



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**“Influencia del estado de madurez en el índice de carotenoides del
pimiento morrón (*Capsicum annuum*), utilizando visión artificial”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Presentado por:

Bach.: Paredes Oblitas Adamary Coralí

Bach.: Peche Benites Jennifer Yomira

Asesor:

Dra. Noemí León Roque

LAMBAYEQUE – PERÚ – 2019

**“Influencia del estado de madurez en el índice de carotenoides del
pimiento morrón (*Capsicum annum*), utilizando visión artificial”**

ELABORADO POR:

Bach.: Paredes Oblitas Adamary Coralí

Bach.: Peche Benites Jennifer Yomira

APROBADO POR:

M. Sc. Juan Francisco Robles Ruiz
PRESIDENTE

Ing. Héctor Lorenzo Villa Cajavilca
SECRETARIO

Ing. Julio Humberto Tirado Vásquez
VOCAL

ASESORADO POR:

Dra. Noemí León Roque

DEDICATORIA

A Dios

Por darme una familia maravillosa, por estar conmigo, guiándome y dándome las fuerzas necesarias para superar momentos difíciles que se me han presentado, enseñándome a valorar más la vida y a todas las personas que me rodean.

A mis padres

JOSÉ Y CORALÍ, Por haberme inculcado muchas cosas buenas desde pequeña, a ustedes mi agradecimiento infinito por su amor y apoyo incondicional, sin importar opiniones de los demás. Porque desde el primer momento fueron mi soporte para poder seguir adelante y no rendirme.

A mis hermanos

ALEJANDRO Y GINO, Porque me brindan su cariño y apoyo, estando siempre conmigo en los momentos más significativos de mi vida.

A mi hijo

ALEX ADRIÁN, Porque desde que supe que llegaría a mi vida se convirtió en la personita más importante por quien salir adelante y dar todo lo mejor de mí, por ser mi motivación para superarme y así lograr ser un ejemplo para él.

A mi novio

ENDER, Porque siempre me brindó su apoyo en cada paso que doy, alentándome a seguir adelante, entregándome su cariño, amor y comprensión.

Y por último a mis amigos y familiares, quienes me dieron su apoyo, consejos y afecto para poder culminar con este proyecto.

Adamary Coralí

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la oportunidad de vivir, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres

TERESA Y JUAN, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis hermanos

LUZ, JUAN Y YÚNIOR, por ser el ejemplo de hermanos mayores, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

A mis sobrinos

SERGIO, SLATHER, CRISTEL, GIAN LUCA Y ANGÉLICA, por ser parte de mi motivación durante este período de estudio, y vean en mi un ejemplo a seguir.

Finalmente a mis familiares y amigos, aquellos que marcaron cada etapa de mi camino universitario, me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

Jennifer Yomira

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por el día de vida, por brindarnos las fuerzas necesarias para superar cada obstáculo, dificultades presentes en nuestro camino. Y por la oportunidad de poder culminar nuestro proyecto de investigación satisfactoriamente.

A nuestra asesora Dr. Noemí León Roque, por su apoyo incondicional y confianza en la dirección del presente trabajo de investigación.

A los docentes universitarios de nuestra Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por ser partícipes de nuestra sólida formación profesional.

A los técnicos del laboratorio de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén y de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por permitirnos la utilización de los equipos y materiales de laboratorio.

A nuestros padres, por apoyarnos incondicionalmente en todo momento, por el apoyo moral y material durante el desarrollo de la tesis, y por habernos dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de nuestras vidas.

Y a todas aquellas personas que han estado junto a nosotras durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

Adamary y Jennifer

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
I. FUNDAMENTO TEÓRICO	4
1.1 <i>CAPSICUM</i> : ASPECTOS GENERALES	4
1.1.1 Origen y taxonomía.....	4
1.1.2 Características principales del género <i>Capsicum</i>	5
1.1.3 Usos de los <i>Capsicum</i>	5
1.1.3.1 En la alimentación.	5
1.1.3.2 En la agroindustria.....	5
1.1.3.3 En la ganadería	6
1.1.3.4 En la medicina.....	6
1.1.3.5 En la defensa personal.....	6
1.1.3.6 En la agricultura.....	7
1.1.3.7 En rituales religiosos y mágicos.....	7
1.2 PIMIENTO MORRON (<i>Capsicum Annuum</i>)	7
1.2.1 Origen.....	7
1.2.2 Morfología y estructura.....	8
1.2.3 Parámetros de calidad del pimiento morrón.....	8
1.2.3.1 <i>Color</i>	9
1.2.3.2 <i>Tamaño</i>	9
1.2.3.3 <i>Firmeza</i>	10
1.2.3.4 <i>Sólidos solubles totales</i>	10
1.2.4 Clasificación taxonómica.....	10
1.2.5 Usos del pimiento morrón	11
1.2.6 Composición nutricional del pimiento	11
1.2.7 Producción de pimiento morrón.....	12
1.2.7.1 <i>Producción nacional</i>	12
1.2.7.2 <i>Producción en la región Lambayeque</i>	13
1.3 ANTIOXIDANTES	19

1.3.1	Clasificación de antioxidantes.....	20
1.3.2	Mecanismo de acción de los antioxidantes.....	22
1.4	CAROTENOIDES.....	23
1.4.1	Presencia y distribución de los carotenoides	25
1.4.2	Estructura.....	25
1.4.3	Clasificación de carotenoides	26
1.4.4	Propiedades generales	27
1.4.4.1	<i>Propiedades físicas</i>	27
1.4.4.2	<i>Propiedades espectroscópicas</i>	27
1.4.4.3	<i>Propiedades químicas</i>	28
1.4.4.4	<i>Propiedades benéficas</i>	29
1.4.4.5	<i>Funciones biológicas</i>	29
1.4.4.6	<i>Importancia nutricional</i>	30
1.4.5	Estabilidad de los carotenoides.....	31
1.4.5.1	<i>Efecto de la oxidación</i>	31
1.4.5.2	<i>Efecto de la temperatura</i>	32
1.4.5.3	<i>Efecto de la luz</i>	32
1.4.5.4	<i>Efecto del pH</i>	32
1.4.6	Biodisponibilidad de los carotenoides	33
1.5	VISIÓN ARTIFICIAL	33
1.5.1	Características principales en un sistema de visión artificial	33
1.5.2	Diagrama de bloques de un sistema de visión artificial.....	34
1.5.3	Imagen digital.....	35
1.5.4	Relación del color con el estado de madurez de frutas y hortalizas	35
1.5.5	La expresión numérica del color	36
1.5.5.1	<i>Modelo de color CIELAB ($L^*a^*b^*$)</i>	36
1.5.6	Especificación del color	37
1.5.7	Especificación del color psicofísico.....	38
1.5.8	Pixel.....	40
1.5.9	Cámara.....	40
1.5.10	Análisis de color en alimentos mediante imágenes digitales	41
1.6	CÁMARA HIPERESPECTRAL	42

1.6.1	Imagen hiperespectral	44
1.6.2	Avances en sistemas de adquisición de imágenes hiperespectrales	53
1.6.2.1	<i>Hardware</i>	53
1.6.2.2	<i>Software</i>	55
1.6.3	Ventajas y desventajas de la técnica de imágenes hiperespectrales	55
1.6.4	Aplicaciones de los sistemas de imágenes hiperespectrales	57
1.6.4.1	<i>En la agricultura y control de semillas</i>	57
1.6.4.2	<i>En el procesamiento post cosecha</i>	57
1.6.4.3	<i>En productos hortofrutícolas mínimamente procesados</i>	58
1.6.5	Índice de reflectancia espectral	58
II.	MATERIALES Y MÉTODOS	62
2.1	ÁREA DE EJECUCIÓN	62
2.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	62
2.3	MATERIALES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	64
2.3.1	Materia prima	64
2.3.2	Materiales de laboratorio	64
2.3.3	Reactivos	64
2.3.4	Instrumentos	64
2.3.5	Equipos	65
2.4	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	65
2.4.1	Descripción del procedimiento para la toma de imagen hiperespectral, análisis de carotenoides y clorofila de las muestras y análisis físico – químico	65
2.4.2	Caracterización de la materia prima	67
2.4.2.1	<i>Análisis hiperespectral</i>	67
2.4.2.2	<i>Análisis de Carotenoides y Clorofila</i>	72
2.4.2.3	<i>Análisis físico químico</i>	75
2.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	76

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES	77
3.1 ESTUDIO DE LOS CINCO GRADOS DE MADUREZ DEL PIMIENTO MORRÓN (<i>Capsicum annuum</i>) MEDIANTE EL USO DE IMAGEN HIPERESPECTRAL.....	77
3.2 COMPONENTES FISICOQUÍMICOS pH, SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES, ACIDEZ TITULABLE E ÍNDICE DE MADUREZ DE CINCO GRADOS DE MADUREZ DE PIMIENTO MORRÓN.....	80
3.3 PARÁMETROS DE CALIDAD: CAROTENOIDES TOTALES Y CLOROFILA	84
3.4 ÍNDICE DE REFLECTANCIA DE CAROTENOIDES (CRI2)	91
3.5 MODELO CIELAB*.....	93
3.6 CORRELACIÓN DE CRI2 CON LOS COMPONENTES FISICOQUÍMICOS Y LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS CINCO GRADOS DE MADUREZ DEL PIMIENTO MORRÓN (<i>Capsicum annuum</i>).....	96
3.6.1 CRI2 y Carotenoides.....	96
3.6.2 CRI2 y Clorofila.....	97
3.6.3 CRI2 y pH.....	98
3.6.4 CRI2 y °BRIX.....	99
3.6.5 CRI2 y acidez.....	100
3.6.6 CRI2 e índice de madurez	101
3.7 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS GRADOS DE MADUREZ DE LAS MUESTRAS DE PIMIENTO MORRÓN CON EL ÍNDICE DE REFLECTANCIA DE CAROTENOIDES (CRI2).....	103
IV. CONCLUSIONES	104
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
ANEXOS.....	123

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. MORFOLOGÍA DEL PIMIENTO MORRÓN (<i>CAPSICUM ANNUUM</i>).....	8
FIGURA 2. ESTRUCTURA DE B-CAROTENO PRESENTE EN EL PERICARPIO DEL CHILE..	25
FIGURA 3. EJEMPLO DE TIPOS ESTRUCTURALES DE CAROTENOIDES.	26
FIGURA 4. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE V.A.	34
FIGURA 5. REPRESENTACIÓN DEL ESPACIO DE COLOR CIELAB.....	37
FIGURA 6. ATRIBUTOS PERCEPTUALES PARA ESPECIFICAR EL COLOR PERCIBIDO.....	38
FIGURA 7. SÍNTESIS ADITIVA (A) Y SUSTRACTIVA DEL COLOR (B).	39
FIGURA 8. SISTEMA DE IMAGEN HIPERESPECTRAL BENCHTOP.	43
FIGURA 9. RANGO HIPERESPECTRAL DE LA CÁMARA PIKA L..	44
FIGURA 10. IMAGEN HIPERESPECTRAL EN SU LONGITUD DE ONDA..	44
FIGURA 11. ESTRUCTURA DE UNA IMAGEN HIPERESPECTRAL.....	45
FIGURA 12. PASOS A SEGUIR EN EL ANÁLISIS DE IMÁGENES HIPERESPECTRALES.....	47
FIGURA 13. VECTOR ELÉCTRICO..	48
FIGURA 14. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.	48
FIGURA 15. COLORES DEL ESPECTRO	49
FIGURA 16. CADENA RADIOMÉTRICA EN LA FORMACIÓN DE IMÁGENES.....	50
FIGURA 17. FLUJO RADIANTE Φ_i INCIDENTE EN UN OBJETO ES PARCIALMENTE REFLEJADO, ABSORBIDO, TRANSFERIDO O INCLUSO EMITIDO, PARA MANTENER EL EQUILIBRIO TERMODINÁMICO.....	51
FIGURA 18. ESQUEMA DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE IMÁGENES HIPERESPECTRALES.....	53
FIGURA 19. PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE IMAGEN HIPERESPECTRAL Y LIOFILIZACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	66
FIGURA 20. CÁMARA HIPERESPECTRAL RESONON – PIKA L.	67
FIGURA 21. ETAPA PARA LA SELECCIÓN DE LA IMAGEN HIPERESPECTRAL.	68
FIGURA 22. HOJA DE CALIBRACIÓN.....	69
FIGURA 23. CALIBRACIÓN DE LA IMAGEN DE LA CÁMARA HIPERESPECRAL.....	70
FIGURA 24. ESCANEADO DE LA IMAGEN DEL PIMIENTO MORRÓN..	70
FIGURA 25. SELECCIÓN DE LA REGIÓN DE INTERÉS (ROI) DE UNA MUESTRA DE PIMIENTO MORRÓN.	71
FIGURA 26. ESPECTRO MEDIO DE LA MUESTRA DEL PIMIENTO MORRÓN.....	72

FIGURA 27. LIOFILIZADOR BIOBASE.....	73
FIGURA 28. VARIACIÓN DE LA REFLECTANCIA EN FUNCIÓN DE LAS BANDAS ESPECTRALES.	78
FIGURA 29. PROMEDIO DE LAS FIRMAS ESPECTRALES DE LAS CINCO MUESTRAS DE PIMIENTO MORRÓN.	79
FIGURA 30. EVOLUCIÓN DEL PH EN LOS CINCO GRADOS DE MADUREZ DE PIMIENTO MORRÓN.....	80
FIGURA 31. EVOLUCIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE EN LOS CINCO GRADOS DE MADUREZ DE PIMIENTO MORRÓN.....	81
FIGURA 32. EVOLUCIÓN DE ° BRIX EN LOS CINCO GRADOS DE MADUREZ DE PIMIENTO MORRÓN.....	82
FIGURA 33. EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ EN LOS CINCO GRADOS DE MADUREZ DE PIMIENTO MORRÓN.....	83
FIGURA 34. EVOLUCIÓN DE LA CLOROFILA (MG/G) EN LOS CINCO GRADOS DE MADUREZ DE PIMIENTO MORRÓN.....	89
FIGURA 35. EVOLUCIÓN DE LOS CAROTENOIDES (MG/G) EN LOS CINCO GRADOS DE MADUREZ DE PIMIENTO MORRÓN.....	90
FIGURA 36. EVOLUCIÓN DE LA REFLECTANCIA DE CAROTENOIDES DE LOS CINCO GRADOS DE MADUREZ DE PIMIENTO MORRÓN.	92
FIGURA 37. GRÁFICA DEL ESPACIO DE COLOR CIE*LAB.....	95
FIGURA 38. GRÁFICA DE CORRELACIÓN DE CRI2 Y CAROTENOIDES.....	96
FIGURA 39. GRÁFICA DE CORRELACIÓN DE CRI2 Y CLOROFILA	97
FIGURA 40. GRÁFICA DE CORRELACIÓN DE CRI2 Y PH.....	98
FIGURA 41. GRÁFICA DE CORRELACIÓN DE CRI2 Y BRIX.	99
FIGURA 42. GRÁFICA DE CORRELACIÓN DE CRI2 Y ACIDEZ TITULABLE.	100
FIGURA 43. GRÁFICA DE CORRELACIÓN DE CRI2 E ÍNDICE DE MADUREZ.	101
FIGURA 44. CÁMARA HIPERESPECTRAL.	236
FIGURA 45. PIMIENTOS MORRONES (<i>CAPSICUM ANNUM</i>) EN SUS CINCO ESTADOS DE MADUREZ.....	236
FIGURA 46. CALIBRACIÓN DE LA CÁMARA HIPERESPECTRAL	237
FIGURA 47. OBTENCIÓN DE LAS IMÁGENES HIPERESPECTRALES	237
FIGURA 48. SELECCIÓN DE LAS REGIONES DE INTERÉS (ROI).	238
FIGURA 49. ESCANEADO DE LA MUESTRA A1	238
FIGURA 50. ESCANEADO DE LA MUESTRA A2	239

FIGURA 51. ESCANEEO DE LA MUESTRA A3.	239
FIGURA 52. ESCANEEO DE LA MUESTRA A4.	240
FIGURA 53. ESCANEEO DE LA MUESTRA A5.	240
FIGURA 54. LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN.....	241
FIGURA 55. MATERIALES DE LABORATORIO UTILIZADOS PARA LA OBTENCIÓN DEL JUGO DE LOS PIMIENTOS MORRONES	241
FIGURA 56. EXTRACCIÓN DEL JUGO DE LAS MUESTRAS DE PIMIENTO MORRÓN.....	242
FIGURA 57. JUGO EXTRAÍDO DE LAS MUESTRAS DE PIMIENTO MORRÓN.....	242
FIGURA 58. TITULACIÓN LA MUESTRA A1	243
FIGURA 59. TITULACIÓN DE LAS MUESTRAS A2 Y A3	243
FIGURA 60. TITULACIÓN LAS MUESTRAS A4 Y A5	244
FIGURA 61. MATERIALES UTILIZADOS PARA EL LIOFILIZADO Y CUANTIFICACIÓN DE CLOROFILA Y CAROTENOIDES TOTALES	244
FIGURA 62. EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL LIOFILIZADO Y CUANTIFICACIÓN DE CLOROFILA Y CAROTENOIDES TOTALES	245
FIGURA 63. MUESTRA A1 LIOFILIZADA.	246
FIGURA 64. MUESTRA A2 LIOFILIZADA	246
FIGURA 65. MUESTRA A3 LIOFILIZADA	246
FIGURA 66. MUESTRA A4 LIOFILIZADA	247
FIGURA 67. MUESTRA A5 LIOFILIZADA	247

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1 INFORMACIÓN NUTRICIONAL DEL PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM) ...	12
TABLA 2 ÁREAS INSTALADAS (HA) DE CAPSICUM, SEGÚN DISTRITOS EN CAMPAÑA AGRÍCOLA 2010 – 2011 AL 2015 – 2016	14
TABLA 3 ÁREAS COSECHADAS (HA) DE CAPSICUM, SEGÚN DISTRITOS EN CAMPAÑA AGRÍCOLA 2010 – 2011 AL 2015 – 2016. PERIODOS AGOSTO – JULIO.	16
TABLA 4 PRODUCCIÓN (T) DE CAPSICUM, SEGÚN DISTRITOS EN CAMPAÑA AGRÍCOLA 2010 – 2011 AL 2015 – 2016. PERIODOS AGOSTO – JULIO.....	18
TABLA 5 CLASIFICACIÓN DE LOS ANTIOXIDANTES, SEGÚN SU ORIGEN	21
TABLA 6 CLASIFICACIÓN DE LOS ANTIOXIDANTES SEGÚN EL SITIO DONDE EJERCEN SU ACCIÓN	22
TABLA 7 EJEMPLO DE TIPOS ESTRUCTURALES DE CAROTENOIDES	27
TABLA 8 PROPIEDADES BENÉFICAS DE LOS CAROTENOIDES	29
TABLA 9 ESPECIFICACIONES DE LA CÁMARA PIKA L.....	43
TABLA 10 OBJETOS Y SUPERFICIES IDEALIZADAS.....	52
TABLA 11 DIFERENCIA DE LOS DISPOSITIVOS DE LOS ELEMENTOS DE DISPERSIÓN	54
TABLA 12 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE IMÁGENES HIPERESPECTRALES A LA INDUSTRIA ALIMENTARIA	56
TABLA 13 ÍNDICES ESPECTRALES ANALIZADOS POR EL SOFTWARE SPECTRONON	60
TABLA 14 NIVELES DE VARIABLES DE ESTUDIO	63
TABLA 15 MÉTODOS DE DETERMINACIÓN FÍSICO QUÍMICO DE LA MATERIA PRIMA	75
TABLA 16 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE CINCO GRADOS DE MADUREZ DE PIMIENTO MORRÓN.....	80
TABLA 17 DETERMINACIÓN DE CAROTENOIDES TOTALES Y CLOROFILA EN LAS MUESTRAS DE PIMIENTO MORRÓN.....	84
TABLA 18 CONTENIDO DE CAROTENOIDES TOTALES Y CLOROFILA EN LAS MUESTRAS DE PIMIENTO MORRÓN.	89
TABLA 19 ÍNDICE DE REFLECTANCIA DE CAROTENOIDES (CRI2) EN LOS CINCO ESTADOS DE MADUREZ DE PIMIENTO MORRÓN.....	91
TABLA 20 RESULTADO DE LAS COORDENADAS L* A* B* DE CINCO ESTADOS DE MADUREZ DEL PIMIENTO MORRÓN UTILIZANDO EL MODELO CIELAB DE IMÁGENES OBTENIDAS MEDIANTE TELÉFONO MÓVIL XIAOMI – POCOPHONE F1	93

TABLA 21 CORRELACIONES DEL CRI2 Y CAROTENOIDES TOTALES	96
TABLA 22 CORRELACIONES DE CRI2 Y CLOROFILA.....	98
TABLA 23 CORRELACIONES DE CRI2 Y pH	99
TABLA 24 CORRELACIONES DE CRI2 Y °BRIX	100
TABLA 25 CORRELACIONES DEL CRI2 Y ACIDEZ TITULABLE.....	101
TABLA 26 CORRELACIONES DE CRI2 E ÍNDICE DE MADUREZ.....	102
TABLA 27 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL GRADO DE MADUREZ DE LAS MUESTRAS DE PIMIENTO MORRÓN Y EL ÍNDICE DE REFLECTANCIA DE CAROTENOIDES (CRI2)	103
TABLA 28 DATOS ESPECTRALES DEL PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM) 100% VERDE (A1).....	123
TABLA 29 REFLECTANCIA EN EL PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM) 100% VERDE (A1).....	125
TABLA 30 DATOS ESPECTRALES DEL PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM) 90 – 70% VERDE (A2)	127
TABLA 31 REFLECTANCIA EN EL PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM) 90 – 70% VERDE (A2)	129
TABLA 32 DATOS ESPECTRALES DEL PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM) 60 – 40% VERDE (A3)	131
TABLA 33 REFLECTANCIA EN EL PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM) 60 – 40% VERDE (A3)	133
TABLA 34 DATOS ESPECTRALES DEL PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM) 30 - 10% VERDE (A4).....	135
TABLA 35 REFLECTANCIA EN EL PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM) 30 - 10% VERDE (A4).....	137
TABLA 36 DATOS ESPECTRALES DEL PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM) 100% ROJO (A5)	139
TABLA 37 REFLECTANCIA EN EL PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM) 100% ROJO (A5)	141
TABLA 38 PROMEDIO DE FIRMAS ESPECTRALES DE LAS REGIONES DE INTERÉS (ROI) DE LAS 5 MUESTRAS DEL PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM).....	143
TABLA 39 INTERPOLACIÓN DE LAS FIRMAS ESPECTRALES DE LAS REGIONES DE INTERÉS (ROI) OBTENIDAS DE LAS 5 MUESTRAS DE PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM)	145

TABLA 40 ABSORBANCIAS OBTENIDAS DE LA MUESTRA LIOFILIZADA DE PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM) 100% VERDE.....	146
TABLA 41 ABSORBANCIAS OBTENIDAS DE LA MUESTRA LIOFILIZADA DE PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM) 90 – 70% VERDE	164
TABLA 42 ABSORBANCIAS OBTENIDAS DE LA MUESTRA LIOFILIZADA DE PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM) 60 - 40% VERDE.....	182
TABLA 43 ABSORBANCIAS OBTENIDAS DE LA MUESTRA LIOFILIZADA DE PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM) 100% VERDE	200
TABLA 44 ABSORBANCIAS OBTENIDAS DE LA MUESTRA LIOFILIZADA DE PIMIENTO MORRÓN (CAPSICUM ANNUUM) 100% VERDE	218

RESUMEN

El objetivo de la investigación es determinar la cantidad de carotenoides con los que cuenta los pimientos morrones en sus diferentes etapas de madurez, con la finalidad de evaluar la influencia del estado de madurez en el índice de carotenoides del pimiento morrón (*Capsicum annuum*), utilizando visión artificial.

Las muestras de pimiento morrón fueron adquiridas del distrito de Jayanca de la región Lambayeque, en cinco diferentes estados de madurez. Estas muestras fueron utilizadas en la adquisición de imágenes, las cuales son adquiridas y digitalizadas mediante el software SpectronPro y una cámara hiperespectral Pika L. Se realizó una corrección de imagen, teniendo en cuenta los efectos de iluminación, escaneo y almacenamiento de cubos de datos. Para así seleccionar las regiones de interés (region of interest - ROI), extrayendo los datos espectrales de las muestras para la determinación del índice de carotenoides (index of carotenoid reflectance - CRI2).

Y los parámetros de calidad como clorofila total y carotenoides totales de las muestras en estudio, por espectrofotometría adaptado a un lector de placa multipocillos Synergy HT Multi-Mode Microplate Reader (Biotek, Rochester, VT, USA). Así como sus componentes fisicoquímicos (sólidos solubles totales, pH, acidez titulable e índice de madurez). Finalmente se correlacionó el CRI2 con los componentes fisicoquímicos y los parámetros de calidad de los cinco grados de madurez del pimiento morrón (*Capsicum annuum*) y se evaluó estadísticamente las muestras, mediante un análisis de varianza utilizando el software IBM SPSS Statistics versión 24.

