Manuel Espinosa</i> Gerente General</p>
---	--	---



Análisis físico químico de cocona y tomate de árbol fresco y deshidratado osmóticamente.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Av. Floral 1153, C.U. Tel: (051) 365080 IP: 20102 Casilla 291 e-mail: fca-una@aurtozmail.com



LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Nro. 00103-2014

SOLICITANTE : Mayomi Mestas Jaila
 Arnold Javier Quispe Quispe
 PROCEDENCIA : ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 TESIS : OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y
 REHIDRATACIÓN DE LA COCONA (*Solanum sessiliflorum* Dunal) Y DE TOMATE DE
 ÁRBOL (*Solanum betaceum*)".
 PRODUCTOS : COCONA Y TOMATE DE ÁRBOL, FRESCAS Y DESHIDRATADAS.
 ENSAYO SOLICITADO : FÍSICO QUÍMICO
 FECHA DE RECEPCIÓN : 01-12-2014
 FECHA DE ENSAYO : 01-12-2014
 FECHA DE EMISIÓN : 15-12-2014

RESULTADOS:

De acuerdo al informe de los análisis de laboratorio de 100 g de muestra, los resultados son:

RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS

Producto	% Humedad	% Ceniza	% Proteínas	% Grasa	% Fibra	% Carbohidratos
Tomate de árbol	85.15	0.58	1.58	1.28	3.07	8.34
Cocona	90.87	0.34	0.60	0.75	3.92	3.52
Tomate de árbol deshidratada	51.63	2.91	3.08	6.84	18.88	16.66
Cocona deshidratada	53.43	3.16	3.91	4.31	13.45	21.74

CONCLUSIÓN: Los resultados de los análisis están conformes.

Puno C.U. 15 de Diciembre del 2014



Ing^o OSWALDO ARPAÍS ALCA
 Control de Calidad de Alimentos
 LABORATORIO
 C.I.P 180825



Ing. M.Sc. M. Alfredo Calichuanca P.
 DFCANO

ANEXO 30

Figura 1. Espacio de color HSL (Tonalidad, Saturación y Luminosidad) en rueda.

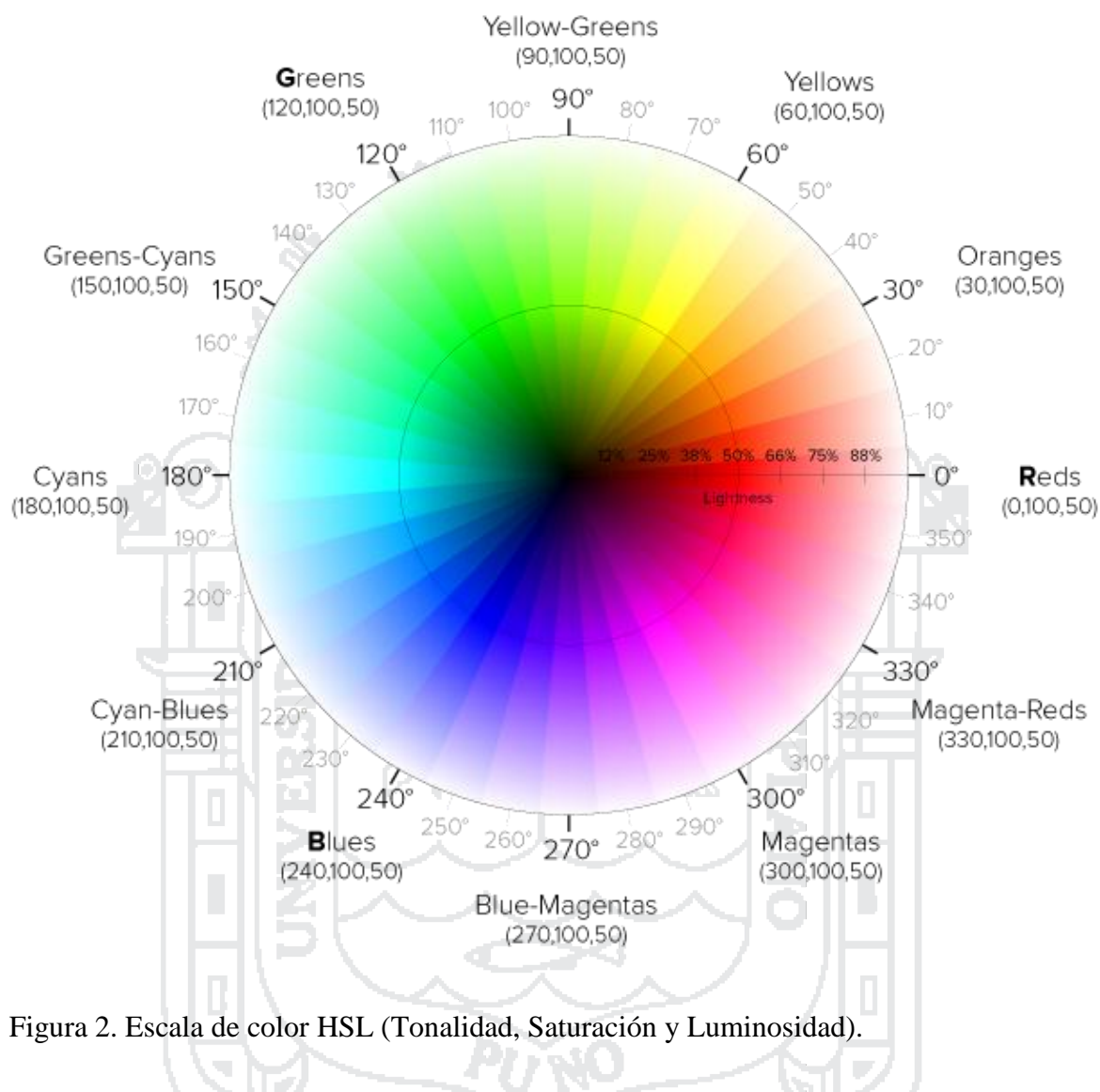


Figura 2. Escala de color HSL (Tonalidad, Saturación y Luminosidad).