Los resultados obtenidos indicaron que la cantidad de clorofila disminuyó conforme avanzaba la maduración desde 169,98 $\mu\text{g/g}$ en pimiento 100% verde hasta 0,00 mg/g en pimiento 100% rojo, mientras que la cantidad de carotenoides aumentaba, desde 76,98 $\mu\text{g/g}$ en pimiento 100% verde hasta 197,55 mg/g en pimiento 100% rojo; así mismo, el Índice de Reflectancia de Carotenoides - CRI2 determinado mediante la imagen hiperespectral en pimiento 100% verde presentaba un CRI2 de 11 mientras que en pimiento 100% rojo un CRI2 de 41 estos valores del Índice de Carotenoides se correlacionaron con las variable de calidad, y la influencia del estado de madurez con el Índice de Carotenoides mediante un análisis de varianza y con una significancia al 95%.

En conclusión, la influencia del estado de madurez en el Índice de Carotenoides es significativa.

Palabras claves: índice de carotenoides, visión artificial, pimiento morrón, imagen hiperespectral.

ABSTRACT

The objective of the research is to determine the amount of carotenoids that the peppers have in their different stages of maturity, with the purpose of evaluating the influence of the state of maturity in the carotenoid index of pepper (*Capsicum annuum*), using artificial vision.

The pepper samples were acquired from the Jayanca district of the Lambayeque region, in five different stages of maturity. These samples were used in the acquisition of images, which are acquired and digitized by the SpectrononPro software and a Pika L hyperspectral camera. An image correction was made, taking into account the effects of lighting, scanning and storage of data cubes. To thus select the regions of interest (region of interest - ROI), extracting the spectral data of the samples for the determination of the carotenoid index (index of carotenoid reflectance - CRI2).

And the quality parameters such as total chlorophyll and total carotenoids of the samples under study, by spectrophotometry adapted to a multi-well plate reader Synergy HT Multi-Mode Microplate Reader (Biotek, Rochester, VT, USA). As well as its physicochemical components (total soluble solids, pH, titratable acidity and maturity index). Finally, the CRI2 was correlated with the physicochemical components and the quality parameters of the five degrees of ripeness of the red pepper (*Capsicum annuum*) and the samples were statistically evaluated by means of an analysis of variance using the software IBM SPSS Statistics version 24.

The results obtained indicated that the amount of chlorophyll decreased as maturation progressed from 169.98 mg / g in 100% green pepper to 0.00 mg / g in 100% red pepper, while the amount of carotenoids increased, from 76.98 mg / g in pepper 100% green to 197.55 mg / g in pepper 100% red; likewise, the Carotenoid Reflectance Index - CRI2 determined by the hyperspectral image in 100% green pepper had a CRI2 of 11 while in pepper 100% red a CRI2 of 41 these values of the Carotenoid Index were correlated with the quality variable, and the influence of the state of maturity with the Carotenoid Index through an analysis of variance and with a significance to 95%. In conclusion, the influence of the state of maturity in the Carotenoid Index is significant.

Key words: carotenoid index, artificial vision, red pepper, hyperspectral.

INTRODUCCIÓN

Actualmente se relaciona el consumo de frutas y hortalizas con la prevención de enfermedades, así como el envejecimiento, ya que se ha demostrado que algunos fitoquímicos protegen a las macromoléculas biológicas contra el daño o el estrés oxidativo, que puede dar lugar a enfermedades cardiovasculares y cáncer (Percival, 1998).

Estudios realizados demostraron una relación directa entre el consumo de frutas y hortalizas y la menor influencia de enfermedades crónicas, debido a la presencia de compuestos bioactivos y fitoquímicos, que funcionan como un efecto protector ante algunas enfermedades degenerativas. La mayoría de estas sustancias se caracterizan por sus propiedades antioxidantes, las cuales pueden ser adquiridas en alimentos funcionales tales como las frutas, hortalizas, cereales, nueces, aceite de olivo y vino (Badui, 2006).

Por otro lado, los antioxidantes que se encuentran presentes en algunos alimentos, ayudan a no envejecer antes de lo debido, además de protegernos de enfermedades cardiovasculares y de diversos tipos de cáncer, debido a que bloquean los radicales libres que modifican el colesterol malo, reduciendo así el riesgo cardiovascular.

Dentro de las hortalizas que presentan estos beneficios podemos encontrar a los pimientos morrones, que poseen una gran variabilidad genéticas y una amplia gama de colores debido a la variación en la concentración de pigmentos, principalmente carotenos. Además de ser caracterizado por su elevado contenido de compuestos fitoquímicos, con alta capacidad antioxidante, siendo una de las hortalizas más ricas en vitamina C (Percival, 1998) (Fray *et al.*, 2008).

En la actualidad, sistema de visión comercial basado en el color, es muy frecuente en las líneas de clasificación, que es un método no destructivo y técnica rápida (Velásquez *et al.*, 2017); pero el parámetro de color solo no lo hace proporcionar una determinación confiable de la madurez (Costa *et al.*, 2011). El análisis químico de la concentración de clorofilas y los carotenoides están avanzando grandemente, la técnica de medición más usado es la cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) (Xie *et al.*, 2019) (Patsilnakos *et al.*, 2018) que proporciona un alto nivel cuantitativo y cualitativo, que

requiere una alta precisión en la preparación de la muestra y costosos procedimientos operativos (Biehler *et al.*, 2010), HPLC es el método habitual de referencia utilizado para la separación y cuantificación de colorantes, pero es costoso, consume mucho tiempo y utiliza solventes, a veces tóxicos (Vidal *et al.*, 2018).

La lectura del color se realiza mediante un proceso de inspección visual o mediante el uso de métodos tradicionales o instrumentos con limitaciones de alcance (Leme *et al.*, 2019). Estos instrumentos como colorímetros y espectrofotómetros que son caros y no son económicamente viables, ambas técnicas no disponibles en los laboratorios, esta limitación generó la necesidad de nuevos sistemas de visión por computadora que ayuden en la lectura de color en muestras como es el caso del pimiento (León *et al.*, 2016) (Leme *et al.*, 2019).

La medición de firmas espectrales de frutas permite el análisis de pigmentación, y podría constituir un medio para la determinación no-destructiva en etapa de madurez de frutos (Schmilovitch *et al.*, 2014). Así como, las imágenes hiperespectrales con una secuencia de bandas de ondas contiguas que cubre una región espectral específica (visible e infrarrojo cercano) (Lu y Mendoza, 2015).

La visión artificial es un campo que se viene desarrollando en las últimas décadas y que tiene aplicaciones en distintos sectores de la industria, esto se da ya que en su mayoría la información recibida por el hombre es visual, adquirir dicha información en un sistema computacional se llama “Procesamiento y reconocimiento de imágenes por computadora” (Ernest, 1979), investigadores vienen desarrollando aplicaciones en distintos campos como la agroindustria, la medicina, la minería, la seguridad (Vásquez, 1995).

Las técnicas de imagen hiperespectral por visión artificial se han explorado en el ámbito de la inspección de productos agroalimentarios, examinando su potencial como herramienta de inspección (detección de contaminantes, identificación de defectos, estimación de la composición analítica, determinación de atributos de calidad) (Diezma *et al.*, 2011).

El objetivo de la presente investigación consistió en determinar la cantidad de carotenoides presente en los pimientos morrones en sus diferentes etapas de madurez, con la finalidad de evaluar la influencia del estado de madurez en el índice de

carotenoides del pimiento morrón (*Capsicum annuum*), utilizando visión artificial; para ello se estudiará los cinco grados de madurez del pimiento morrón (*Capsicum annuum*) mediante el uso de imagen hiperespectral; se determinará los componentes; sólidos solubles totales, pH, acidez titulable e índice de madurez de las muestras en estudio; se determinará los parámetros de calidad como, clorofila total y carotenoides totales de las muestras en estudio; se determinará el Índice de Carotenoides (CRI2) de las Regiones de Interés (ROI) seleccionado (seis regiones) de los espectros promedio obtenidos a través de la imagen hiperespectral; se correlacionará el CRI2 con los componentes fisicoquímicos y los parámetros de calidad de los cinco grados de madurez del pimiento morrón (*Capsicum annuum*) y se evaluará estadísticamente las muestras, mediante un análisis de varianza utilizando el software IBM SPSS Statistics versión 24.

I. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 *CAPSICUM*: ASPECTOS GENERALES

1.1.1 Origen y taxonomía

Los ajíes pertenecen al género *Capsicum*, este género se incluye en la extensa familia de las Solanáceas del orden Tubiflorae, que a su vez está en la clase Dicotiledoneae.

El origen de los *Capsicum* se remonta de las regiones tropicales y subtropicales de América, probablemente en el área de Bolivia – Perú donde se han encontrado semillas de formas ancestrales de más de 7000 años (Nuez *et al.*, 1996).

La región de Perú y Bolivia es uno de los dos centros de origen de mayor diversidad genética del ají, el cual ha estado presente en la vida de los pobladores de estas zonas desde hace mucho tiempo. En el actual Perú durante la época de las culturas pre-Incas, el ají era utilizado no solo en la preparación de sus alimentos siendo uno de los componentes más importantes de sus dietas, sino también formaba parte de su arte, e incluso, sus usos se extendieron a la religión (Gastronomía, 2009).

El género *Capsicum* tuvo su origen en la zona andina y selvática de lo que antes se denominó el Alto Perú, zona que incluye la cuenca del Lago Titicaca y lo que hoy pertenece a Bolivia. Desde esta zona, el ají logró una expansión a través de Perú, Bolivia y posteriormente el resto de América del Sur y Central, gracias a las corrientes de los ríos y a las aves migratorias, quienes hicieron las labores de propagación natural (Gastronomía, 2009).

Este género incluye cerca de 25 especies silvestres y 5 domesticadas *Capsicum chinense*, *C. baccatum*, *C. annuum*, *C. pubescens* y *C. frutescens*. La taxonomía de este género es compleja debido a la gran variedad de formas existentes en las especies cultivadas y a la diversidad de criterios utilizados en la clasificación (Nuez *et al.*, 1996).

Los *Capsicum*, cuyo nombre científico deriva del griego, según unos autores de kapso (picar) y según otros de kapsakes (cápsula), presentan una taxonomía compleja y esto se debe a la gran variabilidad de formas existentes en las especies cultivadas y a la diversidad de criterios utilizados en la clasificación (Nuez *et al.*, 1996).

1.1.2 Características principales del género *Capsicum*

Los *Capsicum* son plantas anuales, que presentan tallos erectos, herbáceos y ramificados de color verde oscuro. Las hojas son planas, simples y de forma lanceolada u ovoide alargada. Las flores son perfectas, se forman en las axilas de las ramas, son de color blanco y a veces púrpura. El sistema radicular llega a profundidades de 30-60 cm, y lateralmente se extiende hasta unos 30-50 cm del eje, pero la mayoría de las raíces están a una profundidad de 5 a 40 cm. La altura promedio de la planta es de 60 cm, pero este varía según el cultivar del cual se trate. El fruto se define como una baya, que presenta diferentes colores y formas según la variedad. De interior hueco, presenta de dos a cuatro costillas que dividen el interior del fruto, estas costillas sirven también de sostén de las semillas, que generalmente son de color amarillo pálido, salvo *C. pubescens* que posee semillas de color negro (Nuez *et al.*, 1996).

1.1.3 Usos de los *Capsicum*

Los *Capsicum* son usados en diferentes ámbitos.

1.1.3.1 En la alimentación.

El género *Capsicum* provee muchas especies y variedades usadas en alimentos populares en la cocina de muchas partes del mundo (Loayza y Di Fabio, 2001). Los tipos picantes se usan en fresco (sean verdes o maduros), en encurtidos, secos (enteros o convertidos en polvo) o como salsa industrializada. Los tipos dulces (no picantes) son utilizados en verde como una hortaliza, pero también se consumen maduros, frescos, encurtidos, asados y cocinados de múltiples formas, secos, en polvo o en conserva (Nuez *et al.*, 1996).

1.1.3.2 En la agroindustria

Se utilizan las oleorresinas de *Capsicum*, extractos de naturaleza oleosa, que proporcionan compuestos aromáticos, pungentes y carotenoides, obtenidos de la extracción de los ajíes deshidratados con solventes orgánicos (hexano, acetato de etilo o acetona), pero además existen otros trabajos empleando bajas temperaturas usando dióxido de carbono supercrítico (ScCO₂) que muestran resultados más satisfactorios en cuanto a pureza, integridad de los carotenoides y concentración de los mismos en la oleorresina obtenida. Las oleorresinas de *Capsicum* están compuestas en su mayoría por la capsaicina, dihidrocapsaicina, capsantina y capsorrubina; las dos primeras son

responsables del principio térmico o pungencia y las otras dos de la coloración naranja o rojiza de los frutos, y en menor medida de compuestos volátiles, debido a la pérdida producida al momento de la extracción (Restrepo, 2006). Las oleorresinas de *Capsicum* picantes, se extraen mayormente de variedades de *C. annuum* y se usan como aditivos en la industria cárnica, embutidos, cerdo ahumado, sopas deshidratadas, salsas, bebidas gaseosas y variedades de snack (Loayza y Di Fabio, 2001).

1.1.3.3 En la ganadería

El *Capsicum* es usado en la elaboración de alimentos de pollos y gallinas ponedoras, con el fin de dar pigmentación en la carne y las yemas de los huevos (Loayza y Di Fabio, 2001). En la veterinaria los ajíes picantes se han utilizado como estimulante sexual en las gallinas (Nuez *et al.*, 1996).

1.1.3.4 En la medicina

Los ajíes son usados para aliviar problemas como malestares de la tos, resfriados, la bronquitis, el asma y para la garganta irritada y congestionada, empleándolos en forma de gárgaras o infusiones de ajíes macerados o de hojas de la planta (Long, 1986). En polvo se usan para tratar picaduras de insectos, eliminar los efectos de la sarna y piojos. Se usa también para tratar la laxitud y el desmayo producido por las grandes alturas (soroche), frotando ají colorado tostado sobre la frente. El ají también mejora la producción de bilis, siendo de gran provecho para personas estreñidas. Quita el dolor de oído causado por el frío o por el viento y elimina el dolor de muelas. En forma de emplastos y parches combate malestares reumáticos y musculares. Las semillas se usan como analgésicos en muelas cariadas (Cabieses, 2000).

1.1.3.5 En la defensa personal

Existen “aerosoles de pimienta” (“pepper spray” en inglés), que son usados por policías y civiles que desean tener algún elemento para defenderse ante una situación de riesgo. Estos aerosoles contienen capsaicina, en una concentración de aproximadamente 15 por ciento. En contacto con el rostro, la víctima sufre un profundo ardor en los ojos y dificultad para respirar (Cedrón, 2013).

1.1.3.6 En la agricultura

Existen insecticidas formulados con concentraciones de capsaicina que tienen un fuerte efecto fumigante y repelente sobre plagas especialmente picadoras-chupadoras. Tenemos el Bioxter, concentrado de ajíes (500,000 grados Scoville), como un producto natural utilizado en Programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) (SEAGRO, 2013) y el Capsialil, extracto de *Capsicum spp.* (434,0 g/L) y *Alium sativum* (542,0 g/L), utilizado como repelente e irritante biológico de insectos, también utilizado en Programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) y Manejo Integrado de cultivos (MIC) (Villanueva *et al.*, 2016).

1.1.3.7 En rituales religiosos y mágicos

El ají desempeñó un importante papel en ceremonias religiosas y en la cultura de muchos pueblos americanos (Nuez *et al.*, 1996). En la cultura peruana la connotación mágico-religiosa que adquirió este fruto desde tiempos remotos se mantiene hasta la actualidad. Los curanderos de los Andes lo emplean hasta el día de hoy en sus rituales adivinatorios y para sahumar a las personas que han sido poseídas por algún alma (Valderrama y Ugás, 2009). Así también, se preserva en la cultura mexicana, desde épocas prehispánicas, en las regiones aisladas del sur del país en donde todavía se realizan ceremonias dando ofrendas a los dioses o los santos cristianos para pedir una buena cosecha o la protección de sus cultivos, invocando a los espíritus de las semillas del ají (Long, 2011).

1.2 PIMIENTO MORRON (*Capsicum Annuum*)

1.2.1 Origen

Poblaciones silvestres de la especie de pimiento *Capsicum annuum* se encuentran desde el sur de los Estados Unidos (sur de Arizona) hasta Colombia o el norte del Perú. Se considera a México como su centro de domesticación, allí se han encontrado semillas en restos arqueológicos de 6500 a 5000 años AC y es donde hoy día se encuentra la mayor diversidad de la especie. Para la época en que llegaron los españoles a México, los aztecas ya habían desarrollado docenas de variedades de pimiento. Cristóbal Colón llevó semillas a Europa, desde donde se diseminó el pimiento al Mediano Oriente,

África y Asia. Posteriormente se introdujo a lugares más al norte en Norte América donde antes no se conocía. Aparentemente recibió el nombre común de ‘pimiento’ en español y “pepper” en inglés al ser confundido inicialmente con la pimienta, debido al sabor picante presente en muchas de sus frutas (Fornaris, 2005).

1.2.2 Morfología y estructura

El pimiento morrón (*Capsicum annuum*) posee frutos alargados, de interior hueco y sin jugo, está dividido de dos a cuatro costillas verticales interiores que portan las semillas. El fruto es una baya hueca y deprimida, que mide de 6 cm a 12 cm, de largo y 4 cm de base, su color es variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al naranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde escasos gramos hasta más de 500. Las semillas se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central; son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 mm (Pedraza, 2014).



Figura 1. Morfología del pimiento morrón (*Capsicum annuum*). Elaboración propia (2018).

1.2.3 Parámetros de calidad del pimiento morrón

El color de un fruto es una medida de calidad total y en muchas ocasiones la más importante y/o única a considerar. La calidad del pimiento, es un concepto complejo

basado en múltiples características: el color (relacionado con el contenido de clorofila y carotenoides), firmeza, sólido soluble, materia seca, capsaicinoides, compuestos fenólicos, contenido de vitamina C y A, y minerales como hierro y calcio (Baenas *et al.*, 2018) (Dereje, 2003) (Asnin y Park, 2015).

1.2.3.1 Color

En las frutas y vegetales, el color se debe a tres familias de pigmentos que son: clorofilas, antocianinas y carotenoides, responsables de la coloración verde, de azul a violeta y de rojo a amarillo, respectivamente (Minguez *et al.*, 2005). Estos compuestos son importantes por sus propiedades nutricionales (Loizzo *et al.*, 2015), la concentración inicial de estos pigmentos está relacionada con el estado de madurez (González, 2010) y con la calidad de los alimentos frescos y procesados (Vasquez, 2015).

Dentro de las hortalizas que presentan estos beneficios podemos encontrar a los pimientos morrones (*Capsicum annuum*), que poseen una gran variabilidad genéticas y una amplia gama de colores debido a la variación en la concentración de pigmentos, principalmente carotenos, los frutos de *Capsicum spp.* Son sitios especialmente ricos para la síntesis y acumulación de carotenoides (Kilcrease *et al.*, 2015). Además de ser caracterizado por su elevado contenido de compuestos fitoquímicos, con alta capacidad antioxidante, siendo una de las hortalizas más ricas en vitamina C (Fray *et al.*, 2008). Los pimientos ocupan un lugar predominante en todo el mundo por su valor nutricional dietética (Schmilovitch *et al.*, 2014).

El color de un fruto es una medida de calidad total y en muchas ocasiones la más importante y/o única a considerar (Nuez, 1995). El color en el pimiento morrón es debido a los carotenos y flavonoides (Delgado y Paredes, 2003). El color verde del pimiento morrón se debe a la clorofila y algunos carotenos del cloroplasto (Marín *et al.*, 2004). El α y β -caroteno, luteína, son los responsables del color amarillo y naranja del pimiento morrón (Howard *et al.*, 2000), y el color rojo se debe a la presencia de la capsantina, capsorrubina y capsantina 5,6-epóxido.

1.2.3.2 Tamaño

El tamaño es considerado un criterio importante de calidad, el cual se puede determinar fácilmente, se puede medir el diámetro de la circunferencia, la longitud, el grosor, el

peso o volumen, existen diversos estándares que dependerán del destino del producto (Willis *et al.*, 1999).

1.2.3.3 *Firmeza*

La firmeza es un parámetro que mide la resistencia de penetración de los tejidos del vegetal. Es un factor importante ya que la firmeza está relacionada con la sanidad del fruto, la concentración de azúcares, el pH, el sabor y el aroma del fruto, sobre todo con la coloración del mismo. La firmeza se puede determinar por procedimientos destructivos (Kader *et al.*, 1978) (Riquelme, 1995).

1.2.3.4 *Sólidos solubles totales*

Dentro de los compuestos químicos más comunes que se determinan en frutas y hortalizas se encuentran la acidez titulable y los sólidos solubles totales. La palabra sólidos hace referencia a materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. La determinación de este parámetro mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) (Pedraza, 2014)

Debido a la morfología de la planta del pimiento morrón, su sistema radicular es exigente a la humedad del suelo y un exceso de humedad reduce el contenido de sólidos solubles totales. La intensidad de luz percibida por las plantas, produce un incremento en la cantidad de azúcares solubles, y también un incremento en ácido ascórbico (Pedraza, 2014).

1.2.4 *Clasificación taxonómica*

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Asteridae
Orden	:	Solanales
Familia	:	Solanaceae
Género	:	<i>Capsicum</i>
Especie	:	<i>Capsicum annuum</i>

1.2.5 Usos del pimiento morrón

La fruta del pimiento se consume mayormente madura, ya sea en su etapa de verde hecha o cuando ha desarrollado su color característico al madurar. Los pimientos ‘dulces’ de la especie *C. annuum* tienen un sabor considerado no picante. Se pueden comer crudos en ensalada o cocidos de varias formas (ej., al horno, asados, fritos o salteados), frecuentemente rellenos con carne u otros productos alimenticios. Pueden ser preservados en encurtido o enlatados. Se usan también como parte de los ingredientes en sopas, guisos, salsas y en la preparación de sofrito. La fruta completamente madura se puede secar y moler para utilizar este polvo como colorante vegetal y condimento. Tanto a la fruta como a las hojas se le atribuyen propiedades medicinales. En cuanto a su valor nutritivo, sus frutas son una buena fuente de vitamina C (ácido ascórbico) y una de las mejores fuentes de vitamina A, especialmente las frutas maduras (Fornaris, 2005).

Es relevante mencionar la importancia del uso de la capsicina (la principal sustancia alcaloide que le da el carácter picante a los pimientos). Además de su importancia en el uso del pimiento como especia, ésta se usa como ingrediente activo en algunos medicamentos de uso externo para aliviar el dolor de artritis y el dolor postoperatorio en mastectomías o amputaciones, entre otros usos medicinales. La capsicina también es un ingrediente activo en el ‘pepper spray’ utilizado para defensa personal y por organizaciones del orden público como la policía (Fornaris, 2005).

1.2.6 Composición nutricional del pimiento

El pimiento es uno de los vegetales más completos en sustancias nutritivas, destacándose la presencia de vitamina A; complejo vitamínico B, vitamina C y vitamina E, así como de los minerales calcio, hierro y fósforo y proteínas, fibra dietética, kilocalorías y una elevada cantidad de antioxidantes (Llanos, 1999) (Carrillo *et al.*, 2002).

Tabla 1*Información nutricional del pimiento morrón (Capsicum annuum)*

Cantidad por		100 gramos	
Calorías		31	
Grasas totales		0,3 g	
	Ácidos grasos saturados	0 g	
	Ácidos grasos poliinsaturados	0,1 g	
	Ácidos grasos mono insaturados	0 g	
Colesterol		0 mg	
Sodio		4 mg	
Potasio		211 mg	
Carbohidratos		6 g	
	Fibra alimentaria	2,1 g	
	Azúcares	4,2 g	
Proteínas		1 g	
Vitamina A	3131 IU	Vitamina C	127,7
Calcio	7 mg	Hierro	0,4 mg
Vitamina D	0 IU	Vitamina B6	0,3 mg
Vitamina B12	0 µg	Magnesio	12 mg

Nota. Recuperado de <http://fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/pimientos-aji-pimiento-morron-pimientos-morrones.htm>

1.2.7 Producción de pimiento morrón

1.2.7.1 Producción nacional

La gerente de Agroexportaciones de la Asociación de Exportadores (ADEX), destacó que en el 2016 Perú produjo 163 899 toneladas de *Capsicum*, mostrando un incremento de 16,7% frente a las 140 477 toneladas alcanzadas el 2015 (León, 2017).

Asimismo, indicó que la principal región productora de *Capsicum* el año anterior fue Lambayeque con 53 861 toneladas. Le siguen Lima (36 673 toneladas), Pasco (26 703 toneladas), La Libertad (10 624 toneladas), Tacna (10 350 toneladas), Piura (7 496 toneladas), Arequipa (6 276 toneladas), entre otras (León, 2017).

En cuanto a variedad de producto, la producción de pimiento morrón ascendió a 53.227 toneladas (32% del total), ají 37 453 toneladas (23%), páprika 31 085 toneladas (19%), rocoto 30 229 toneladas (18%), y pimiento piquillo 11 905 toneladas (7%) (León, 2017).

Resaltó que la producción de morrón presentó un incremento de 11% respecto al 2015, mientras que la producción de rocoto registró un aumento de 47% en comparación al 2015 (León, 2017).

1.2.7.2 Producción en la región Lambayeque

La región Lambayeque alcanzó las 47 700 toneladas de producción de ajíes y pimientos en el último año, lo que representó el 40% de la producción total del sector en todo el País, colocándose como la cuna de los *Capsicum* y principal productor de todo el Perú, informó la Asociación de Exportadores (ADEX).

El presidente del comité de *Capsicum* de ADEX, Renzo Gómez, precisó que la exportación lambayecana de ajíes y pimientos sumó US\$ 79,3 millones el 2015, lo que significó un crecimiento de 8% respecto del año anterior. A nivel nacional, Lambayeque concentró el 30% de las exportaciones totales del rubro en el 2015.

En su visita a la ciudad de Chiclayo, presentó la 23° Conferencia Internacional de Pepper y refirió que entre enero y marzo de este año las exportaciones de conservas de ajíes y pimientos lambayecanos sumaron US\$ 12 millones y concentraron el 85% del sector. También mencionó que los principales productos exportados por este sector el 2015 fueron las conservas, especialmente de pimiento piquillo, pimiento morrón, jalapeño, entre otros. “Este panorama se da gracias a que en el norte peruano se está generando más valor agregado en los productos”, sostuvo.

Los principales mercados fueron Estados Unidos, que concentró el 61% del total exportado, seguido de Alemania, Puerto Rico, Reino Unido, España, entre otros. En la canasta exportadora de *Capsicum* de Lambayeque, también figuraron los congelados con una demanda de US\$ 2,8 millones, principalmente de Estados Unidos y Alemania (Agraria.pe Redacción, 2016).

Tabla 2

Áreas instaladas (ha) de Capsicum, según distritos en campaña agrícola 2010 – 2011 al 2015 – 2016

CULTIVO	DISTRITOS	PERIODOS					
		2010 – 2011	2011 – 2012	2012 – 2013	2013 – 2014	2014 – 2015	2015 – 2016
Ají Cayenne	Jayanca	-	-	-	-	-	-
	Mórrope	-	-	-	-	-	-
	Motupe	-	13	20	-	-	-
	Olmos	10	73	144	20	69	1
	Pacora	-	-	-	-	-	-
	Salas	-	-	-	-	-	-
	Total	10	86	164	20	69	1
Ají Cherry	Jayanca	28	9	-	-	-	-
	Motupe	-	-	-	-	-	-
	Total	28	9	-	-	-	-
Ají Don Emilio	Olmos	-	-	-	-	-	94
	Total	-	-	-	-	-	94
Ají guajillo	Monsefú	-	-	-	-	-	-
	Motupe	20	-	-	-	-	-
	Olmos	36	13	32	22	44	114
	Pucalá	-	-	-	-	-	-
	Total	56	13	32	22	44	114
Ají Habanero	Motupe	-	7	-	-	22	-
	Olmos	-	5	24	-	8	-
	Total	-	12	24	-	30	-
Ají Jalapeño	Jayanca	44	6	58	-	45	90
	Motupe	4	4	4	-	52	43
	Olmos	-	3	-	-	-	-
	Pítipo	-	-	-	-	-	-
	Total	48	13	62	-	97	133
Aji Paprika	Chongoyape	90	50	-	-	8	-
	Jayanca	135	95	86	140	45	115
	Lagunas	3	-	-	-	-	-
	Lambayeque	-	-	3	2	-	-
	Mochumí	-	-	-	-	-	2
	Motupe	86	44	-	34	-	-
	Nueva Arica	-	-	-	-	-	-
	Olmos	234	226	-	233	441	295
	Pátapo	-	-	-	-	-	-
	Pítipo	9	10	-	-	-	-
	Pucalá	-	-	-	-	-	-
	Salas	-	-	-	-	-	-
	Túcume	-	-	-	-	-	-

CULTIVO	DISTRITOS	PERIODOS					
		2010 - 2011	2011 - 2012	2012 - 2013	2013 - 2014	2014 - 2015	2015 - 2016
Aji Pimiento Morrón	Zaña	40	127	18	-	-	88
	Total	597	552	107	409	494	500
	Jayanca	243	501	294	183	490	715
	M.A.Mesones	-	-	-	-	1	-
	Muro	-	-	-	-	-	-
	Monsefú	-	-	-	-	-	-
	Motupe	-	-	-	-	150	-
	Olmos	13	10	5	-	-	77
	Pítipo	26	45	47	-	21	21
	Pueblo Nuevo	-	-	-	-	-	-
	Salas	-	-	-	-	11	-
	Túcume	-	-	-	-	-	-
	Zaña	-	-	-	-	-	-
	Total	282	556	346	183	673	813
	Cayaltí	-	-	-	-	-	61
	Jayanca	296	30	-	102	60	70
	Mórrope	-	-	-	-	-	-
	Motupe	54	53	-	91	-	30
	Nueva Arica	-	-	-	-	-	-
	Olmos	243	423	-	302	114	216
Aji piquillo	Pacora	-	-	-	-	-	-
	Pátapo	-	-	-	-	-	-
	Pítipo	-	-	-	-	-	-
	Pueblo Nuevo	-	-	-	-	-	-
	Salas	-	-	-	-	21	-
	Total	593	506	-	495	195	377

Nota. Gobierno Regional de Agricultura Lambayeque (2017).

Tabla 3

Áreas cosechadas (ha) de Capsicum, según distritos en campaña agrícola 2010 – 2011 al 2015 – 2016. Periodos Agosto – Julio.

CULTIVO	DISTRITOS	PERIODOS					
		2010 - 2011	2011 - 2012	2012 - 2013	2013 - 2014	2014 - 2015	2015 - 2016
Ají Cayenne	Jayanca	-	-	-	-	-	-
	Mórrope	-	-	-	-	-	-
	Motupe	-	-	13	20	-	30
	Olmos	19	23	36	144	75	69
	Pacora	-	-	-	-	-	-
	Salas	-	-	-	-	-	-
	Total	19	23	49	164	75	99
Ají Cherry	Jayanca	25	9	-	-	-	-
	Motupe	-	-	-	-	-	-
	Total	25	9	-	-	-	-
Ají Don Emilio	Olmos	-	-	-	-	-	-
	Total	-	-	-	-	-	-
Ají guajillo	Monsefú	-	-	-	-	-	-
	Motupe	-	20	-	-	-	-
	Olmos	65	-	45	22	-	44
	Pucalá	-	-	-	-	-	-
	Total	65	20	45	22	-	44
Ají Habanero	Motupe	-	-	7	-	-	22
	Olmos	-	3	26	-	-	8
	Total	-	3	33	-	-	30
Ají Jalapeño	85	6	58	-	15	90	85
	8	-	4	4	52	-	8
	-	3	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-
	Total	93	9	62	4	67	90
Aji Paprika	Chongoyape	90	50	-	-	8	-
	Jayanca	177	95	86	140	45	20
	Lagunas	3	-	-	-	-	-
	Lambayeque	-	-	3	-	-	-
	Mochumí	-	-	-	-	-	2
	Motupe	-	86	-	34	-	-
	Nueva Arica	-	-	-	-	-	-
	Olmos	87	264	-	227	46	421
	Pátapo	-	-	-	-	-	-
	Pítipo	9	10	-	-	-	-
	Pucalá	-	-	-	-	-	-
	Salas	-	-	-	-	-	-
	Túcume	-	-	-	-	-	-
	Zaña	40	27	118	-	-	48

CULTIVO	DISTRITOS	PERIODOS					
		2010 - 2011	2011 - 2012	2012 - 2013	2013 - 2014	2014 - 2015	2015 - 2016
Aji Pimiento Morrón	Total	406	532	207	401	99	491
	Jayanca	445	501	294	483	490	715
	M.A.Mesones	-	-	-	-	-	-
	Muro	-	-	-	-	-	-
	Monsefú	-	-	-	-	-	-
	Motupe	-	-	-	-	150	-
	Olmos	-	-	-	-	-	77
	Pítipo	21	55	37	-	-	21
	Pueblo Nuevo	-	-	-	-	-	-
	Salas	-	-	-	-	-	-
	Túcume	-	-	-	-	-	-
	Zaña	-	-	20	-	-	-
	Total	466	556	351	483	640	813
	Cayaltí	-	-	-	-	-	-
	Jayanca	336	30	-	102	60	70
	Mórrope	-	-	-	-	-	-
	Motupe	-	107	-	91	-	-
	Nueva Arica	-	-	-	-	-	-
	Olmos	182	280	-	206	198	144
Aji piquillo	Pacora	-	-	-	-	-	-
	Pátapo	-	-	-	-	-	-
	Pítipo	-	-	-	-	-	-
	Pueblo Nuevo	-	-	-	-	-	-
	Salas	-	-	-	-	21	-
	Total	518	417	-	399	279	214

Nota. Gobierno Regional de Agricultura Lambayeque (2017).

Tabla 4

Producción (t) de Capsicum, según distritos en campaña agrícola 2010 – 2011 al 2015 – 2016. Periodos Agosto – Julio

CULTIVO	DISTRITOS	PERIODOS					
		2010 - 2011	2011 - 2012	2012 - 2013	2013 - 2014	2014 - 2015	2015 - 2016
Ají Cayenne	Jayanca	-	-	-	-	-	-
	Mórrope	-	-	-	-	-	-
	Motupe	-	-	711	760	-	1,140
	Olmos	971	1,104	2,340	4,292	1,778	3,312
	Pacora	-	-	-	-	-	-
	Salas	-	-	-	-	-	-
	Total	971	1,104	3,051	5,052	1,778	4,452
Ají Cherry	Jayanca	632	225	-	-	-	-
	Motupe	-	-	-	-	-	-
	Total	632	225	-	-	-	-
Ají Don Emilio	Olmos	-	-	-	-	-	-
	Total	-	-	-	-	-	-
	Monsefú	-	-	-	-	-	-
Ají guajillo	Motupe	-	160	-	-	-	-
	Olmos	536	-	559	264	-	452
	Pucalá	-	-	-	-	-	-
	Total	536	160	559	264	-	452
	Motupe	-	-	238	-	-	924
Ají Habanero	Olmos	-	105	592	-	-	360
	Total	-	105	830	-	-	1,284
	3,426	420	4,133	-	1,093	6,634	3,426
Ají Jalapeño	224	-	212	124	1,268	2,882	224
	144	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-
	Total	3,650	564	4,345	124	2,361	9,516
	Chongoyape	540	250	-	-	40	-
Aji Paprika	Jayanca	1,277	720	691	1,301	372	257
	Lagunas	18	-	-	-	-	-
	Lambayeque	-	-	9	-	-	-
	Mochumí	-	-	-	-	-	16
	Motupe	-	602	-	267	-	-
	Nueva Arica	-	-	-	-	-	-
	Olmos	643	1,921	-	1,852	236	3,418
	Pátapo	-	-	-	-	-	-
	Pítipo	27	102	-	-	-	-
	Pucalá	-	-	-	-	-	-
	Salas	-	-	-	-	-	-
	Túcume	-	-	-	-	-	-
	Zaña	200	135	681	-	-	331

CULTIVO	DISTRITOS	PERIODOS					
		2010 - 2011	2011 - 2012	2012 - 2013	2013 - 2014	2014 - 2015	2015 - 2016
Aji Pimiento Morrón	Total	2,705	3,730	1,381	3,420	648	4,022
	Jayanca	20,747	26,992	16,178	26,827	25,680	38,051
	M.A.Mesones					-	-
	Muro						
	Monsefú	-	-	-	-		-
	Motupe	-	-	-		7,872	-
	Olmos	-	-	-		-	3,072
	Pítipo	307	800	478		-	270
	Pueblo Nuevo	-	-	-			
	Salas	-	-	-		-	-
	Túcume	-	-	-		-	-
	Zaña	-	-	116	-		-
	Total	21,054	27,792	16,772	26,827	33,552	41,393
	Cayaltí	-	-	-	-		-
	Jayanca	10,830	995		3,543	2,065	2,439
	Mórrope	-	-			-	-
	Motupe	-	2,889		2,448	-	-
	Nueva Arica	-	-	-	-	-	-
	Olmos	5,479	6,996		7,967	5,824	4,632
Aji piquillo	Pacora	-	-			-	-
	Pátapo	-	-	-	-		-
	Pítipo	-	-	-		-	-
	Pueblo Nuevo	-	-	-		-	-
	Salas	-	-			130	-
	Total	16,309	10,880	-	13,958	8,019	7,071

Nota. Gobierno Regional de Agricultura Lambayeque (2017).

1.3 ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes son un conjunto de moléculas reconocidas por su capacidad para neutralizar los radicales libres; estas sustancias han surgido como una alternativa para combatir las deficiencias asociadas al estrés oxidativo, tales como las enfermedades cardiovasculares, reumáticas y aun evento tan común en el ser humano como el envejecimiento (López y Echeverri, 2007). Un antioxidante puede ser definido como una sustancia que hallándose presente en los alimentos a bajas concentraciones, con respecto a las de un sustrato oxidable, retarda o inhibe significativamente la oxidación de dicho sustrato (Halliwell y Gutteridge, 1998).

Los antioxidantes ayudan a prevenir la degradación de biomoléculas como proteínas, lípidos de membrana, carbohidratos y ácidos nucleicos, así como el ataque de los RL (radicales libres) sobre dichas moléculas biológicas. Un radical libre es aquella especie química, ya sea átomo, molécula o parte de ésta, con existencia independiente que posee uno o varios electrones desapareados en su orbital más externo (Fridovich, 1978).

Los antioxidantes cumplen una función biológica protectora, contra la formación de radicales libres responsables del daño celular y enfermedades crónico - degenerativas como obesidad, diabetes, cáncer y aquellas relacionadas con el envejecimiento. Un radical libre es una molécula o átomo que presenta un electrón no apareado, que al formarse puede interactuar rápidamente con moléculas orgánicas tales como proteínas, lípidos, carbohidratos e incluso con el ADN, provocando en ellas diversas alteraciones estructurales en la fisiología de las células, la mayoría de estos radicales libres son altamente reactivos, han sido relacionados directamente con el proceso de envejecimiento del individuo; entre los antioxidantes figuran los tocoferoles, el ácido ascórbico, los polifenoles, antocianinas, carotenoides y ácidos fenólicos, que son considerados como antioxidantes naturales, los cuales pueden reducir la incidencia de enfermedades degenerativas (Badui, 2006) (Pineda *et al.*, 1999).

1.3.1 Clasificación de antioxidantes

Los antioxidantes han sido clasificados de diferentes maneras. (Reilly *et al.*, 1991) Clasificaron a los antioxidantes según su origen, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5*Clasificación de los antioxidantes, según su origen*

ORIGEN	ACCIÓN
EXÓGENOS	
VITAMINA E	Neutraliza el oxígeno singlete.
	Captura radicales libres de hidroxilo.
	Captura O ₂ .
	Neutraliza peróxidos.
VITAMINA C	Neutraliza oxígeno singlete.
	Captura radicales libres de hidroxilo.
	Captura O ₂ .
	Regenera la forma oxidada de la Vitamina E.
BETACAROTENOS	Neutraliza al oxígeno singlete.
FLAVONOIDES, LICOPENOS	
ENDÓGENOS	
ENZIMÁTICOS	COFACTORES
SUPERÓXIDO DISMUTASA (SOD)	Cobre, sodio, manganeso.
CATALASA (CAT)	Hierro
GLUTATIÓN PEROXIDASA (GPX)	Selenio
NO ENZIMÁTICOS	COFACTORES
GLUTATIÓN	Barreras fisiológicas que enfrenta el oxígeno a su paso desde el aire hasta las células.
COENZIMA Q	
ÁCIDO TIOCTINO	Transportadores de metales (transferían Ceruloplasmina).

Nota. Reilly *et al.* (1991).

Otra de las clasificaciones citadas por (Venereo, 2002), es según su sitio de acción (Tabla 6).

Tabla 6

Clasificación de los antioxidantes según el sitio donde ejercen su acción

INTRACELULAR	MEMBRANA	EXTRACELULAR
Catalasa	Vitamina E	Ceruloplasmina
Peroxidasa	Betacarotenos	Transferinas
DT-deafarasa	Ubiquinol-10	Lactoferinas
Sistemas		Albúminas
Proteolíticos		Haptoglobinas
Proteínas que ligan metales		Vitamina C
Sistemas		Ácido úrico
Proteolíticos		
Vitamina C		Vitamina E

Nota. Venereo (2002).

1.3.2 Mecanismo de acción de los antioxidantes

Los mecanismos de acción de los antioxidantes son los siguientes (Venereo, 2002).

Antioxidantes primarios o preventivos, previenen la formación de nuevos radicales libres (RL) por encima de los niveles normales para el organismo. En este grupo se encuentran diversas proteínas con núcleos enlazados o coordinados a metales.

Antioxidantes reparadores, enzimas que reparan o eliminan las biomoléculas que han sido dañadas por el ataque de RL.

Antioxidantes secuestradores, elimina el exceso de radicales libres (ácido ascórbico, carotenoides, glutatión y la mayoría de las enzimas antioxidantes).

1.4 CAROTENOIDES

Los carotenoides son colorantes de orígenes naturales muy extendidos, no sólo en las plantas sino también en las bacterias, hongos, levaduras, algas y animales invertebrados. Se encuentran universalmente en los cloroplastos de todas las plantas y algas superiores. Los carotenoides se encuentran en todos los alimentos de origen vegetal. En general, mientras mayor sea la intensidad del color, mayor será el contenido de carotenoides (Arándiga y Diaz, 2008).

Los carotenoides están presentes junto con la clorofila en los cloroplastos, pero también pueden estar presentes en otros cromoplastos. El β -caroteno (provitamina A) y otros carotenoides en parte se convierten en vitamina A (Krinsky y Johnson, 2005).

Los carotenoides son tetraterpenoides (terpenoides con 40 átomos de carbono). En las primeras fases de la biosíntesis de carotenoides, el primer C_5 para continuar la prolongación de la cadena experimenta adiciones de unidades de C_5 , produciendo en secuencia componentes C_{10} , C_{15} , y C_{20} . La dimerización del último produce el fitoeno, el primer carotenoide C_{40} , vía una reacción de condensación (Arándiga y Diaz, 2008).

El carotenoide de mayor importancia en las plantas es el β -caroteno y la luteína en las hojas, es la xantofila la más importante. De las especies de carotenos asociadas a los chiles (del género *Capsicum*) se encuentran a la Capsantina ($C_{40}H_{58}O_3$) y a la Capsorubina ($C_{40}H_{60}O_4$) (Howard, 2001).

El color rojo se debe a los pigmentos capsantina y capsorubina, que están presentes exclusivamente en el género *Capsicum*, siendo sus precursores los pigmentos de color amarillo zeaxantina, violaxantina, anteraxantina, β -criptoxantina, β -caroteno y capsoluteína. Según el estado de madurez la capsantina corresponde a cerca del 30 – 60% de los carotenoides totales en frutos completamente maduros (Bekker *et al.*, 2001) (Deli *et al.*, 2001).

En las frutas y vegetales, el color se debe a tres familias de pigmentos que son: clorofilas, antocianinas y carotenoides, responsables de la coloración verde, de azul a violeta y de rojo a amarillo, respectivamente (Minguez *et al.*, 2005). Estos compuestos son importantes por sus propiedades nutricionales (Loizzo *et al.*, 2015), la concentración inicial de estos pigmentos está relacionada con el estado de madurez

(González, 2010) y con la calidad de los alimentos frescos y procesados (Vásquez, 2015).

Dentro de las hortalizas que presentan estos beneficios podemos encontrar a los pimientos morrones (*Capsicum annuum*), que poseen una gran variabilidad genéticas y una amplia gama de colores debido a la variación en la concentración de pigmentos, principalmente carotenos, los frutos de *Capsicum spp.* Son sitios especialmente ricos para la síntesis y acumulación de carotenoides (Kilcrease *et al.*, 2015). Además de ser caracterizado por su elevado contenido de compuestos fitoquímicos, con alta capacidad antioxidante, siendo una de las hortalizas más ricas en vitamina C (Fray *et al.*, 2008). Los pimientos ocupan un lugar predominante en todo el mundo por su valor nutricional dietética (Schmilovitch *et al.*, 2014)

Existen 750 carotenoides diferentes que han sido aislados de las fuentes naturales. De éstos, alrededor de 500 se han caracterizado satisfactoriamente (Arándiga y Diaz, 2008).

El color verde del chile es debido a la clorofila y carotenoides típicos de los cloroplastos (Marín *et al.*, 2004). El color amarillo-anaranjado es formado por el α y β - caroteno, zeaxantina, luteína y β -criptoxantina (Howard y Wildman, 2007). El color rojo es debido a la presencia de pigmentos de carotenoides de capsantina, capsorubina y capsantina 5,6-epóxido. Por lo tanto, los diferentes colores de los chiles pueden deberse a los diferentes niveles de estos compuestos. Los diferentes estados de madurez del chile pueden tener diferente actividad antioxidante (Sun *et al.*, 2007).

El chile maduro (rojo, amarillo, anaranjado) presenta mayores contenidos de carotenoides que los frutos inmaduros. La concentración de carotenoides en tejidos vegetales depende de las condiciones agronómicas, especialmente exposición a la luz y aporte de nitrógeno (Matsufuji *et al.*, 1998). Los principales carotenoides presentes en alimentos son α - y β -caroteno, luteína, licopeno, β -criptoxantina y zeaxantina. Los carotenoides del tipo amarillo β -caroteno y β -criptoxantina son la principal fuente de vitamina A (Wall *et al.*, 2001).

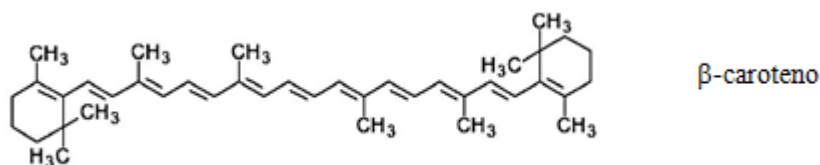


Figura 2. Estructura de β -caroteno presente en el pericarpio del chile. Pedraza (2014).

1.4.1 Presencia y distribución de los carotenoides

Los carotenoides están muy difundidos en la naturaleza. Son sintetizados por plantas y muchos microorganismos (bacterias, levaduras, hongos y micro algas). Los carotenoides se localizan en las células vegetales en el interior de orgánulos especializados, cloroplastos y cromoplastos; en los primeros acompañan a las clorofilas. En el caso de los frutos maduros, los carotenoides se acumulan en los plasto glóbulos de los cromoplastos de forma masiva y es donde la diversidad estructural alcanza un mayor grado (Minguez *et al.*, 2005).

En la dieta, fuentes mayoritarias de β -caroteno incluyen las zanahorias, espinacas, acelgas, brócoli, níspero, pimienta roja y apio verde, fuentes de luteína representan las espinacas, acelgas, brócoli, apio verde, espárrago verde y maíz, mientras que α -caroteno se encuentra en zanahorias, plátano, judías verdes y aguacate. En las frutas las xantofilas son el tipo de carotenoides mayormente encontrado. Pero en general, las mayores concentraciones de carotenoides se encuentran en aquellos tejidos con gran cantidad de clorofilas (Burgos y Calderon, 2009).

Son varios los factores que afectan el contenido de carotenoides en las plantas, entre los cuales se pueden mencionar, los factores genéticos, el estadio de madurez del vegetal, su procesamiento y almacenamiento; factores ambientales como, la exposición a la luz (a mayor exposición mayor concentración de carotenoides), condiciones del cultivo y enfermedades de los vegetales (Fennema, 2000).

1.4.2 Estructura

Estructuralmente los carotenoides consisten en ocho unidades de isopreno y son hidrocarburos que pueden ser lineales o con anillos cíclicos en uno o en ambos extremos terminales de la cadena hidrocarbonada. Los carotenoides, ya sean carotenos o

xantofilas, pueden ser acíclicos, monocíclicos o bicíclicos (Figura 3). La ciclación ocurre en uno o ambos extremos de la molécula formando anillos β - o anillos ϵ - (Gross, 1987) (Britton, 1998) (Fraser y Bramley, 2004).

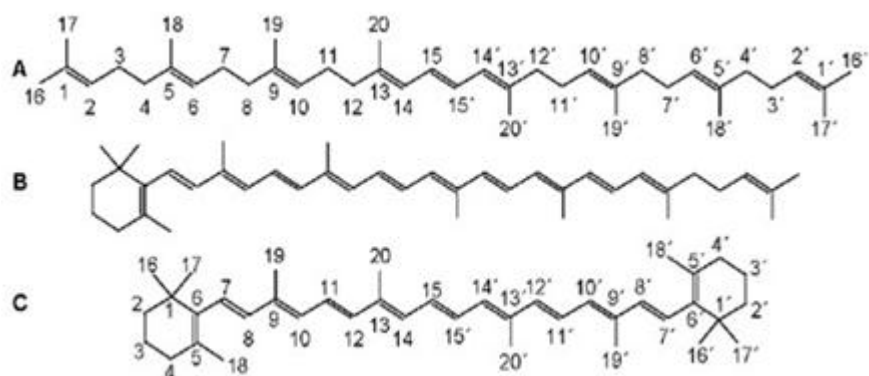


Figura 3. Ejemplo de tipos estructurales de carotenoides. (A) Estructura de caroteno lineal, correspondiente al fitoeno; (B) Estructura de caroteno monocíclico, correspondiente al γ -caroteno; (C) Estructura de caroteno bicíclico, correspondiente al β -caroteno. Se indica en las estructuras del fitoeno (A) y el β -caroteno (C) el sistema de numeración de carbonos empleado en la nomenclatura de los carotenoides. Badui (2006).

1.4.3 Clasificación de carotenoides

Los carotenoides pueden clasificarse como carotenos si sólo están formados por átomos de carbono e hidrógeno (hidrocarburos) (Lock, 1997); estos son de son cadenas lineales o cíclicas de polienos que presentan una coloración rojiza o anaranjada y algunos son precursores de la vitamina A (Castro y Murcia, 2013); y como xantófilas, si contienen alguna función oxigenada; estos son carotenos con grupos funcionales de hidroxilo y oxígeno, que dotan una coloración amarilla, actuando como protector a la radiación solar (Ruiz, 2009); Están ampliamente distribuidos en el reino vegetal, cumpliendo dos funciones principalmente: en la fotosíntesis, y como materia colorante en las flores y los frutos, en los que aparecen mayormente como colores amarillos en los primeros, y naranja o rojizo en los segundos (Lock, 1997).

Tabla 7*Ejemplo de tipos estructurales de carotenoides*

<i>CAROTENOIDES</i>	
Carotenos	Xantofilas
α -caroteno	Flavoxantina
β -caroteno	Luteína
γ -caroteno	Criptoxantina
Licopeno	Rubixantina
Annatto	Violaxantina
Bixina	Rodoxantina
Norbixina	Crianaxantina
Paparijka	Zeaxantina
β -apo-8'-carotenal	Astaxantina
β -apo-8'-carotenico	

Nota. Arándiga y Diaz (2008)

1.4.4 Propiedades generales

1.4.4.1 Propiedades físicas

Debido a su naturaleza, los carotenoides son solubles en disolventes apolares y su grado de solubilidad dependerá de los grupos sustituyentes de la molécula, propiedad que se utiliza para los procesos de extracción y purificación de los mismos. Los carotenos son preferiblemente más solubles en éter de petróleo y hexano, mientras que las xantofilas se solubilizan en metanol o etanol. En general los carotenoides son sensibles a la luz, oxígeno, calor, ácidos y peróxidos (Begoña *et al.*, 2001).

1.4.4.2 Propiedades espectroscópicas

Por poseer un extenso sistema de dobles enlaces conjugados suelen ser sustancias coloreadas. Un cromóforo con siete o más dobles enlaces posee la capacidad de

absorber radiación en la región ultravioleta visible y por consecuencia la absorción de colores que van desde el amarillo al rojo, y gran variedad de tonos naranja. El fitoflueno con cinco enlaces dobles es incoloro. El color se acentúa a medida que se extiende el sistema conjugado, así el licopeno es rojo. La ciclación causa algún impedimento, por lo tanto, el β -caroteno y el γ -caroteno son de color naranja y rojo-naranja respectivamente, aunque tienen el mismo número de enlaces dobles conjugados que el licopeno (once). La intensidad y matiz de los colores en los alimentos dependen de cuales carotenoides están presentes, sus concentraciones y estado físico (Rodríguez, 1999).

El sistema de los dobles enlaces conjugados constituye el absorbente de luz del cromóforo que confiere a los carotenoides su atractivo color, y proporciona el espectro de absorción en el visible que sirve como base para su identificación y cuantificación. El color permite al analista monitorizar los diferentes pasos analíticos de los carotenoides. La pérdida o cambio de color en cualquier momento durante el análisis nos da una inmediata indicación de degradación o modificación estructural (Arándiga y Diaz, 2008).

El espectro visible de los carotenoides es bastante característico en el rango de 400 a 500 nm. Se observa un máximo alrededor de 450 nm y generalmente se aprecian dos máximos u hombros a cada lado (Martínez, 2003).

Para un carotenoide específico dado, las posiciones de las bandas de máxima absorción están en función del número de dobles enlaces conjugados presentes en la molécula (Hurst, 2002).

1.4.4.3 *Propiedades químicas*

Oxidación, estos pigmentos se oxidan fácilmente debido a sus numerosos dobles enlaces conjugados. Estas reacciones hacen que los alimentos pierdan el color de los carotenoides (Fennema, 2000).

Reducción, la adición de un electrón a la molécula de carotenoide produce un radical aniónico (Fennema, 2000).

Actividad antioxidante, los carotenos poseen una importante capacidad antioxidante ya que interaccionan con el oxígeno. En presencia de oxígeno molecular, fotosensibilizadores y luz, se puede producir oxígeno singulete que es una especie del

oxígeno altamente reactiva. Es sabido que los carotenoides fijan el oxígeno singlete y, por tanto, protegen de la lesión oxidativa celular (Fennema, 2000).

Isomerización cis-trans, los enlaces dobles conjugados de los carotenoides existen en configuración cis –trans. Las reacciones de isomerización se inducen con facilidad por tratamientos térmicos, exposición a disolventes orgánicos, contacto con algunas superficies activas por un tiempo prolongado, tratamientos con ácidos, someter a iluminación sus disoluciones (especialmente si está presente el yodo) (Fennema, 2000).

1.4.4.4 *Propiedades benéficas*

A continuación, se muestra en la siguiente tabla las propiedades benéficas de los carotenoides para los seres humanos.

Tabla 8

Propiedades benéficas de los carotenoides

CAROTENOIDES	Actividad provitamina A
	Inhibición del cáncer
	Aumento de la inmunidad
	Prevención de enfermedades cardiovasculares
	Disminución del riesgo de formación de cataratas
	Prevención de la degeneración macular

Nota. Burgos y Calderón (2009)

1.4.4.5 *Funciones biológicas*

Los carotenoides no son sólo otro grupo de pigmentos naturales, sino que son compuestos con propiedades funcionales importantes. Además de ser los responsables de la coloración de muchas flores y frutos (Godwin, 1980), regulan las propiedades físicas de las membranas celulares vegetales, de forma similar a como lo hace el colesterol en las membranas animales (Gruszecki y Strzalka, 2005).

Los carotenoides presentes en los complejos antena fotosintéticos captan energía en sus longitudes de onda características, gracias a sus sistemas de dobles enlaces conjugados, y la transfieren a las clorofilas, ampliando así el espectro de luz que un organismo puede utilizar para la fotosíntesis. En concreto, en el complejo antena LHCII se ha descrito la existencia de sitios de unión a cuatro carotenoides, tres de los cuales (dos moléculas de luteína y una de neoxantina) participan en la captación y transferencia de energía. El cuarto carotenoide es un pigmento del ciclo de las xantofilas (zeaxantina, anteraxantina o violaxantina), que juega un papel decisivo en la disipación de la energía excedente (fotoprotección) y en la detoxificación de las formas reactivas del oxígeno que se forman durante la fotosíntesis (Merchant y Sawaya, 2005).

1.4.4.6 *Importancia nutricional*

La primera función que se atribuyó a los carotenoides en animales fue como precursores de la vitamina A. El requerimiento mínimo para que una molécula tenga actividad provitamina A es un anillo β - no sustituido con una cadena poliénica de once carbonos. Por tanto, si nos basamos en consideraciones estructurales, de los más de 700 carotenoides conocidos actualmente, aproximadamente 50 de ellos tendrían actividad provitamina A. La dieta proporciona vitamina A de dos formas, como vitamina A preformada (retinil éster, retinol, retinal, 3-dehidroretinol y ácido retinoico) a partir de alimentos de origen animal, o como carotenoides, que se pueden transformar biológicamente en vitamina A (provitaminas A), generalmente a partir de alimentos de origen vegetal. La provitamina A tiene la ventaja de convertirse en vitamina A sólo cuando el cuerpo lo requiere; evitando así la toxicidad potencial de una sobredosis de vitamina (Van den Berg *et al.*, 2000) (Melendez *et al.*, 2004) (Fraser y Bramley, 2004).

Los carotenoides también se han relacionado con un aumento del sistema inmune y una disminución del riesgo de padecer enfermedades degenerativas tales como cánceres y enfermedades cardiovasculares. Estos efectos biológicos se han atribuido a una propiedad antioxidante de los carotenoides a través de la desactivación de los radicales libres y la captura del oxígeno (Van den Berg *et al.*, 2000) (Melendez *et al.*, 2004) (Fraser y Bramley, 2004).

Además, la longitud de onda a la que absorben algunos carotenoides les proporciona capacidad protectora frente a la radiación UV (Meléndez *et al.*, 2004) (Fraser y Bramley, 2004).

1.4.5 Estabilidad de los carotenoides

Los carotenoides son pigmentos estables en su ambiente natural, pero cuando los alimentos se calientan, o cuando son extraídos en disolución en aceites o en disolventes orgánicos, se vuelven mucho más lábiles (Meléndez *et al.*, 2004).

Los carotenoides, son insolubles en agua y por lo tanto las pérdidas por lixiviación durante el lavado y procesamiento de frutos son mínimas. Otros tratamientos empleados en las industrias alimentarias, como por ejemplo el tratamiento a alta presión, parecen no afectar significativamente a los niveles de carotenoides en diversos productos vegetales (Meléndez *et al.*, 2004)

1.4.5.1 Efecto de la oxidación

La degradación de los carotenoides se debe fundamentalmente a reacciones de oxidación, ya sean no enzimáticas o debidas a enzimas como las lipoxigenasas, y se presenta generalmente durante el secado. La interacción de los carotenoides con algunos constituyentes de los alimentos ejerce un efecto protector contra dichas reacciones, de tal forma que se oxidan más rápidamente cuando se extraen del fruto o se purifican, es decir la intensidad de la oxidación de los carotenoides depende si el pigmento se encuentra en el laboratorio y de las condiciones ambientales (Díaz, 2008).

En presencia de oxígeno se produce una degradación oxidativa, a menudo paralela a la oxidación de lípidos. La tasa de oxidación depende de la presión parcial de oxígeno, actividad del agua y temperatura. Los carotenoides, en general son más estables en sistemas con elevado grado de insaturación, ya que el propio sistema acepta más fácilmente oxígeno y radicales libres, antes que el carotenoide. Inversamente, en sistemas con lípidos saturados los carotenoides presentan mayor inestabilidad (Begoña *et al.*, 2001). En consecuencia, estos compuestos pueden actuar como pro- o antioxidantes dependiendo del potencial redox de la molécula y del entorno, entre otros factores. Los carotenoides que contienen 9 o más dobles enlaces conjugados pueden inactivar ciertas formas reactivas de oxígeno, como el oxígeno singlete. En este sentido, el β -caroteno posee como característica importante, que lo diferencia del resto de antioxidantes solubles en grasas (como la vitamina E), la de ser más efectivo a bajas presiones de oxígeno (Meléndez *et al.*, 2004).

1.4.5.2 *Efecto de la temperatura*

La influencia de la temperatura en la inestabilidad de los pigmentos es clara tanto para reacciones anhidras como hidratadas, siempre actúa como acelerador de la reacción de degradación. Por lo general, los carotenos con mayor actividad biológica son aquellos que tienen todos sus dobles enlaces en forma de isómero trans, que se transforman parcialmente en la forma cis durante tratamientos térmicos en ausencia de oxígeno, esta reacción de isomerización se puede efectuar durante el proceso de esterilización de productos enlatados, con lo que se pierde parte del poder vitamínico de los carotenos (Díaz, 2008). El β -caroteno pierde levemente sus propiedades a temperaturas entre 50 °C y 100 °C y se destruye a 150 °C (Zaccari, 2010).

1.4.5.3 *Efecto de la luz*

La acción intensa de la luz sobre los carotenos induce su ruptura con la formación de compuestos incoloros de bajo peso molecular. Estas reacciones tienen mucha importancia en la industria alimentaria ya que los carotenos pierden, además de su función biológica de provitamina A, su color característico. La relación existente entre la pérdida de pigmentos, la exposición a la luz y la presencia de ácidos grasos encontrándose que la instauración de los ácidos grasos protege en estas condiciones a los pigmentos (Díaz, 2008) (Meléndez *et al.*, 2004).

La degradación del β -caroteno debida a la iluminación con luz fluorescente sigue un modelo de primer orden, favoreciendo dicha iluminación la formación de 13,15-di-*cis*- β -caroteno. En cuanto al α -caroteno, la reacción también sigue una cinética de primer orden, siendo la fotoisomerización mayor que en el caso del β -caroteno. El principal isómero que aparece como consecuencia de la iluminación con luz fluorescente es el 13-*cis*- α -caroteno (Meléndez *et al.*, 2004).

1.4.5.4 *Efecto del pH*

Aunque los carotenoides extraídos o no, son relativamente resistentes a valores de pH extremos, los ácidos y álcalis pueden provocar isomerizaciones cis/trans de ciertos dobles enlaces, reagrupamientos y desenterificaciones, lo cual se debe tener en cuenta a la hora de manipularlos en laboratorios con fines analíticos (Meléndez *et al.*, 2004). Los carotenos y la vitamina A en medios neutros y básicos son más estables mientras que en pH ácido son altamente inestables (Zaccari, 2010).

1.4.6 Biodisponibilidad de los carotenoides

La importancia de los carotenoides en los alimentos va más allá de su rol como pigmentos naturales, de los más de 600 carotenoides conocidos actualmente, aproximadamente 50 de ellos serían precursores de vitamina A (Rodríguez, 1999). Que están disponibles en la alimentación para ser absorbidos, metabolizados o utilizados por el organismo humano, una cantidad apreciable puede absorberse mediante difusión pasiva por la mucosa intestinal (Begoña *et al.*, 2001) y son convertidos en vitamina A por medio de una o dos reacciones oxidativas (Goodman, 2004).

1.5 VISIÓN ARTIFICIAL

Se puede definir la “Visión Artificial” como un campo de la “Inteligencia Artificial” que, mediante la utilización de las técnicas adecuadas, permite la obtención, procesamiento y análisis de cualquier tipo de información especial obtenida a través de imágenes digitales (Gobierno de España y Unión Europea, 2012).

La visión industrial o Visión Artificial aplicada a la industria abarca la informática, la óptica, la ingeniería mecánica y la automatización industrial. A diferencia de la Visión Artificial académica, que se centra principalmente en máquinas basadas en el procesamiento de imágenes, las aplicaciones de Visión Artificial industrial integran sistemas de captura de imágenes digitales, dispositivos de entrada/salida y redes de ordenador para el control de equipos destinados a la fabricación, tales como brazos robóticos. Los sistemas de Visión Artificial se destinan a realizar inspecciones visuales que requieren alta velocidad, gran aumento, funcionamiento las 24 horas del día o la repetibilidad de las medidas (Gobierno de España y Unión Europea, 2012).

1.5.1 Características principales en un sistema de visión artificial

- Analizan luz o color reflejado: Miden nivel de luz
- Detectan bordes y formas
- Analizan color
- Actúan sin contacto: No deforman el material
- Se puede analizar un objeto en movimiento
- Son automáticos: Alta velocidad de procesado

- Flexibles: basados en software
- Entorno informático

1.5.2 Diagrama de bloques de un sistema de visión artificial

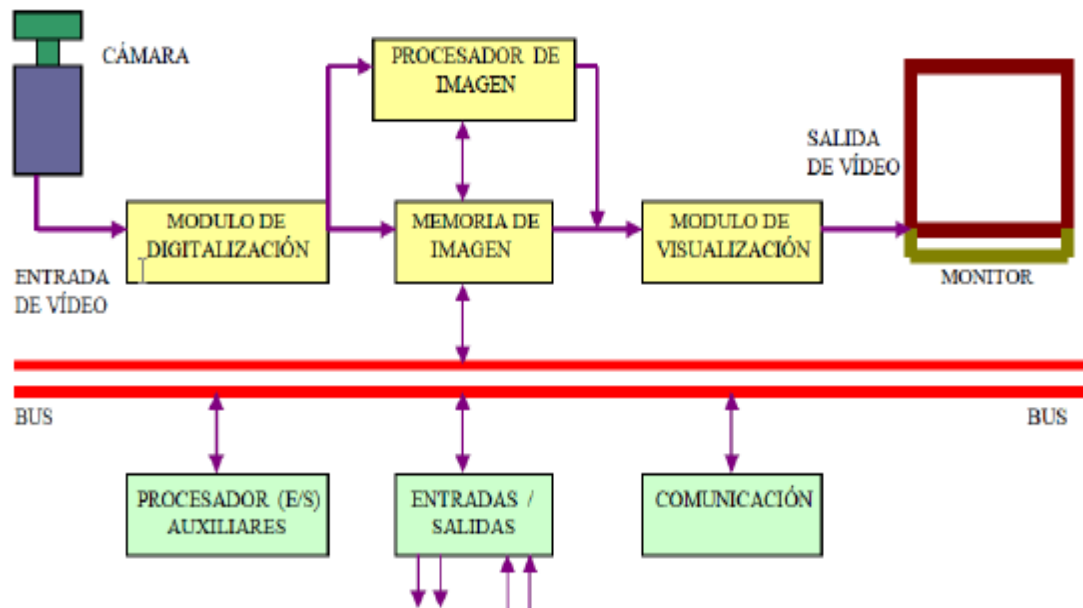


Figura 4. Diagrama de bloques del sistema de V.A. Recuperado de www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf

Módulo de digitalización. Convierte la señal analógica proporcionada por la cámara a una señal digital (para su posterior procesamiento).

Memoria de imagen. Almacena la señal procedente del módulo de digitalización.

Módulo de visualización. Convierte la señal digital residente en memoria, en señal de vídeo analógica para poder ser visualizada en el monitor de TV.

Procesador de imagen. Procesa e interpreta las imágenes captadas por la cámara.

Módulo de entradas/salidas. Gestiona la entrada de sincronismo de captación de imagen y las salidas de control que actúan sobre dispositivos externos en función del resultado de la inspección.

Comunicaciones

1.5.3 Imagen digital

La imagen digital está formada por una serie de matrices numéricas de ceros y unos que se almacenan en una memoria informática y que definen las características de una fotografía (Digitalfotored, 2005).

Una vez esta imagen es interpretada (leída), los ordenadores se transforman en una imagen visible a través de la pantalla e imprimible también, a través de cualquier dispositivo de salida. La gran ventaja del archivo digital es que puede duplicarse y copiarse tantas veces como se quiera (Digitalfotored, 2005).

1.5.4 Relación del color con el estado de madurez de frutas y hortalizas

El color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto, una apreciación que depende de cómo nuestros ojos detectan esta luz y de cómo nuestro cerebro la procesa. Por esta razón, para cuantificar y estandarizar el color, se han desarrollado equipos y modelos cromáticos que describen matemáticamente la representación de los colores utilizando espectrofotómetros o colorímetros (Yam y Papadakis, 2004).

En frutos y vegetales, el cambio de color es causado por la degradación de la clorofila y el descubrimiento o síntesis de pigmentos carotenoides en los cloroplastos y cromoplastos, y los pigmentos fenólicos: antocianinas, flavonoles y pro antocianidinas (Lancaster *et al.*, 1997). Este cambio se vincula con la evolución de la textura, aroma y sabor que esperan los consumidores de estos productos en el momento de consumo y se relaciona fuertemente con la resistencia a la penetración, atributo de calidad que denota frescura del producto (Surmacka, 2002), por lo que es utilizado como un indicador de madurez de los frutos (Barret *et al.*, 1998).

Durante la maduración de los frutos ocurren cambios fisiológicos, bioquímicos y estructurales que influyen en la producción de compuestos químicos que generan el sabor y aroma correspondientes. El ablandamiento de los tejidos varía de acuerdo a la especie y variedad del fruto, y se debe a la degradación de pectinas y hemicelulosas de la pared celular por acción de diferentes enzimas hidrolíticas (Karakurt, 2007). Las características sensoriales, principalmente de olor y sabor, juegan un papel central en la calidad de los frutos y dependen del gusto y aroma percibidos por cada consumidor. En frutos y hortalizas son modificados por la variedad y momento de la maduración de cada especie (Kader, 2009), y están ligadas a la biosíntesis y a una variación de

concentraciones o modificaciones de varios compuestos químicos, principalmente azúcares, ácidos, taninos y aceites esenciales (Dávila *et al.*, 2011) (Torres *et al.*, 2013). Por esta razón, varios investigadores han propuesto la utilización de algunos parámetros de color que permitan una correlación directa entre el aspecto visual de frutas y vegetales y sus cambios durante la maduración (Fischer y Martínez, 1999) (Ayala *et al.*, 2005) (Carvajal *et al.*, 2011) (Tapre y Jain, 2012).

1.5.5 La expresión numérica del color

1.5.5.1 Modelo de color CIELAB ($L^*a^*b^*$)

En 1976, la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) recomendó la escala de colores CIE $L^*a^*b^*$, o CIELAB para su uso. La publicación CIE 15.2 (1986), sección 4.2, contiene detalles sobre esta escala de colores. Su objetivo era proporcionar una escala de color estándar, aproximadamente uniforme, que todos pudieran utilizar, de modo que los valores de color se pudieran comparar fácilmente (Hunter Associates Laboratory, 1996).

La escala de colores CIELAB es una escala de color aproximadamente uniforme, las diferencias entre los puntos trazados en el espacio de color corresponden a las diferencias visuales entre los colores trazados. El espacio de color CIELAB está organizado en forma de cubo. El eje L^* se extiende de arriba hacia abajo. El máximo para L^* es 100, que representa un difusor reflector perfecto. El mínimo para L^* es cero, que representa negro. Los ejes a^* y b^* no tienen límites numéricos específicos. Positivo a^* es rojo. Negativo a^* es verde. Positivo b^* es amarillo. Negativo b^* es azul (Hunter Associates Laboratory, 1996). A continuación, se muestra un diagrama que representa el espacio de color CIELAB.

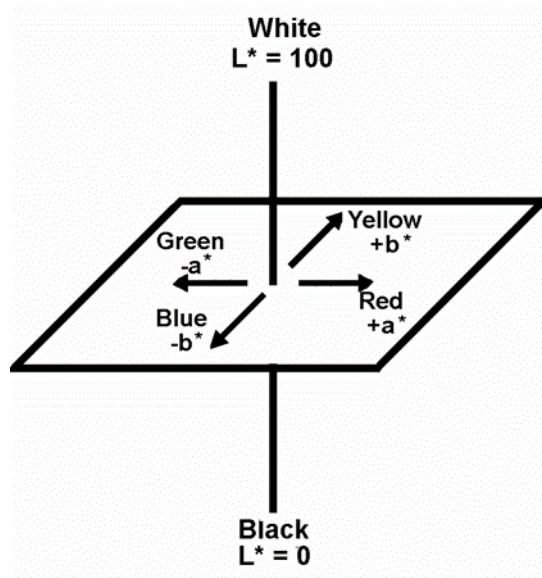


Figura 5. Representación del espacio de color CIELAB. Hunter Associates Laboratory (1996).

1.5.6 Especificación del color

Cuando se pretende definir o especificar el color es necesario realizar una distinción entre lo que se conoce como color percibido, cuando el término se emplea en sentido subjetivo y color psicofísico, cuando este término se emplea con un fin objetivo (Wyszecki y Stiles, 1982).

Ortiz (2002) menciona que, bajo un punto de vista subjetivo o intuitivo, la CIE (Comisión Internacional de Iluminación) ha definido y recomendado las siguientes características para especificar el color percibido:

Luminosidad (brillo): atributo de la sensación visual según la cual una superficie parece emitir más o menos luz (es más o menos luminosa o brillante).

Matiz (tono): atributo de la sensación visual que corresponde a las denominaciones de los colores como azul, verde, amarillo, etc. El matiz está relacionado con la longitud de onda o frecuencia dominante de las radiaciones visuales.

Saturación: atributo visual que permite estimar la proporción de color cromático puro contenido en la sensación visual. Una saturación nula corresponde a una ausencia de color, a un color acromático. La escala de grises (blanco y el negro incluidos) posee una saturación nula.

El matiz y la saturación definen las características colorimétricas de un estímulo de color y reciben, en conjunto, el nombre de cromía o cromaticidad. En la figura 6 se observa una escala de matices en la que se distinguen tonos rojos, amarillos, verdes, azules, etc. En la escala de saturaciones para un estímulo verdoso se observa como éste varía su viveza en función de la saturación. En la escala de luminosidades el matiz anterior parece emitir más o menos luz al modificar los valores de esta escala (Ortiz, 2002).



Figura 6. Atributos perceptuales para especificar el color percibido. Ortiz (2002).

1.5.7 Especificación del color psicofísico

Los términos psicofísicos del color suelen estar relacionados con el proceso conocido como color matching o igualación del color. Leonardo da Vinci fue el primero en afirmar que con únicamente tres colores se podían igualar casi todos los colores conocidos. Posteriormente, ya en siglo XVII, Newton comprobó científicamente que con tres franjas del espectro visible se podía obtener la luz blanca, aunque no sería hasta el siglo XIX cuando, Thomas Young, con su teoría tricromática de la visión humana por un lado y el físico alemán Grassman, con sus leyes sobre la síntesis del color, generalizaran fisiológica y físicamente la tricromaticidad, consistente en la especificación (igualación) de cualquier color o estímulo cromático únicamente con tres variables independientes (Ortiz, 2002).

Las características fisiológicas del sistema visual humano, permiten simultáneamente percibir millones de colores, contra aproximadamente 20 tonos de gris. Una componente de la percepción cromática que no ha sido aún posible simular satisfactoriamente por medios computacionales, es la constancia de color, que consiste en la capacidad de percibir los mismos colores a pesar de que la iluminación varíe, y por tanto la composición espectral de la luz incidente (Alvarado, 2012).

Por otro lado, la luz cromática tiene una composición espectral que la caracteriza. En el ojo humano, la percepción de color es posible por la presencia de tres tipos de conos, para longitudes de onda largas (rojo, 65%), medias (verde, 33%) y cortas (azul, 2%) (Alvarado, 2012).

La mezcla aditiva del color (color luz) consiste en mezclar colores añadiendo o sumando luz, de forma que los colores que se consiguen como resultado de la mezcla aditiva son más luminosos que los empleados inicialmente para realizar la mezcla. Los colores principales o primarios del sistema de mezcla aditivo son el azul, verde y rojo y se corresponden con las tres clases de conos de la retina. Mezclando estos primarios se consiguen los secundarios de la síntesis aditiva: amarillo (verde + rojo), magenta (rojo + azul) y cyan (verde + azul), así hasta llegar al blanco (Ortiz, 2002). (Figura 7(a))

La síntesis sustractiva (color materia) es otro método para la generación de múltiples tonalidades, aunque, en este caso, la mezcla de colores se realiza sustrayendo o restando luz. En esta síntesis los colores primarios son los suplementarios de la mezcla aditiva, es decir, el amarillo, magenta y cyan, siendo los secundarios el rojo, verde y azul, para generar, por último, el color negro (Ortiz, 2002). (Figura 7(b))

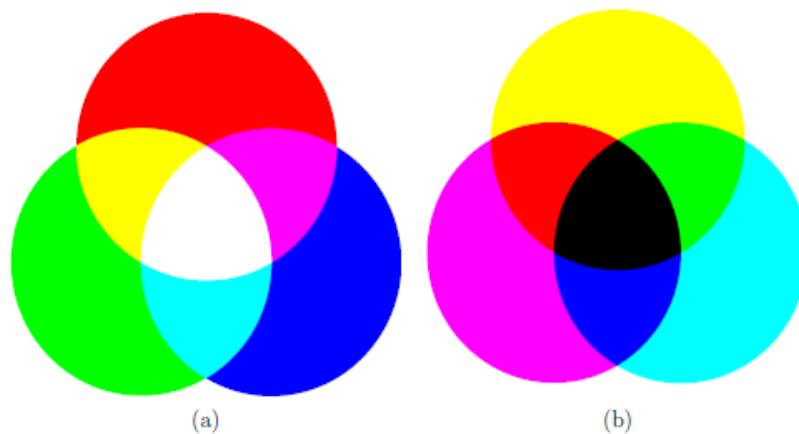


Figura 7. Síntesis aditiva (a) y sustractiva del color (b). Ortiz (2002).

Las tres componentes rojo (R), verde (G) y azul (B) engendran un espacio de color conocido como el espacio RGB. La 'Comisión Internacional de Iluminación' CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) asignó en 1931 la norma: rojo = 700 nm, verde = 546,1 nm, azul = 435,8 nm, antes de conocer en 1965 las respuestas espectrales de los conos. Estas definiciones se utilizan en sistemas de despliegue como tubos de

rayos catódicos (CRT), monitores de cristal líquido (LCD), TFT y plasma. Sin embargo, como se deriva de las curvas espectrales, no existe un único rojo, o verde o azul. Es evidente que la suma de los tres colores primarios no permite producir todos los colores, en el sentido de la combinación lineal de tres impulsos no puede generar todas las distribuciones espectrales posibles.

1.5.8 Pixel

Es una imagen digital se considera como una cuadrícula. Cada elemento de esa cuadrícula se llama Píxel (Picture element). La resolución estándar de una imagen digital se puede considerar de 512x484 Pixel (CIP ETI, 2018).

La imagen hiperespectral posee un píxel (considerado como un vector), adquirido por una cámara hiperespectral, puede ser visto como una firma espectral o “huella digital” de los materiales subyacentes en el píxel (Gonzáles, 2012).

1.5.9 Cámara

Su función es capturar la imagen proyectada en el sensor, vía las ópticas, para poder transferirla a un sistema electrónico (CIP ETI, 2018).

Las cámaras utilizadas en visión artificial requieren de una serie de características que permitan el control del disparo de la cámara para capturar piezas que pasan por delante de ella en la posición requerida. Son más sofisticadas que las cámaras convencionales, ya que tienen que poder realizar un control completo de: tiempos, señales, velocidad de obturación, sensibilidad, etc. (CIP ETI, 2018).

CIP ETI (2018) menciona la clasificación de las cámaras en función de:

1.5.9.1 *La tecnología del elemento sensor*

Cámaras de tubo. Se basan en la utilización de un material fotosensible que capta la imagen, siendo leída por un haz de electrones.

Cámaras de estado sólido CCD (Charge – Coupled – Device). Se basan en materiales semiconductores fotosensibles para cuya lectura no es necesario un barrido electrónico (más pequeñas que las de tubo).

1.5.9.2 *La disposición física*

Cámaras lineales. Se basan en un sensor CCD lineal.

Cámaras matriciales. Se basan en un sensor CCD matricial, lo que permite el análisis de imágenes bidimensionales.

Cámaras color. El proceso de obtención de las imágenes es más complejo, proporcionan una mayor información que las monocromo.

1.5.10 **Análisis de color en alimentos mediante imágenes digitales**

Uno de los objetivos de los sistemas de visión por computadora (CVS) es reemplazar el proceso de toma de decisiones que se realiza visualmente por métodos automáticos, éste tipo de sistemas puede ayudar a la toma de decisiones complejas con mayor precisión, rapidez y con mayor consistencia durante largos periodos de tiempo (Sun, 2010).

Los sistemas de visión por computadora (CVS) utilizan cámaras digitales y de video para el análisis de color por medio digital, este sistema además de ser de fácil manejo por considerarse portátil debido a su tamaño, logra la medición de colores y la transformación de la información de color a información analítica como los valores numéricos. Estos sistemas ofrecen una metodología para la medición del color, se puede aplicar para medir diferentes atributos de apariencia de los alimentos, cuantificar colores estándar de frutas y hortalizas en RGB, HVS y la evaluación de espacios de color $L^*a^*b^*$, además de las condiciones físicas externas que afectan los resultados (Otles, 2008).

En las investigaciones de la industria alimentaria, el color es considerado una propiedad física fundamental y determinante de la calidad de productos alimentarios frescos o procesados, logrando correlacionar esta información con otros indicadores físicos, químicos e incluso sensoriales de calidad. Con la medición de ésta característica se logra evaluar el grado de madurez, deterioro durante transporte, efecto de almacenamiento, y vida útil hasta que lleguen los productos a los consumidores finales. Este tipo de evaluaciones son desarrolladas por varias metodologías donde las industrias generalmente usan dos métodos que se complementan: la inspección humana y un sistema instrumental de medición de color (Otles, 2008).

El incremento en la conciencia del consumidor en cuanto a calidad en conjunto con la normativa que rige a los alimentos en crudo y procesados ha despertado un interés en desarrollar e identificar formas avanzadas, confiables, rápidas y rentables, además de no destructivas para cumplir con el objetivo de cuantificar y controlar la calidad. Con esta finalidad, la visión por computadora ofrece las ventajas de una cuantificación exacta y rápida a partir de imágenes digitales. Provee además de una variedad de mediciones dimensionales, y físicas como textura y color. La tecnología de determinación de color utilizando imágenes digitales ha sido aplicada ampliamente en alimentos para diferentes productos como lácteos, carne, pescado y frutas, hortalizas (Gunasekarán, 2000).

1.6 CÁMARA HIPERESPECTRAL

El sistema de imágenes hiperespectrales de mesa de Resonon está compuesto por una cámara de imágenes hiperespectrales Pika, traducción lineal escenario, torre de montaje, conjunto de iluminación y sistema de control de software. Las posiciones de la cámara e iluminación el montaje es ajustable a lo largo de la torre (Visualizar en la figura 8).

Los generadores de imágenes hiperespectrales de Resonon son generadores de imágenes de escaneo de línea (también conocidos como imagers push-broom). Bidimensional las imágenes se construyen traduciendo la muestra en relación con la cámara. Esto se logra típicamente colocando la muestra en una etapa de traducción lineal (Resonon, 2016).

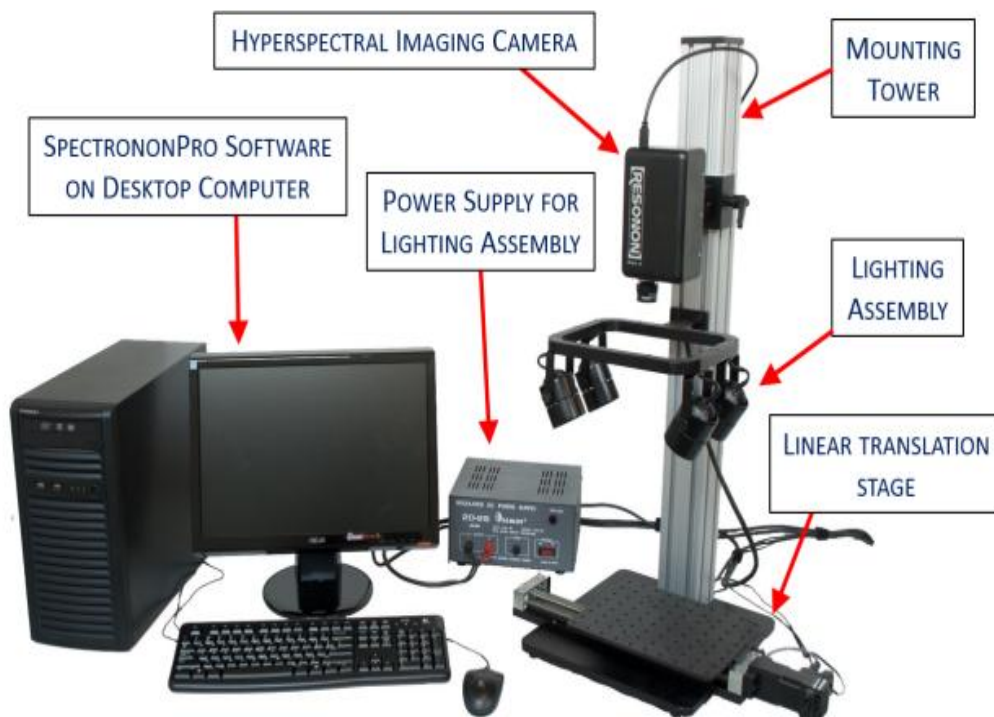


Figura 8. Sistema de imagen hiperespectral Benchtop. Resonon (2016).

Las características técnicas de la cámara se muestran a continuación:

Tabla 9

Especificaciones de la cámara Pika L

Rango espectral	400 - 1000 nm
Resolución espectral	2,1 nm
Canales espectrales	281
Canales espaciales	900
Píxeles espectrales	561
Profundidad de bits	12
Opciones de conexión	USB 3.0
Requisitos de potencia	3,4W
Peso	1,3 lbs, 0,6 kg
Dimensiones (cm)	10,0 x 12,5 x 5,3
Temperatura de funcionamiento	41-104 F, 5-40 C

Nota. Resonon Inc (2016).

El rango de la cámara hiperespectral Pika L, está definido entre 400 y 1000 nm.

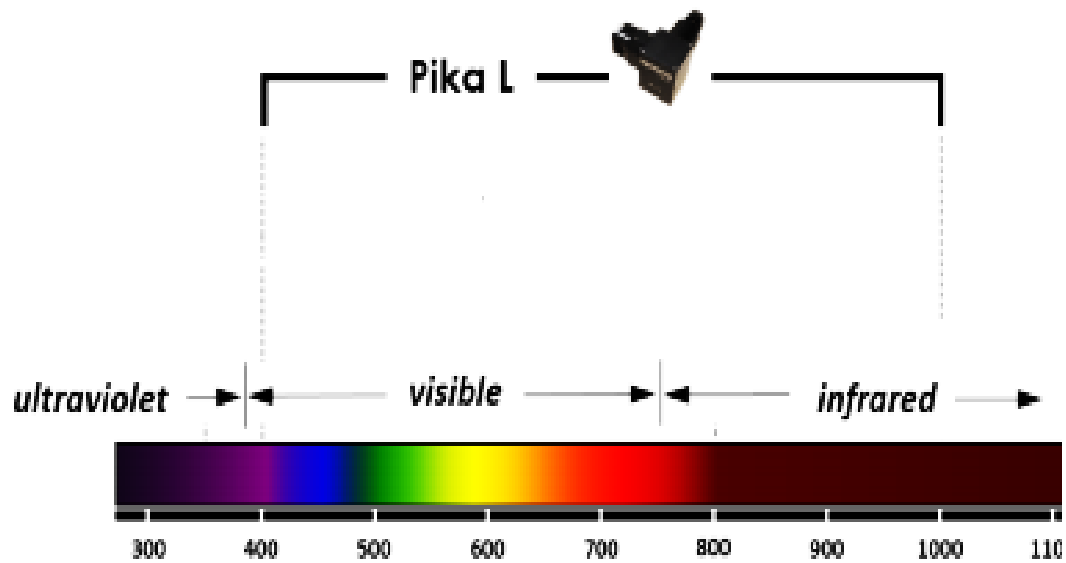


Figura 9. Rango hiperespectral de la cámara Pika L. Resonon (2016).

1.6.1 Imagen hiperespectral

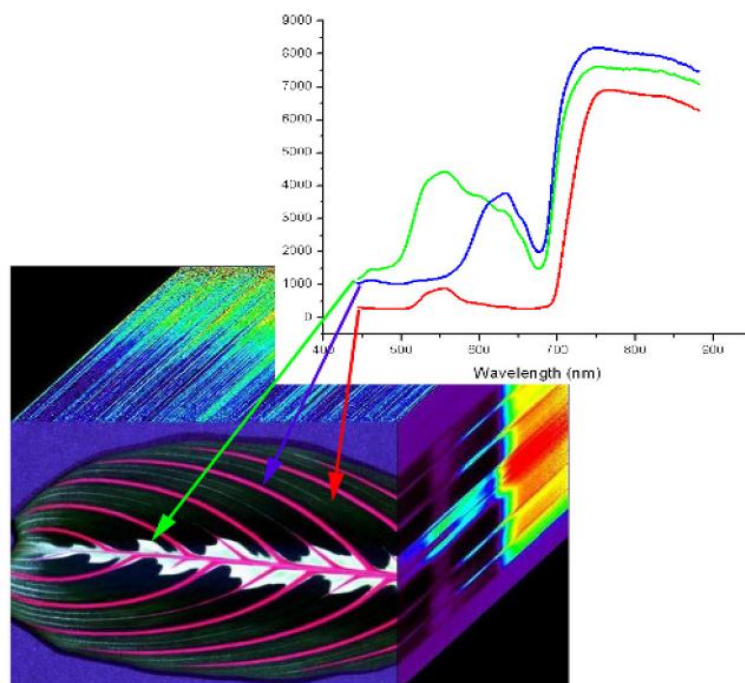


Figura 10. Imagen Hiperespectral en su longitud de onda. Resonon (2016).

Imagen hiperespectral, o espectroscopía de imágenes, se refiere a la creación de una imagen digital que contiene muy alta espectral resolución (color) Cada punto espacial (píxel) en una imagen hiperespectral representa una curva continua de luz entrante intensidad frente a la longitud de onda. Por ejemplo, las flechas rojas, verdes y azules a continuación muestran los espectros de tres píxeles de una imagen de una hoja en la figura 10. Los datos también se pueden interpretar como una pila de imágenes, con cada capa en el pila que representa la escena en una longitud de onda diferente: esta "pila" de imágenes bidimensionales se conoce como "Datacube" (Resonon, 2016).

El resultado de la toma de datos por parte de un sensor hiperespectral sobre una determinada escena puede ser representado en forma de cubo de datos, con dos dimensiones para representar la ubicación espacial de un píxel (generalmente denominadas líneas y muestras), y una tercera dimensión que representa la singularidad espectral de cada píxel en diferentes longitudes de onda (Chang, 2003).

En la figura 11 se muestra la estructura de una imagen hiperespectral donde el eje X es el indicador de las líneas, el eje Y es el indicador de las muestras y el eje Z es el número de banda, es decir, la longitud de onda de esa banda (canal).

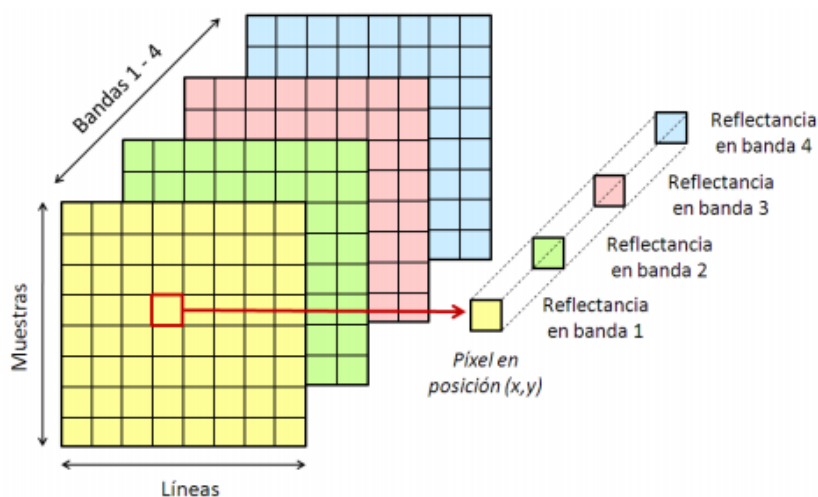


Figura 11. Estructura de una imagen hiperespectral. Gonzáles (2012).

La tecnología de imágenes hiperespectrales (HSI) combina las ventajas de la visión por ordenador tradicional y la espectroscopía; esta tecnología permite medir simultáneamente la variación espacial y espectral de una muestra (Dai *et al.*, 2014) (ElMasry *et al.*, 2013). Dicha variación espectral es producto de la interacción de la

radiación de la materia, para cientos de longitudes de ondas y puntos de muestreo simultáneamente, y puede ser cuantificada por reflectancia, la cual es definida como el porcentaje de luz emitida por una muestra con relación a la luz total que incide en ella (Fernandez *et al.*, 2013) (Qin *et al.*, 2013).

La tecnología de imágenes hiperespectrales permite adquirir imágenes digitales con una gran cantidad de canales espectrales muy cercanos entre sí, incluyendo algunas regiones no detectables por el ojo humano como el ultravioleta, infrarrojo cercano e infrarrojo (Simko *et al.*, 2015), y obteniendo para cada porción de la escena o píxel, una firma espectral característica de cada material; siendo difícil que distintas combinaciones espectrales, aun siendo muy parecidas, generen la misma salida (Cho *et al.*, 2013) (Riviera *et al.*, 2014) (Sengupta y Lee, 2014).

En cuanto al análisis de una imagen hiperespectral, éste se podría resumir en la figura 12, donde se ilustra el procedimiento de adquisición y análisis de imágenes hiperespectrales, el cual se puede dividir en tres etapas: Adquisición y pre procesado, de acuerdo a los métodos de adquisición; Caracterización de muestras, etapa en la que se determina el nivel de los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales que serán utilizados en la última etapa; Modelización, en la cual se utilizan técnicas de análisis estadístico multivariable para correlacionar estos parámetros con la información espectral de la segunda etapa (Du y Sun, 2004) (ElMasry y Sun, 2010) (Liu *et al.*, 2013) (Sun, 2010)

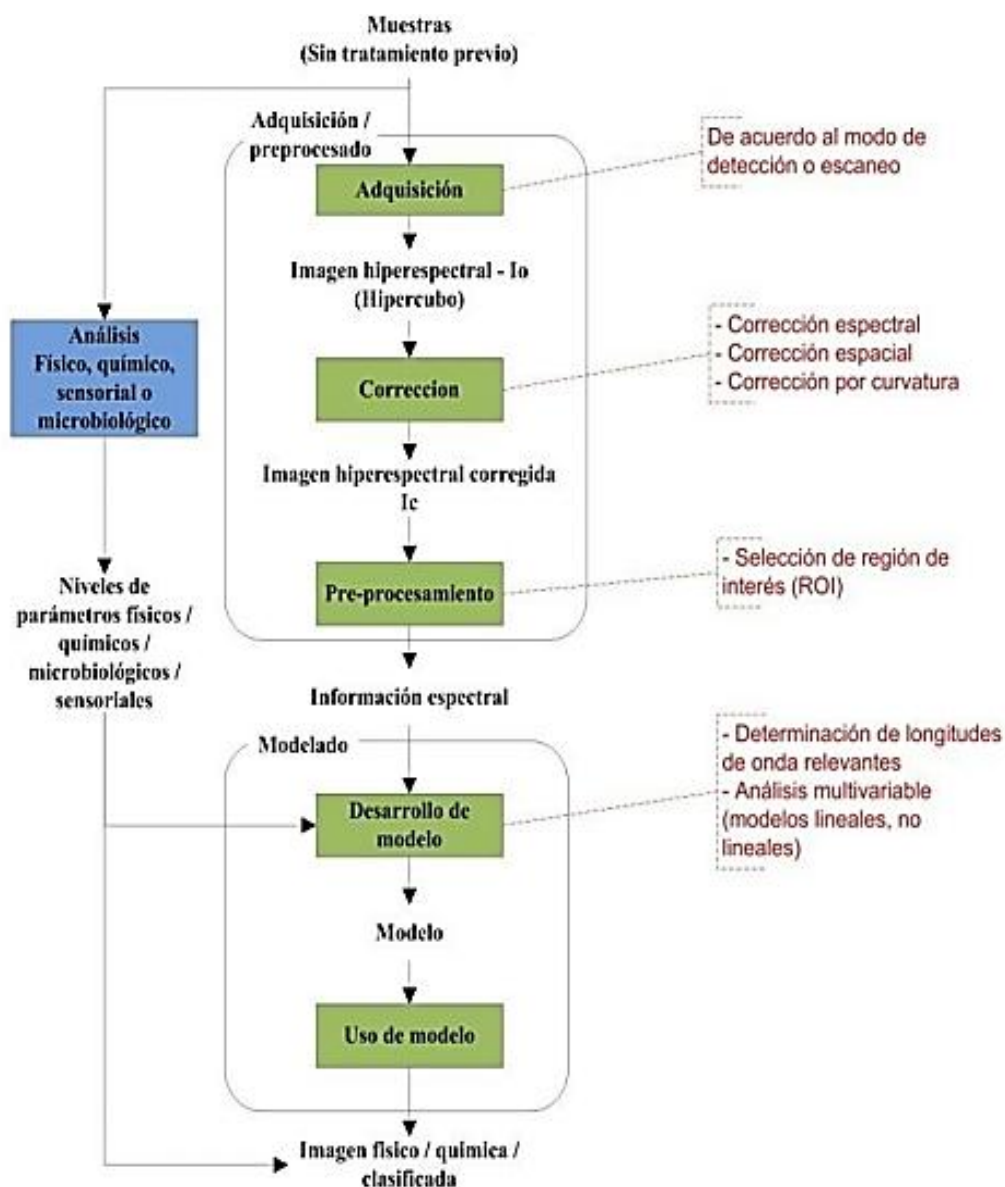


Figura 12. Pasos a seguir en el análisis de imágenes hiperspectrales. Liu *et al.* (2013).

1.6.1.1 *Espectro electromagnético*

En su mayoría las propiedades de la radiación electromagnética se explican adecuadamente con un modelo clásico de onda sinusoidal que utiliza parámetros como la longitud de onda, la frecuencia, la velocidad y la amplitud. (Mundaca, 2016).

En la figura 13 podemos ver la representación en dos dimensiones del vector eléctrico que es el responsable de los fenómenos de transmisión, la reflexión, la refracción y la absorción.

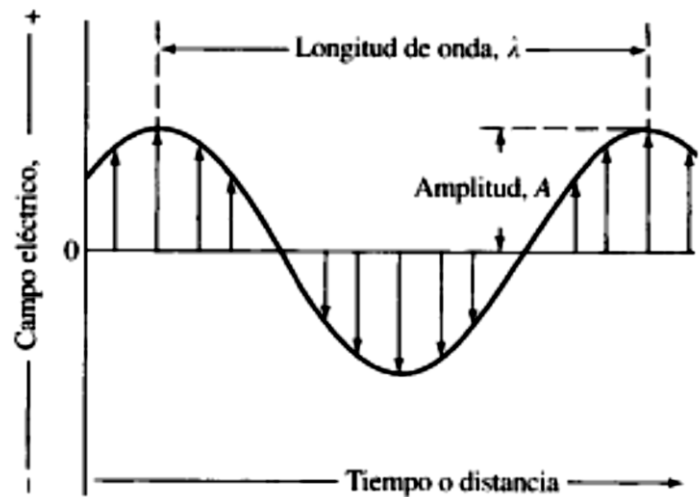


Figura 13. Vector eléctrico. Roman y Vargas (2013).

La radiación electromagnética tiene propiedades fundamentales y su comportamiento se da de manera predecible de acuerdo a la teoría de ondas. Se puede definir según la siguiente ecuación: $C = \lambda f$

Donde

C = Velocidad de la Luz.

λ = Longitud de onda

f = Frecuencia

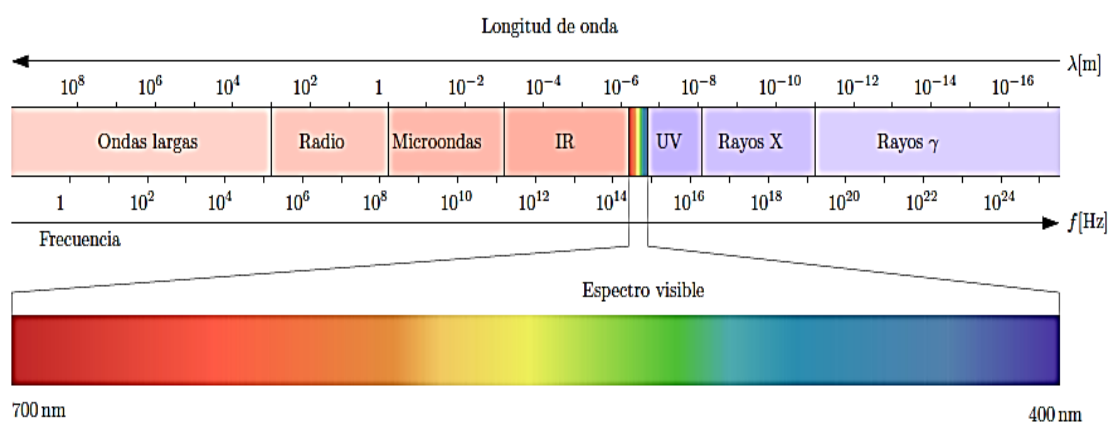


Figura 14. Espectro electromagnético. Alvarado (2012).

Espectro visible

El espectro visible es la porción del espectro electromagnético percibida por el ojo humano, y comprende las emisiones radiantes de longitud de onda desde los 380 nm hasta los 780 nm (puede variar según la bibliografía utilizada). La luz blanca percibida es una mezcla de todas las longitudes de onda visibles. El espectro visible se puede descomponer en sus diferentes longitudes de onda mediante un prisma de cuarzo, que refracta las distintas longitudes de onda selectivamente (Sirlin, 2015)

Colores del espectro

Los colores del arco iris en el espectro visible incluye todos esos colores que pueden ser producidos por la luz visible de una simple longitud de onda, los colores del espectro puro o monocromáticos.



violeta	380–450 nm
azul	450–495 nm
verde	495–570 nm
amarillo	570–590 nm
anaranjado	590–620 nm
rojo	620–750 nm

Figura 15. Colores del espectro. Bruno y Svoronos (2005).

A pesar que el espectro es continuo y por lo tanto no hay cantidades vacías entre uno y otro color, los rangos anteriores podrían ser usados como una aproximación (Bruno y Svoronos, 2005).

1.6.1.2 Interacciones de la energía irradiada con la materia

La información utilizada para la conformación de las imágenes es aportada precisamente por la interacción que tiene la energía irradiada con los objetos a ser capturados. El conocer en detalle los principios físicos involucrados permite elegir con fundamento aquellas configuraciones de escena que permiten resaltar los detalles de interés en los objetos (Alvarado, 2012).

A todo el proceso desde la emisión de la luz, hasta su arribo a la cámara se le conoce como la cadena radiométrica de la formación de imágenes, que se ilustra en la figura 16.

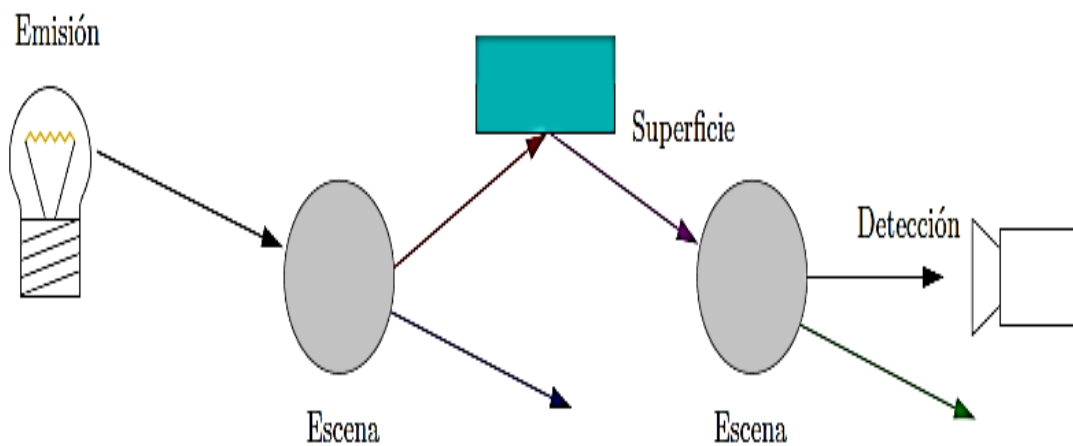


Figura 16. Cadena radiométrica en la formación de imágenes. Alvarado (2012).

Propiedades como la profundidad de penetración o la reflectividad superficial, que dependen de las longitudes de onda de la energía irradiada, determinan las modificaciones que sufre dicha energía en su ruta hasta el detector (Alvarado, 2012).

La radiación que incide o que atraviesa los objetos en una escena sufre modificaciones en su interacción con la materia. Estas modificaciones incluyen cambios en su dirección de propagación, atenuación, amplificación, cambios en la composición espectral, o incluso polarización (Alvarado, 2012).

El flujo radiante se define como la potencia total emitida por una fuente o recibida por un detector, medida en watts [W].

La excitancia radiante M es la potencia emitida por unidad de área, y se mide en $[W/m^2]$.

La irradiancia es la potencia recibida por unidad de área y se mide en $[W/m^2]$.

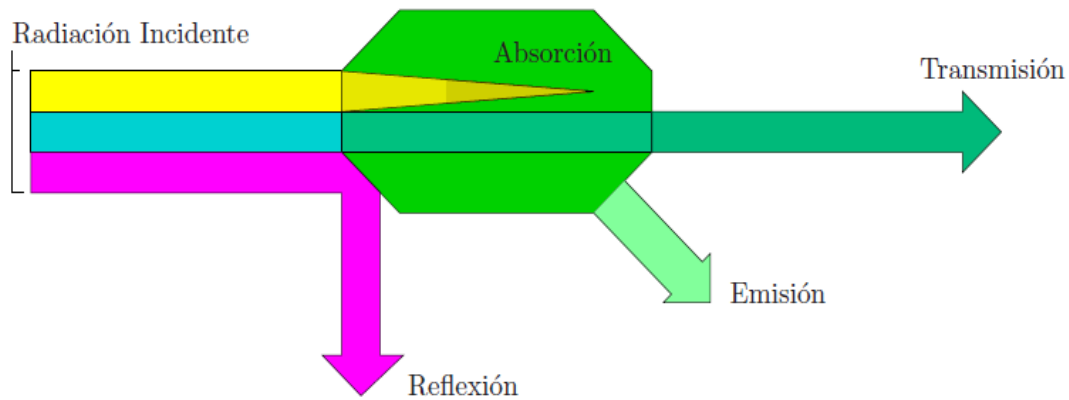


Figura 17. Flujo radiante Φ_i incidente en un objeto es parcialmente reflejado, absorbido, transferido o incluso emitido, para mantener el equilibrio termodinámico. Alvarado (2012).

Para caracterizar las propiedades ópticas de superficies y objetos se definen entonces las siguientes magnitudes adimensionales.

Reflectividad ρ (o reflectancia) se define como la tasa de flujo radiante reflejado Φ_r contra el flujo radiante incidente Φ_i :

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi_i}$$

Absortividad α (o absortancia) es la razón entre el flujo radiante absorbido Φ_a y el flujo radiante incidente Φ_i :

$$\alpha = \frac{\Phi_a}{\Phi_i}$$

Transmisividad τ (o transmitancia) describe cuanto del flujo radiante incidente Φ_i se mantiene en como flujo radiante transmitido Φ_t :

$$\tau = \frac{\Phi_t}{\Phi_i}$$

Emisividad ϵ (o emitancia) cuantifica el desempeño de un objeto activamente radiante comparado con un cuerpo negro, y se define como la razón entre las exitancias:

$$\epsilon = \frac{M_e(T)}{M_{cn}(T)}$$

Donde M_e denota la exitancia de la fuente emisora y M_{cn} la exitancia del cuerpo negro a una temperatura T . Esta magnitud ϵ es siempre menor que uno puesto que el modelo de cuerpo negro describe la exitancia máxima de cualquier objeto puede exhibir a una temperatura T .

Nótese que la reflectividad ρ , absorptividad α y transmisividad τ definen las modificaciones que puede realizar un receptor *pasivo* al flujo radiante incidente Φ_i , mientras que la emisividad ϵ es una característica de objetos activamente radiantes. Todas estas magnitudes dependen de la dirección, longitud de onda y polarización de la energía incidente (Alvarado, 2012).

La emisión, transmisión, reflexión y absorción de radiación se pueden referir tanto a interacciones con superficies (o interfaces entre objetos), como al efecto neto sobre objetos de espesor finito. Varios autores coinciden en utilizar los términos con sufijo *ividad* para las propiedades superficiales (o intrínsecas) y el sufijo *ancia* para las propiedades volumétricas (o extrínsecas) de los objetos (Alvarado, 2012).

Si un objeto se encuentra en equilibrio termodinámico con su entorno, por la ley de conservación de la energía se debe cumplir:

$$\Phi_i = \Phi_a + \Phi_r + \Phi_t$$

Y por tanto: $\alpha + \rho + \tau = 1$, lo que permite definir objetos idealizados (Alvarado, 2012).

Tabla 10

Objetos y superficies idealizadas

Objeto	Propiedad	Descripción
Cuerpo opaco	$\epsilon(\lambda) + \rho(\lambda) = 1$ $\tau(\lambda) = 0$	No puede ser penetrado por radiación. Toda radiación es emitida o reflejada.
Ventana ideal	$\epsilon(\lambda) + \rho(\lambda) = 0$ $\tilde{\tau}(\lambda) = 1$	Toda la energía es transmitida sin atenuación y no hay emisión
Espejo	$\epsilon(\lambda) + \tau(\lambda) = 0$ $\rho(\lambda) = 1$	Toda la energía es reflejada y no hay emisión.
Cuerpo negro	$\rho(\lambda) + \tau(\lambda) = 0$ $\epsilon(\lambda) = 1$	Toda la energía es absorbida y tiene la exitancia máxima posible.

Nota. Alvarado (2012).

1.6.2 Avances en sistemas de adquisición de imágenes hiperespectrales

Los sistemas de imagen hiperespectral se componen principalmente de dos partes: hardware y software. El papel de hardware es la obtención de las imágenes, mientras que el software permite procesar las imágenes con el fin de extraer información de la imagen útil para predecir los atributos de calidad de los productos (Xiong *et al.*, 2014). A continuación se brindan mayores detalles de estas partes:

1.6.2.1 Hardware

Los avances logrados en la aplicación de esta tecnología han conllevado a mejoras en la velocidad y coste del hardware; sin embargo, los elementos típicos, esquematizados en la figura 18, siguen siendo los mismos por los últimos veinte años y sólo difieren en la disposición de los mismos (Gowen *et al.*, 2007) (Zhang *et al.*, 2014).

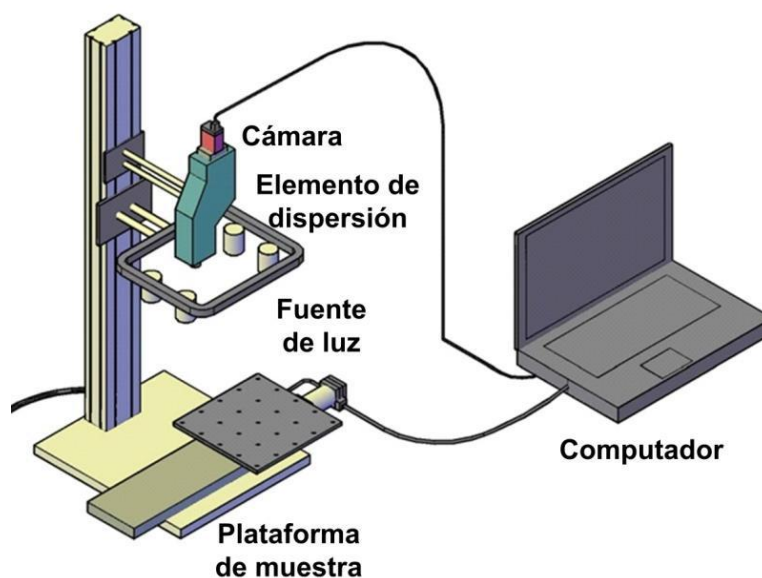


Figura 18. Esquema de un sistema de adquisición de imágenes hiperespectrales. Liu *et al.* (2013).

Estos elementos son:

Fuentes de luz. Generan luz para iluminar la muestra y son una parte esencial de los sistemas de inspección óptica. Las fuentes de luz empleadas en los sistemas de adquisición de imágenes hiperespectrales incluyen: lámparas halógenas (fuente de iluminación de banda ancha usados en longitudes de onda visible (VIS) y el infrarrojo cercano (NIR); generalmente son de tungsteno), diodos emisores de luz – LED

(elementos emisores de luz, pequeños, de bajo coste, respuesta rápida, larga vida y bajo consumo de energía) y láseres (fuentes de luz monocromáticas principalmente usados para excitar los electrones en la muestra). Las longitudes de onda de uso en onda corta recorren desde el ultravioleta al infrarrojo cercano y en onda larga, desde el infrarrojo cercano a infrarrojo medio (Ariana y Lu, 2008) (Wu y Sun, 2013).

Cámara. La función de este dispositivo es cuantificar la luz adquirida mediante la conversión de fotones incidentes en electrones a través de un circuito integrado el cual contiene un número de condensadores dispuestos en un arreglo matricial. Este circuito se denomina dispositivo de carga acoplada -CCD (Coupled Charged Device). Una alternativa a los CCDs son los semiconductores complementarios de óxido metálico - CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). Ambos convierten la energía de radiación a señal eléctrica y los materiales usados para la fabricación de estos detectores son el silicio, arseniuro de galio y el telurio de galio (Gowen *et al.*, 2007) (Wu y Sun, 2013) (Xiong *et al.*, 2014).

Elemento de dispersión. Tienen la función de dispersar, en bandas, las diferentes longitudes de onda que componen la luz provista por el sistema de iluminación. Dentro de éstos tenemos los espectrofotómetros de imágenes, filtros sintonizables acústico-ópticos- AOTF (Acoustic-Optic Tunable Filters) y los filtros sintonizables de cristal líquido- LCTF (Liquid Crystal Tunable Filter) (Gowen *et al.*, 2007) (Xiong *et al.*, 2014); las diferencias entre estos dispositivos se muestran en la tabla 11.

Tabla 11

Diferencia de los dispositivos de los elementos de dispersión

Dispositivos	Imagen hiperespectral formada	Desplazamiento de muestra
Espectrofotómetro de imagen	Imagen espectral de un punto o línea de la escena	Requiere desplazamiento
Filtros sintonizables (AOTF – LCTF)	Imagen monocromática completa de cada banda	No requiere desplazamiento de muestra

Nota. Adaptado de Sun (2010)

Plataforma de muestra. De acuerdo a la tabla 11, en función del dispositivo de dispersión es posible que se requiera de una plataforma que desplace a la muestra misma a una velocidad constante mientras se realiza la captura de la escena por parte de la cámara (Gowen *et al.*, 2007).

1.6.2.2 *Software*

El software para estos sistemas incluye las tareas de procesamiento digital de imágenes hiperespectrales, las cuales incluyen: Corrección (espectral, espacial, curvatura), selección de ROIs, reducción de dimensionalidad y modelización de relaciones (Wu y Sun , 2013).

1.6.3 Ventajas y desventajas de la técnica de imágenes hiperespectrales

Según (Wu y Sun, 2013) las principales ventajas y desventajas del uso de la técnica de imágenes hiperespectrales y análisis de imágenes en la industria agroalimentaria, en relación a los métodos tradicionales son los que se detallan en la tabla 12.

Tabla 12

Ventajas y desventajas de la aplicación de la técnica de imágenes hiperespectrales a la industria alimentaria

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación libre de químicos. - Mínima preparación de la muestra. - Ahorro de mano de obra, tiempo, reactivo, tratamientos de residuos. - No invasión, ni destrucción de la muestra. - Aplicaciones para análisis cualitativos y cuantitativos. - Delimitación múltiple de diferentes componentes dentro de una muestra en forma simultánea. - Análisis relativamente rápido. - Visualización simultánea de la distribución espacial de diferentes parámetros de calidad. - Almacena abundante información para la evaluación de la calidad y seguridad alimentaria. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requerimiento de gran velocidad del hardware para mejorar la adquisición y el análisis de datos. - Necesidad de calibración precisa y modelos robustos. - Menores límites de detección en comparación a los métodos de análisis químicos. - No es aplicable muestras líquidas u homogéneas. - Limitada penetración de la luz. - Efecto de calentamiento, debido a la luz emitida durante el proceso de obtención de las imágenes: este es potenciado por el espectro de absorción del agua.

Nota. Adaptado de Xiong *et al.* (2014).

1.6.4 Aplicaciones de los sistemas de imágenes hiperespectrales

1.6.4.1 *En la agricultura y control de semillas*

En la agricultura y el control de las semillas se han venido desarrollando aplicaciones de la tecnología de imágenes hiperespectrales en diferentes aspectos, tales como la evaluación del efecto de los niveles de salinidad en los suelos y la vegetación, la detección temprana de plagas y enfermedades, y la clasificación de la calidad (Castro, 2015).

Las aplicaciones, realizadas en cultivos o semillas agroalimentarias, han usado como muestras de estudio campos de cultivo o granos, tanto secos como en vaina, respectivamente; siendo los objetivos generales, para el caso de cultivos, seguimiento del proceso vegetativo (Wouters *et al.*, 2015), evaluación del efecto de salinidad en el estrés hídrico (Rud *et al.*, 2013) y, aunque orientada al análisis estadístico, la comparación de dos métodos de modelado (PLSR y SPLSR) en la exactitud del modelo de la relación entre las fuentes hídricas y el rendimiento del cultivar (Abdel *et al.*, 2014).

En cuanto a las aplicaciones en semillas agroalimentarias, los objetivos se han concentrado principalmente en la determinación de la contaminación (Barbedo *et al.*, 2015) (Ravikanth *et al.*, 2015) (Wang *et al.*, 2015), en segundo lugar en clasificación (Deng *et al.*, 2013) (Serranti *et al.*, 2012) y por último en la detección de infestación por insectos (Huang *et al.*, 2013); cubriendo en ambos casos el rango UV, VIS-NIR, NIR.

1.6.4.2 *En el procesamiento post cosecha*

Los sistemas de visión hiperespectral han sido aplicados en el procesamiento post cosecha de productos hortofrutícolas para tareas de inspección de frutas en fresco; donde la inspección individual, realizada en la empacadora, es principalmente visual, tediosa, subjetiva y de alto costo (Gómez, 2010).

En este sentido la tecnología de imágenes hiperespectrales se vienen usando en la detección de podredumbre en cítricos y legumbres (Gómez, 2010) (Huang *et al.*, 2013) (Lorente *et al.*, 2013) (Simko *et al.*, 2015); detección de madurez en mango y melocotón (Slaughter, 2009); evaluación de la calidad en mango, pepinos, manzanas (Ariana y Lu, 2008) (Mendoza *et al.*, 2014) (Mizushima y Lu, 2013) (Vélez *et al.*,

2013); detección de golpes en manzanas y cítricos (Lee *et al.*, 2014) (Qin *et al.*, 2009) (Riviera *et al.*, 2014) (Xing y De Baerdemaeker, 2005).

En este campo se ha enfatizado la estimación de la calidad de las frutas previa la cosecha, a fin de establecer la fecha óptima de recolección, así como en la evaluación de los cambios en la calidad posterior a la cosecha, determinando el tratamiento post cosecha más adecuado. Dichas evaluaciones, se centraron en parámetros como: firmeza, color, contenido de sólidos solubles, presencia y distribución de pigmentos entre otros (Castro, 2015).

1.6.4.3 *En productos hortofrutícolas mínimamente procesados*

En los últimos años, se ha incrementado la demanda de vegetales, frutas y en general alimentos mínimamente procesados en fresco (MPF) y preparados para el consumo, destacando su frescura y comodidad de uso. Estos alimentos presentan un mayor riesgo de deterioro microbiano, debido principalmente a que no han sido sometidos a procesos rigurosos que disminuyan su carga microbiana; además, suelen estar confinados en envases pequeños (Sillani y Nassivera, 2015).

La acidez, el uso de atmósferas modificadas, y otros factores favorecen el crecimiento microbiano como levaduras, convirtiéndose en agentes alterantes frecuentes y a veces dominantes en este tipo de alimentos, siendo productos altamente perecederos (Diezma *et al.*, 2011) (Ramos *et al.*, 2013).

Se ha venido explorando el uso de la técnica de imágenes hiperespectrales en la evaluación de productos agroalimentarios; determinando su potencial como herramienta de detección de contaminantes, identificación de defectos, estimación de la composición analítica, determinación de atributos de calidad, entre otros (Diezma *et al.*, 2011).

1.6.5 *Índice de reflectancia espectral*

Los índices de reflectancia espectral son relaciones entre las reflectancias medidas en diferentes longitudes de onda. Estos índices aprovechan características como el contraste entre la reflectancia entre el VIS y el NIR (El Hendawy *et al.*, 2015).

Estos índices sirven para extraer información basada en las características ópticas de las hojas o el follaje de plantas. Tal vez el ejemplo más conocido de un índice de reflectancia espectral es el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, por

sus siglas en inglés) (Rouse *et al.*, 1973), el cual se calcula a partir de la reflectancia en el rojo y en el infrarrojo cercano. El NDVI se emplea para la determinación del vigor de la vegetación, que está determinado por factores como el área foliar (Carlson y Ripley, 1997), el contenido de clorofila (Gitelson y Merzlyak, 1997) y los estados nutricional y sanitario (Yuchun *et al.*, 2007) (Gualano *et al.*, 2010).

Adicionalmente, se han desarrollado una gran variedad de índices para aplicaciones prácticas, como la determinación del contenido de agua en las hojas, la productividad neta, el contenido de clorofila en las hojas, el estado fenológico, etc. (Strachan *et al.*, 2002) (Stroppiana *et al.*, 2009) (Chen *et al.*, 2010) (Van Everta *et al.*, 2012).

Tabla 13*Índices espectrales analizados por el software Spectronon*

Índice Hyperespectral	Ecuación en Spectronom
Reflectancia de antocianinas, índice 1	$ARI1 = \frac{1}{\rho_{550}} - \frac{1}{\rho_{700}}$
Reflectancia de antocianinas, índice 2	$ARI2 = \rho_{900} \left(\frac{1}{\rho_{550}} - \frac{1}{\rho_{700}} \right)$
Vegetación atmosféricamente resistente	$ARVI = \frac{NIR - (Red - \gamma(Blue - Red))}{NIR + (Red - \gamma(Blue - Red))}$
Reflectancia de carotinoides, índice 1	$CRI1 = \frac{1}{\rho_{510}} - \frac{1}{\rho_{550}}$
Reflectancia de carotinoides, índice 2	$CRI2 = \frac{1}{\rho_{510}} - \frac{1}{\rho_{700}}$
Vegetativo mejorado	$EVI = \frac{NIR - Red}{NIR + 6.0(Red) - 7.5(Blue) + 1}$
Modificado de reflectancia de absorción de clorofila	$MCARI = \rho_{700} - \rho_{670} - 0.2(\rho_{700} - \rho_{550}) \left(\frac{\rho_{700}}{\rho_{670}} \right)$
Vegetación normalizada en limite rojo	$MRENDVI = \frac{\rho_{750} - \rho_{705}}{\rho_{750} + \rho_{705} - 2(\rho_{445})}$
Ratio simple modificada de limite rojo	$MRESR = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$
Diferencia vegetativa normalizada	$NDVI = \frac{\rho_{750} - \rho_{705}}{\rho_{705} + \rho_{445}}$
Reflectancia fotoquímica	$PRI = \frac{\rho_{531} - \rho_{570}}{\rho_{531} + \rho_{570}}$
Reflectancia de senescencia vegetal	$PSRI = \frac{\rho_{600} - \rho_{500}}{\rho_{750}}$
Tasa simple	$SR = \frac{NIR}{Red}$
Estructura de pigmento no sensitivo	$S/PI = \frac{\rho_{900} - \rho_{445}}{\rho_{900} + \rho_{680}}$
Limite rojo Vogelmann, índice 1	$VREI1 = \frac{\rho_{740}}{\rho_{720}}$
Limite rojo Vogelmann, índice 2	$VREI2 = \frac{\rho_{734} - \rho_{747}}{\rho_{715} - \rho_{726}}$
Limite rojo Vogelmann, índice 3	$VREI3 = \frac{\rho_{734} - \rho_{747}}{\rho_{715} + \rho_{720}}$
Banda de agua	$WBI = \frac{\rho_{970}}{\rho_{900}}$

Nota. Recuperado de Resonon (2016)

Índice de reflectancia de carotenoides (CRI2)

Los carotenoides funcionan en los procesos de absorción de la luz en las plantas, así como en la protección de las plantas contra los efectos nocivos de demasiada luz. El debilitamiento de la vegetación contiene mayores concentraciones de carotenoides, por lo que este índice es una medida de la vegetación estresada.

Este índice es una modificación de CRI1 que proporciona mejores resultados en áreas de alta concentración de carotenoides. Los valores más altos de CRI2 significan una mayor concentración de carotenoides en relación con la clorofila.

$$CRI2 = \frac{1}{\rho_{510}} - \frac{1}{\rho_{700}}$$

El valor de este índice varía de 0 a más de 15. El rango común para la vegetación verde es de 1 a 11. Este índice utiliza mediciones de reflectancia en el espectro visible para aprovechar las firmas de absorción de los pigmentos relacionados con el estrés. Los datos de reflectancia deben escalarse de 0 a 1. (Gitelson, 2002).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ÁREA DE EJECUCIÓN

La investigación se realizó en los siguientes laboratorios.

- Laboratorio de físico-química de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias (FIQIA) de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, donde se realizaron los análisis de pH, acidez titulable, sólidos totales e índice de madurez.
- Taller de laboratorio de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén, Cajamarca, donde se realizó la toma de la imagen utilizando la cámara Hiperespectral Resonon Pika L, el procesamiento de las imágenes utilizando el software Spectronon Pro.
- Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, donde se realizó el liofilizado de las muestras utilizando el equipo Liofilizador BioBase y determinación de carotenoides totales y clorofila, por espectrofotometría adaptado a un lector de placa multipocillos Synergy HT Multi-Mode Microplate Reader (Biotek, Rochester, VT, USA).
- Laboratorio de Investigación Scientific Analyst & Consultant, Lima, donde se realizó el procesamiento de los datos de los espectros de absorción de deconvolución para separar identificar y separar los picos usando una línea base lineal, suavizado FFT y un modelo de Gauss PeakFit v.4.12 software (Systat Software, Inc., USA). Para determinar el contenido de carotenoides y clorofila.

2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Universo objetivo

Pimiento morrón (*Capsicum annuum*).

Universo muestral

Pimiento morrón (*Capsicum annuum*) en cinco estados de madurez del distrito de Jayanca de la región Lambayeque.

Muestra

La muestra estuvo constituida por 6 unidades de 200 g aproximadamente para cada grado de madurez.

Variables

Tabla 14

Niveles de Variables de Estudio

Variables Independiente	
Cinco grados de madurez de Pimiento Morrón	a₁: Pimiento Morrón 100% verde a₂: Pimiento Morrón 90 - 70% verde a₃: Pimiento Morrón 60 - 40% verde a₄: Pimiento Morrón 30 - 10% verde a₅: Pimiento Morrón 100% rojo
Variables Dependiente	
ROI del Pimiento Morrón	b₁: Región 1 b₂: Región 2 b₃: Región 3 b₄: Región 4 b₅: Región 5 b₆: Región 6
Variables físico químicas	Ph %Acidez titulable (%AT) °Bx Índice de madurez (IM) Carotenoides Clorofila
Variable interviniente	
Muestra liofilizada	

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

2.3 MATERIALES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

2.3.1 Materia prima

Pimiento morrón en cinco estados de madurez, procedente de Jayanca. Cada unidad con un peso promedio de 200 gramos.

2.3.2 Materiales de laboratorio

- Morteros
- Papel filtro
- Matraces de 250 ml, 500 ml.
- Fiolas de 100 ml, 250 ml.
- Buretas de 50 ml.
- Embudo de vidrio
- Vasos de precipitación de 250 ml, 500 ml.
- Cuchillos de acero inoxidable
- Gel refrigerante no tóxico Ice Pack.
- Tubos eppendorf
- Tubos de ensayo graduada para centrifuga y tubos de fondo plano

2.3.3 Reactivos

- Hidróxido de sodio 0,1 N
- Fenolftaleína 1%
- Metanol al 100%
- Agua destilada

2.3.4 Instrumentos

- pHmetro
- Refractómetro
- Balanza analítica
- Bureta automática Schilling 25 ml.
- SpectronPro - Software de Resonon para la adquisición de imágenes hiperespectrales.

2.3.5 Equipos

- Sistema de cámara hiperespectral; Cámara hiperespectral, Resonon Pika L.
- Liofilizador BioBase.
- Molino Ika Werke –M 20.
- Espectrofotómetro adaptado a un lector de placa multipocillos Synergy HT Multi-Mode Microplate Reader (Biotek, Rochester, VT, USA).
- Ultra centrifuga refrigerada a 4°C/ 10 000xg.
- Agitador oscilador para tubos de fondo plano,
- Laptop Marca HP Intel Inside Core i5.

2.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.4.1 Descripción del procedimiento para la toma de imagen hiperespectral, análisis de carotenoides y clorofila de las muestras y análisis físico – químico.

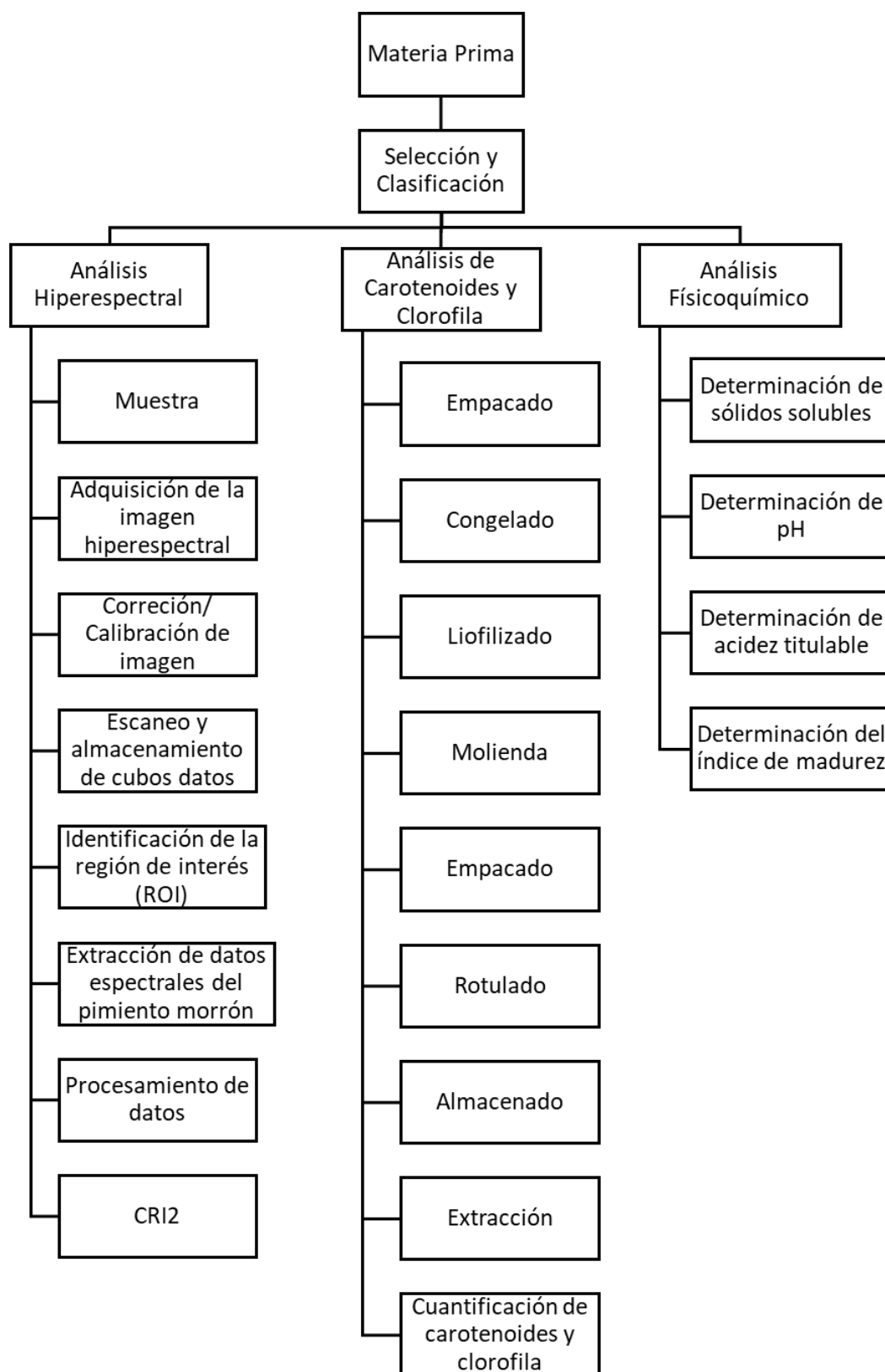


Figura 19. Procedimiento para la toma de imagen hiperspectral y liofilización de las muestras.

Elaboración propia (2018).

2.4.2 Caracterización de la materia prima

Recolección de la materia prima

La materia prima se recolectó del distrito de Jayanca de la Región Lambayeque, donde se cultiva el Pimiento Morrón.

Selección y clasificación

Se escogieron los pimientos morrones con mayor frescura, sin golpes, ni magulladuras en diferentes grados de madurez (verde a rojo).

2.4.2.1 *Análisis hiperespectral*

Se utilizó un sistema de formación de imágenes hiperespectral Resonon - Pika L (Figura 20). Las imágenes hiperespectrales de Resonon son imágenes de barrido lineal (también denominadas imágenes de barrido).

Las imágenes bidimensional se construyen traduciendo la muestra relativa a la cámara. Esto se logra típicamente colocando la muestra en una etapa de traducción lineal.

Los espectrómetros de imágenes Pika L de Resonon son instrumentos digitales compactos de alta fidelidad para aplicaciones industriales y científicas.



Figura 20. Cámara Hiperespectral Resonon – Pika L. Elaboración propia (2018).

Etapas en el sistema de detección espectral

Para seleccionar las regiones promedios de las muestras del pimiento morrón (*Capsicum annuum*), mediante longitudes de onda o bandas clave para una particular aplicación, la muestra de alimentos debe pasar por varios pasos a partir de la adquisición de imagen. Procedimientos paso a paso para seleccionar longitudes de onda clave de datos hiperespectrales los que se representan en el diagrama de flujo que se muestra en la figura 21 y se explican brevemente en siguientes secciones.

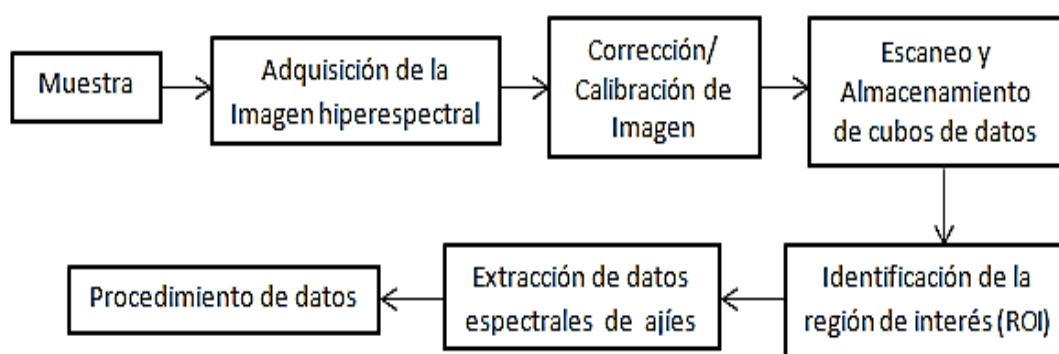


Figura 21. Etapa para la selección de la imagen hiperespectral. Elaboración propia (2018).

Adquisición de imágenes

La adquisición de imágenes es el primer paso en un experimento de imágenes hiperespectrales, las imágenes son adquiridas y digitalizadas mediante el programa Spectronom Pro y una cámara hiperespectral Pika L de 400 a 1000 nm en el espectro electromagnético (Resonon, 2016)

Corrección de imagen/calibración de imagen

La medición de la reflectancia absoluta de un objeto requiere corrección para tener en cuenta los efectos de iluminación. Para ello se tiene la respuesta del cubo de corrección en la barra de herramientas de SpectrononPro. Se coloca un material de referencia dentro del campo de visión del espectrómetro de imágenes Pika L. El material de referencia debe ser uniforme en el campo de visión de la imagen. Una vez que el material de referencia esté en su lugar se activará un escaneo corto del material de referencia. Completado, el cubo de corrección de respuesta aparecerá con una marca de verificación roja, lo que indica que los datos que recopila se escalarán en reflectancia a su material de referencia, incluido el campo plano para compensar las variaciones

espaciales en tu iluminación. SpectrononPro cuenta con el calibrado de la imagen para el procesamiento de datos (Resonon, 2016)

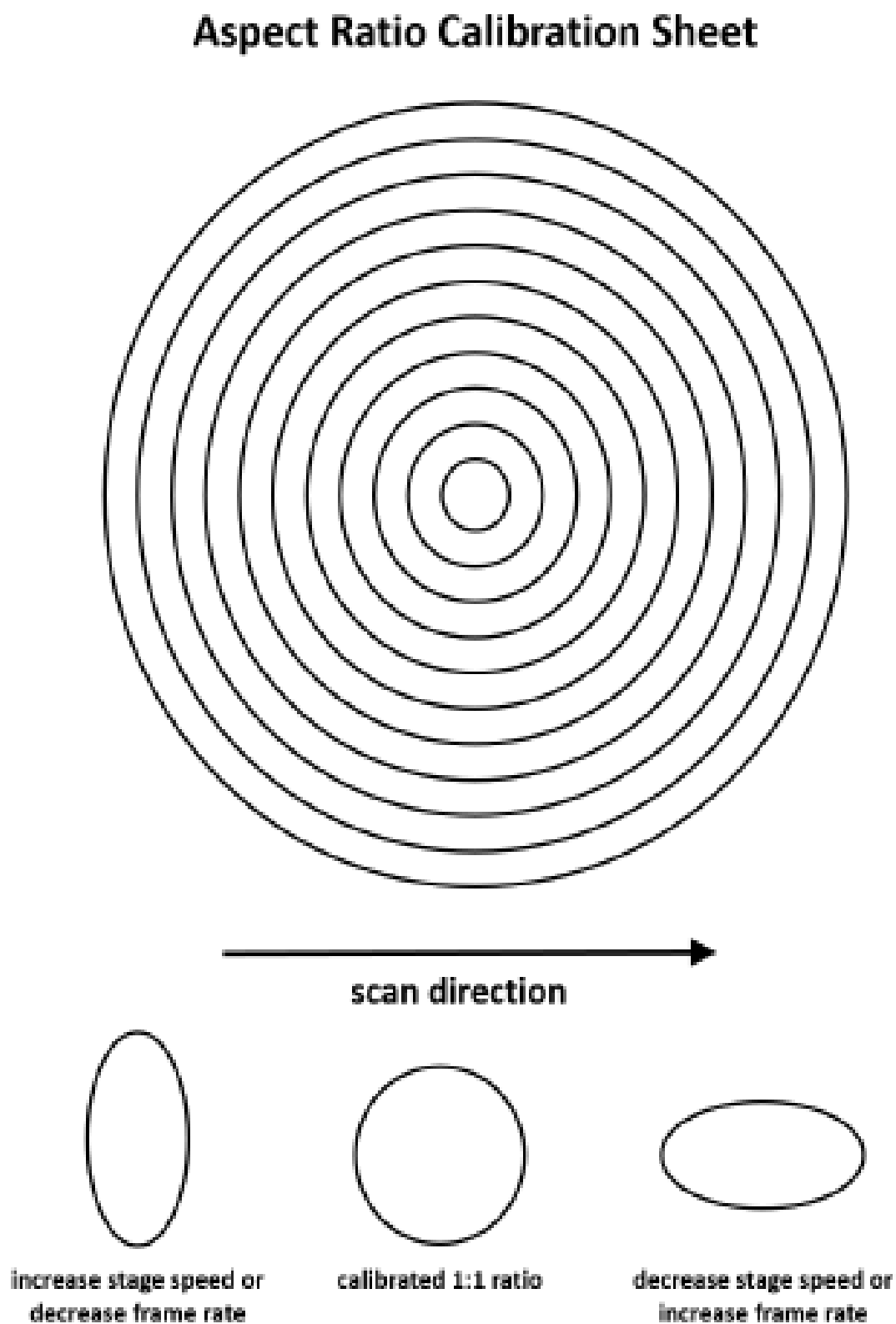


Figura 22. Hoja de Calibración. Recuperado de (Resonon, 2016).

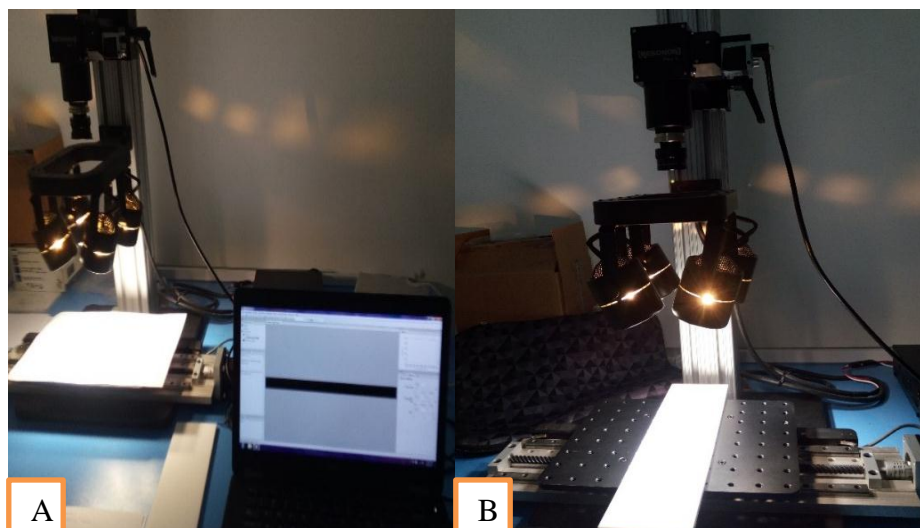


Figura 23. Calibración de la Imagen de la Cámara Hiperespectral. (A) Imagen oscura obtenida cubriendo completamente la lente con su tapa negra opaca; (B) Imagen de referencia blanca (teflón). Elaboración propia (2018).

Escaneo y almacenamiento de cubos de datos

Se tomaron imágenes hiperespectrales (cubos) de 384 a 1011 nm de longitud de onda a intervalos de 10 nm (60 bandas espectrales) y se registraron los cubos de datos de cada muestra a través del programa SpectrononPro. La imagen del datacube se almacena en formato bil (Resonon, 2016).

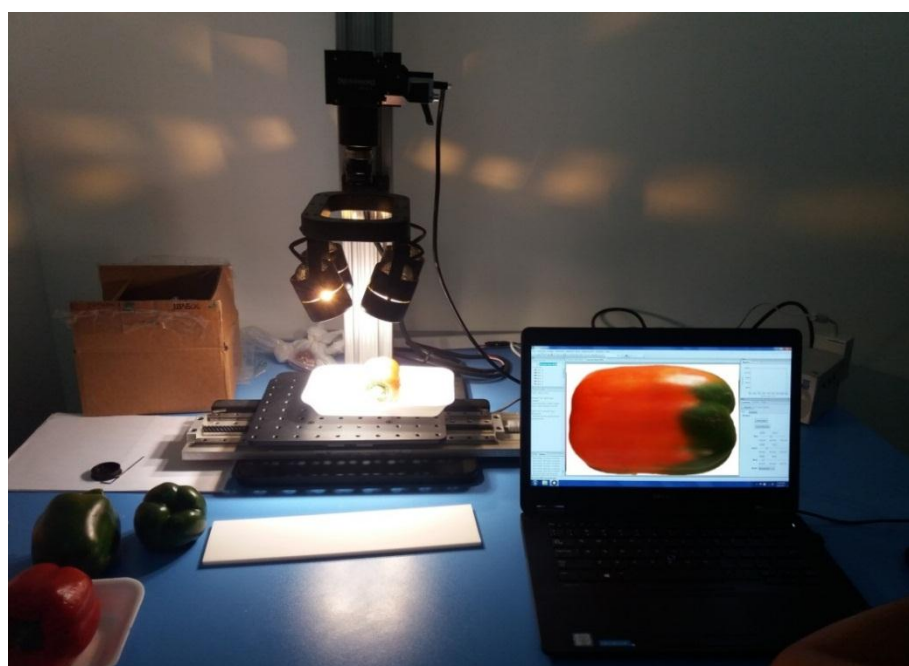


Figura 24. Escaneo de la imagen del pimiento morrón. Elaboración propia (2018).

Identificación de la región de interés (ROI)

Seleccionar las regiones de interés (ROI) es importante para extraer espectros con características de los objetos probados. El proceso de segmentación de imágenes se define como la extracción de objetos importantes (llamada ROI) de una imagen de entrada. La segmentación es el primer paso crítico en el procesamiento de imágenes hiperespectrales. Los espectros extraídos de ROI se promedian para cada muestra. Las mismas rutinas se repiten para todas las muestras probadas y se guardan en un dato matriz espectral (X) (Resonon, 2016)

Es útil considerar un grupo de píxeles dentro de la imagen. Las herramientas de ROI habilitan esta capacidad y proporcionan un número de opciones, la herramienta ROI se usa a menudo en la clasificación de diferentes objetos dentro de una imagen hiperespectral.

Para seleccionar una Región de interés (ROI), seleccione la herramienta de marquesina, lazo o relleno de inundación (varita) desde la barra de menú. Haga clic y arrastre un rectángulo de interés con la herramienta Marco o haga clic y arrastre cualquier forma cerrada con el lazo; la herramienta de inundación se puede utilizar para seleccionar una región contigua de píxeles espectralmente similares. Después de seleccionar un área, haga clic derecho para mostrar un menú emergente con varias opciones. Mantener el control mientras selecciona los ROI le permite anexar a la selección existente (Resonon, 2016).

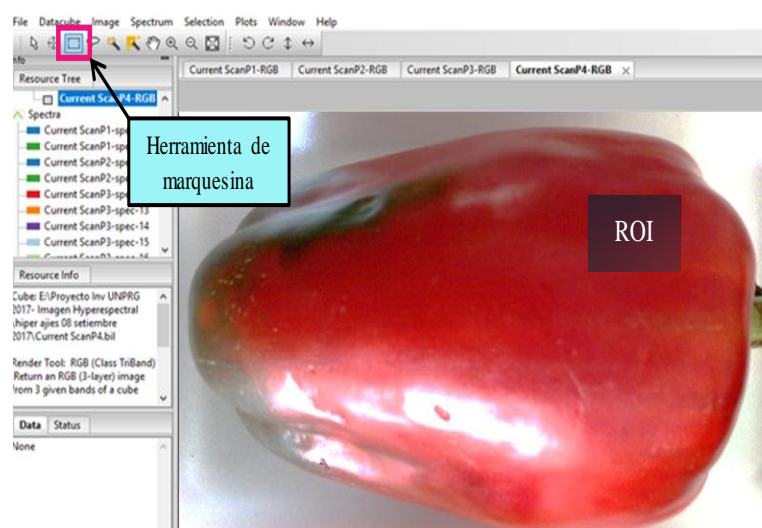


Figura 25. Selección de la región de interés (ROI) de una muestra de pimiento morrón. Elaboración propia (2018).

Extracción de datos espectrales del pimiento morrón

Una de las opciones de selección más útiles es el espectro medio. Al seleccionar la opción de espectro medio se calcula el espectro medio de todos los píxeles dentro del área de ROI seleccionado y trazando el resultado en el trazador espectral.

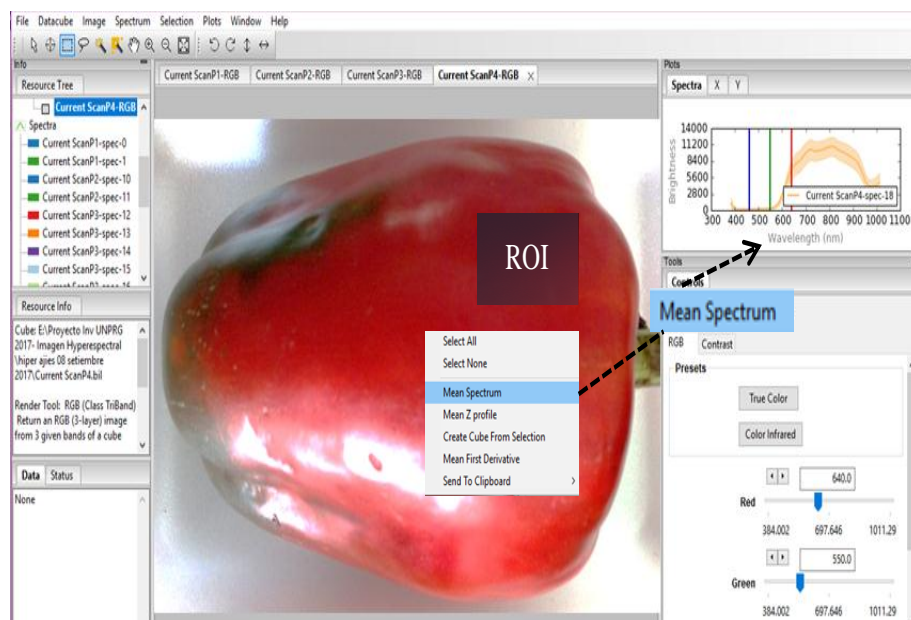


Figura 26. Espectro medio de la muestra del pimiento morrón. Elaboración propia (2018).

Procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos, la luminosidad fue convertida a reflectancia utilizando el factor de la escala de reflectancia = 10 000, y se obtuvo los perfiles espectrales de las muestras de pimiento morrón en un rango visible de 380 a 750 nm de longitud de onda, se determinó el espectro promedio para encontrar el índice de carotenoides en cada región de interés utilizando el Software SpectronPro.

2.4.2.2 *Análisis de Carotenoides y Clorofila*

Empacado

Luego de haber realizado la toma de las imágenes, las muestras se colocan en bandejas de poliestireno, cubiertas con film.

Congelado

Se almacena en un congelador a -20°C hasta su envío para la liofilización.

Liofilizado

Las muestras se llevaron al laboratorio de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión en la ciudad de Huacho, las mismas que deberán ser retiradas las semillas antes del proceso de liofilizado.

Las muestras congeladas se trasladaron en una caja de poliestireno con gel refrigerante no tóxico, para evitar que las muestras sean descongeladas, y mantener así sus componentes carotenoides.

De cada una de las muestras de Pimiento Morrón congeladas a -20°C se corta manualmente la parte correspondiente a la imagen adquirida con la cámara hiperspectral y se liofiliza (secado en frío) en el liofilizador (BioBase, MO, USA), para evitar perder los carotenoides así como la clorofila que está presente en la muestra.



Figura 27. Liofilizador BioBase. Elaboración propia (2018).

Molienda

Las muestras liofilizadas se muelen con la finalidad de tener las partículas uniforme para los análisis respectivos.

Empacado

Las muestras liofilizadas son higroscópicas, por lo tanto, se debe tener en cuenta el empacado inmediato para no captar humedad.

Rotulado

Las muestras son rotuladas para poder identificarlas fácilmente.

Almacenado

Las muestras se almacenan en congelación a -20 °C hasta la medición de sus componentes químicos.

Extracción

Las muestras de ajíes liofilizadas se extrajeron en metanol al 100% (10 mg/mL) en agitación constante a 1400 rpm x 15 minutos a temperatura ambiente. Seguidamente los extractos crudos se centrifugaron a 10 000g x 2 min a 4°C. Los sobrenadantes se colectaron y almacenaron a -20°C hasta su análisis.

Cuantificación de carotenoides y clorofila

El contenido de clorofila y carotenoides totales se determinaron por espectrofotometría adaptado a un lector de placa multipocillos Synergy HT Multi-Mode Microplate Reader (Biotek, Rochester, VT, USA) (Lichtenthaler, 1987). Los espectros de absorción de 200 µL de los extractos se adquirieron en el rango de 400-800 nm a intervalos de 1 nm. Los espectros se deconvolucionaron empleado un procedimiento residual usando una línea base linear, suavizado con un filtro FFT y el modelo de Gauss (Kupper *et al.*, 2007) (Thrane, 2015) del programa estadístico PeakFit v.4.12 software (Systat Software, Inc., USA). El contenido de clorofila (a, b y total) y el total de carotenoides se calcularon usando las ecuaciones 1-4 (Lichtenthaler, 1987) y las absorbancias obtenidas de los espectros deconvolucionados.

$$C_a = 16,72A_{665.2\text{ nm}} - 9,16A_{652.4\text{ nm}} \quad (1)$$

$$C_b = 34,09A_{652.4\text{ nm}} - 15,28A_{665.2\text{ nm}} \quad (2)$$

$$C_T = C_a + C_b \quad (3)$$

$$Car_T = \frac{1000A_{470\text{ nm}} - 1,63C_a - 104,96C_b}{221} \quad (4)$$

Dónde:

C_a , C_b y C_T son los contenidos de clorofila a, b y total en mg/mL, respectivamente; Car_T es el contenido de carotenoides totales en mg/mL. A es la absorbancia.

2.4.2.3 *Análisis físico químico*

Los métodos de análisis físicos químicos, que se emplearon para el desarrollo de la investigación son las siguientes:

Tabla 15

Métodos de determinación físico químico de la materia prima

Nombre	Métodos / Instrumento
Sólidos solubles	Refractómetro
pH	AOAC 935.15:1980
Acidez titulable	AOAC 950.05:1984

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Las mediciones de sólidos solubles, pH y acidez titulable se realizaron a las muestras frescas, después de la toma de imágenes hiperespectrales.

Medición de sólidos solubles

La medición de los sólidos solubles totales (SST) en las muestras se realizó utilizando el refractómetro portátil.

Medición del pH

La medición del pH de las muestras se realizó siguiendo el método AOAC 935.15:1980, utilizando un pH-metro digital.

Medición de la acidez titulable

La medición de acidez se realizó por titulación de neutralización, según el método AOAC 950.05:1984, utilizando fenolftaleína como indicador e hidróxido de sodio 0.1N como solución titulante. Para determinar el porcentaje de ácidos totales se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%Acidez = \frac{(A \times B \times C)}{D} \times 100$$

Dónde:

A= Normalidad del NaOH

B= Peso mili equivalente del ácido predominante (ácido cítrico= 0,192 g /mEq)

C= Volumen en mililitros del álcali usado

D= Peso de la muestra en gramos.

Medición del índice de madurez

La medición del índice de madurez se realizó mediante la relación entre los sólidos solubles totales y el porcentaje de acidez total titulable de las muestras.

2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

De los seis espectros promedios obtenidos de cada una de las muestras de pimienta morrón en el rango espectral visible de 384 a 704,5 nm de longitud de onda correspondientes a 32 bandas espectrales que se utilizaron para cuantificar el índice espectral (Carotenoides Reflectance Index - CRI2).

Se aplicó la correlación de Pearson para verificar la correlación entre los parámetros analizados: Índice de Carotenoides (CRI2) con los componentes fisicoquímicos y con los parámetros de calidad, estableciendo valores de significación en $P < 0.05$ y $P < 0.01$ y la influencia del estado de madurez en el Índice de Carotenoides (CRI2) se evaluó mediante un análisis de varianza y la significancia al 95% utilizando el software IBM SPSS Statistics versión 24.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 ESTUDIO DE LOS CINCO GRADOS DE MADUREZ DEL PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum*) MEDIANTE EL USO DE IMAGEN HIPERESPECTRAL

En la siguiente figura 28 (A), observamos que en el pimiento morrón verde la reflectancia va aumentando a partir de 500 nm hasta llegar a un punto máximo de reflectancia de 0,138 nm a una longitud de onda de 557 nm, a medida que el fruto cambia de color debido a la maduración, la reflectancia va disminuyendo hasta llegar a 0.038 en la misma longitud de onda en el pimiento morrón rojo (Figura 28 (E)).

Así mismo observamos en el pimiento morrón verde (Figura 28 (A)) que el valor de la reflectancia a 620 nm de longitud de onda es 0,067, a medida que el fruto madura se puede notar el incremento de la reflectancia hasta llegar a valores de 1,258 a 750 nm de longitud de onda en el pimiento morrón rojo (Figura 28 (E)).

Los tres componentes Red (R), Green (G) y Blue (B) engendran un espacio de color conocido como el espacio RGB. La 'Comision Internacional de Iluminacion' CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) asigno en 1931 la norma: rojo = 700 nm, verde = 546,1 nm y azul = 435,8 nm (Alvarado, 2012).

Esto significa que en el ojo humano, la percepción de color es posible por la presencia de tres tipos de conos, para longitudes de onda largas (rojo, 65%), medias (verde, 33%) y cortas (azul, 2%) (Alvarado, 2012).

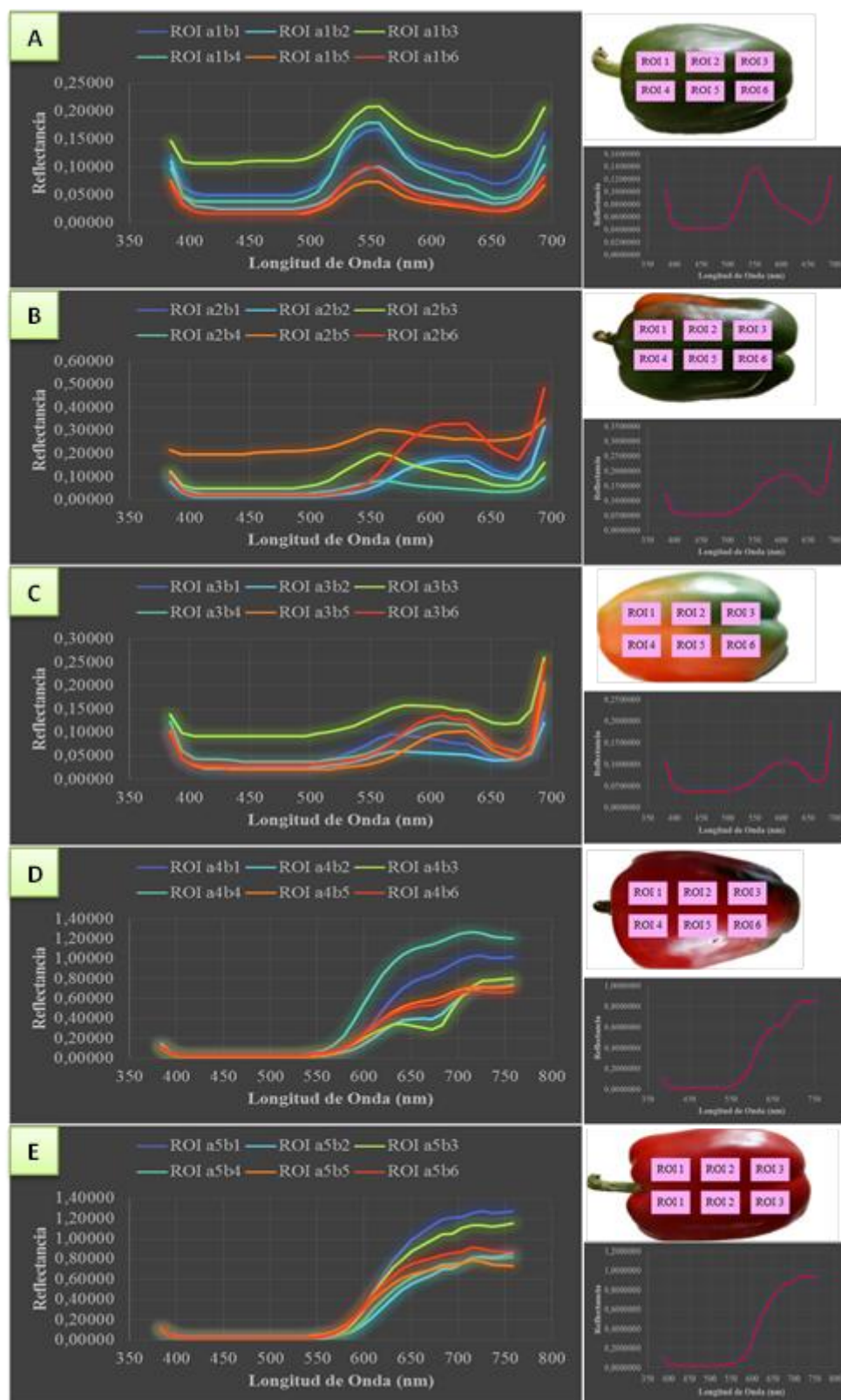


Figura 28. Variación de la Reflectancia en función de las Bandas Espectrales. (A) Firma Espectral de las 6 regiones de Pimiento Morrón 100% verde (a1); (B) Firma Espectral de las 6 regiones de Pimiento Morrón 90% - 70% verde (a2); (C) Firma Espectral de las 6 regiones de Pimiento Morrón 60% - 40% verde (a3); (D) Firma Espectral de las 6 regiones de Pimiento Morrón 30% - 10% verde (a4); (E) Firma Espectral de las 6 regiones de Pimiento Morrón 100% Rojo (a5). Elaboración propia (2018).

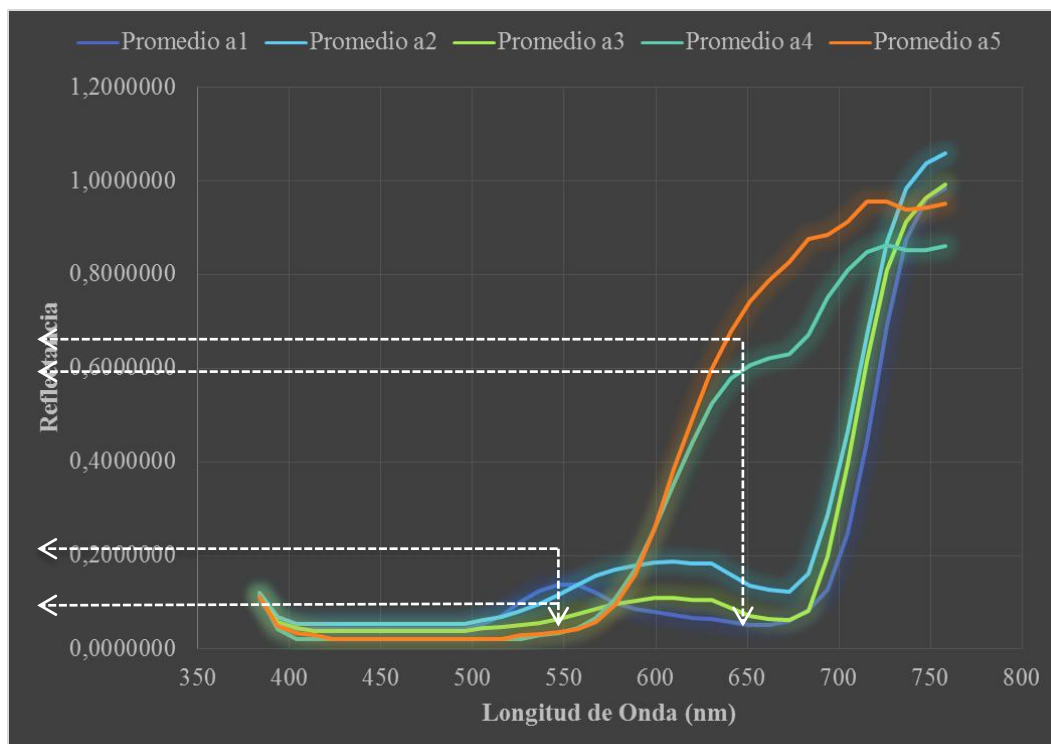


Figura 29. Promedio de las firmas espectrales de las cinco muestras de Pimiento morrón. Elaboración propia (2018).

La figura 29 presenta el promedio de las firmas espectrales de reflectancia en base a la longitud de onda del Pimiento Morrón, durante la evolución del estado de madurez. En esta gráfica podemos notar lo descrito anteriormente en la figura 28, la curva color azul en la figura 29 representa el promedio de la firma espectral del pimiento morrón verde (a1), donde la reflectancia es mayor que las demás muestras en la longitud de onda de 550 nm, a medida que el fruto madura, la reflectancia en la misma longitud de onda disminuye (muestra a5). Mientras que en las curvas color verde y naranja (muestra a4 y a5), la reflectancia aumenta a partir de 620 nm.

3.2 COMPONENTES FISICOQUÍMICOS pH, SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES, ACIDEZ TITULABLE E ÍNDICE DE MADUREZ DE CINCO GRADOS DE MADUREZ DE PIMIENTO MORRÓN

Tabla 16

Análisis físico químico de cinco grados de madurez de Pimiento Morrón

MUESTRAS	pH	°BRIX	%ACIDEZ	IM
a1	5,50	5,30	0,10	53,00
a2	5,46	5,50	0,13	42,00
a3	5,37	6,00	0,15	40,00
a4	5,30	6,20	0,17	36,00
a5	5,20	7,00	0,21	33,00

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

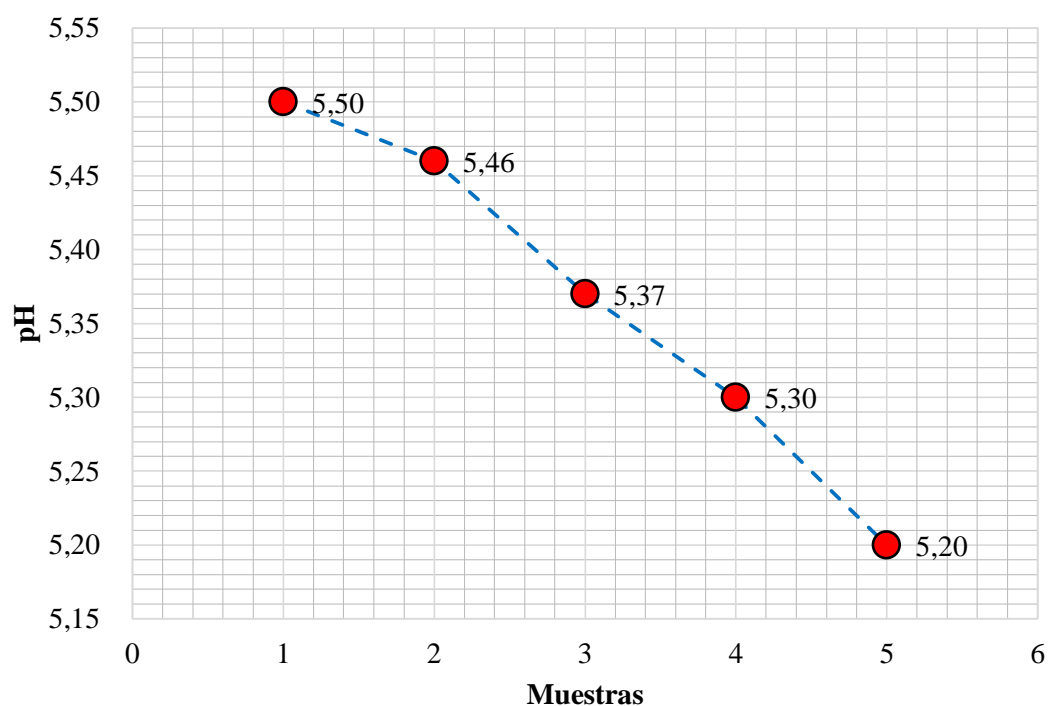


Figura 30. Evolución del pH en los cinco grados de madurez de Pimiento Morrón. Elaboración propia (2018).

En la figura 30 se observa que a medida que aumenta el grado de madurez de las muestras de pimiento morrón, el pH disminuye desde 5,50 en el pimiento morrón 100% verde hasta 5,20 en el pimiento morrón 100% rojo. Coincidiendo con (Sancho y Navarro, 1962) quienes indican que durante el crecimiento de los frutos (pimientos verdes), desde el tamaño pequeño hasta el máximo del desarrollo de los pimientos, el pH varía desde 5,30 hasta 6,30 y el pH de los pimientos completamente rojos es de 5,00 hasta 5,20.

El pH se comporta de acuerdo a la variación en la acidez titulable, ya que aumenta cuando la acidez desciende y/o viceversa, lo cual ha sido reportado para algunos frutos (Tucker, 1993), y en general este comportamiento se observó en las muestras del pimiento morrón. La disminución o aumento en pH de los frutos, se atribuye al menor o mayor contenido de ácidos orgánicos presentes en forma ionizada en el tejido vegetal (Salisbury y Ross, 1994).

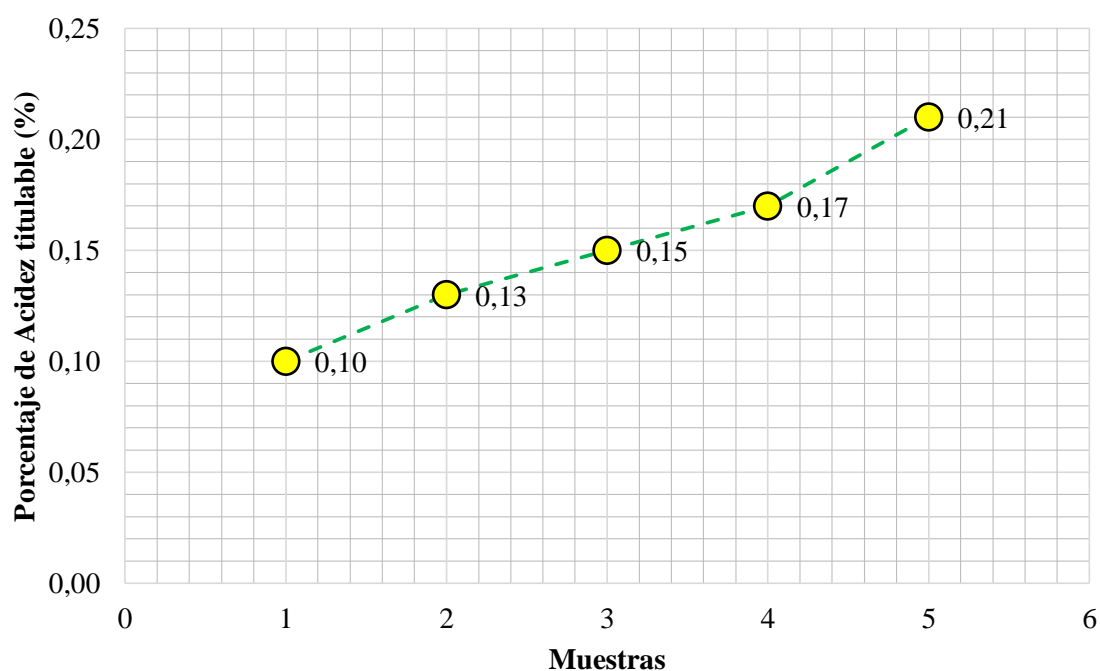


Figura 31. Evolución de la Acidez titulable en los cinco grados de madurez de Pimiento Morrón.

Elaboración propia (2018).

En la figura 31 se puede apreciar que el porcentaje de acidez titulable (%) aumenta conforme avanza la maduración, varía desde 0,10 en pimiento 100% verde hasta 0,21 en pimiento 100% rojo. (Peñuela, 2004) Exterioriza que la disminución de acidez de los

frutos se debe a la utilización de ácidos orgánicos durante la respiración o su conversión en azúcares.

Las variables de pH e índice de acidez están estrechamente relacionadas, cuando el pH del jugo del pimiento morrón es ácido, nos indica que habrá más presencia de ácidos orgánicos en el fruto, y por consecuencia cuando el pH es más bajo, el nivel de índice de acidez será mayor y/o viceversa (Hernandez y Fuentes, 2010).

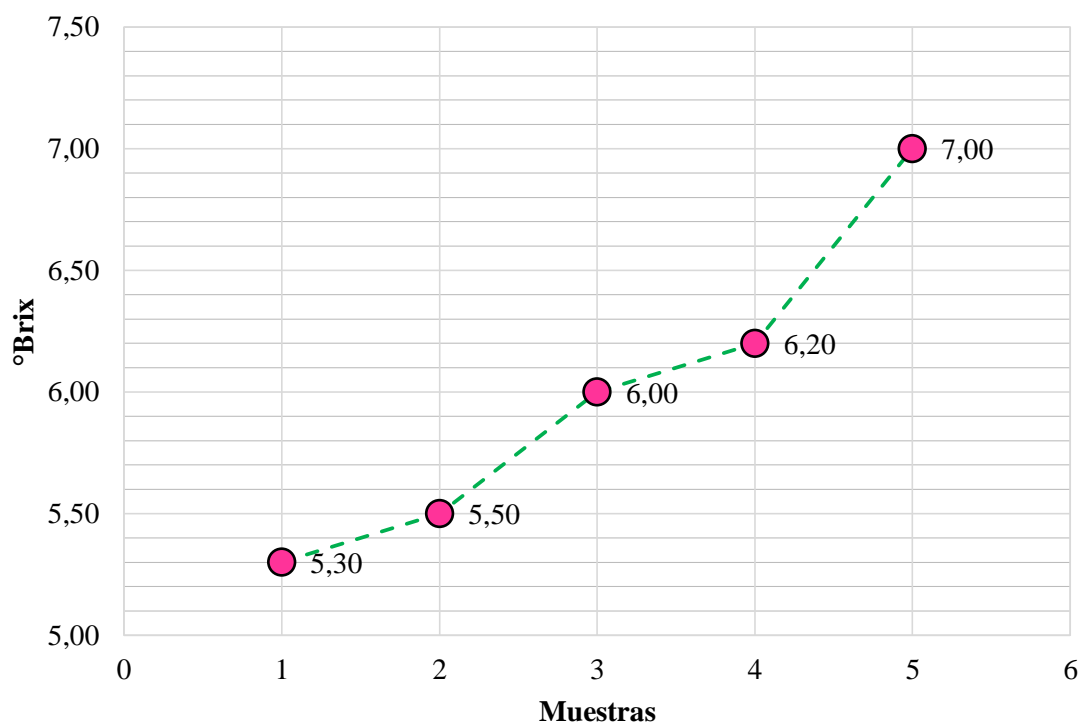


Figura 32. Evolución de ° Brix en los cinco grados de madurez de Pimiento Morrón. Elaboración propia (2018).

En la figura 32 se observa que los sólidos solubles totales incrementan conforme avanza la maduración, por lo tanto, el pimiento morrón al 100% rojo presenta más contenido de sólidos solubles totales. Coincidiendo con (Castro *et al.*, 2011) quienes reportaron datos de sólidos solubles totales del pimiento morrón, con valor de 4,80 °Brix, mientras que (Rao *et al.*, 2011) determinaron valores que oscilaron entre 2,90 y 5,80 °Brix, que se encuentran relacionados principalmente con los carbohidratos contenidos en el jugo obtenido del fruto, así como de los minerales disueltos.

Así mismo (Pedraza, 2014), nos indica que este incremento de los sólidos solubles totales es debido a la morfología de la planta del pimiento morrón, su sistema radicular

es exigente a la humedad del suelo y un exceso de humedad reduce el contenido de sólidos solubles totales. La intensidad de luz percibida por las plantas, produce un incremento en la cantidad de azúcares solubles, y también un incremento en ácido ascórbico.

Hustik (2015), menciona que los valores °Brix representan un estimado del contenido de azúcar en los frutos, también menciona que, a menor contenido de agua, mayor será el valor en grados Brix y menos energía se requerirá para eliminar el agua en alimentos procesados.

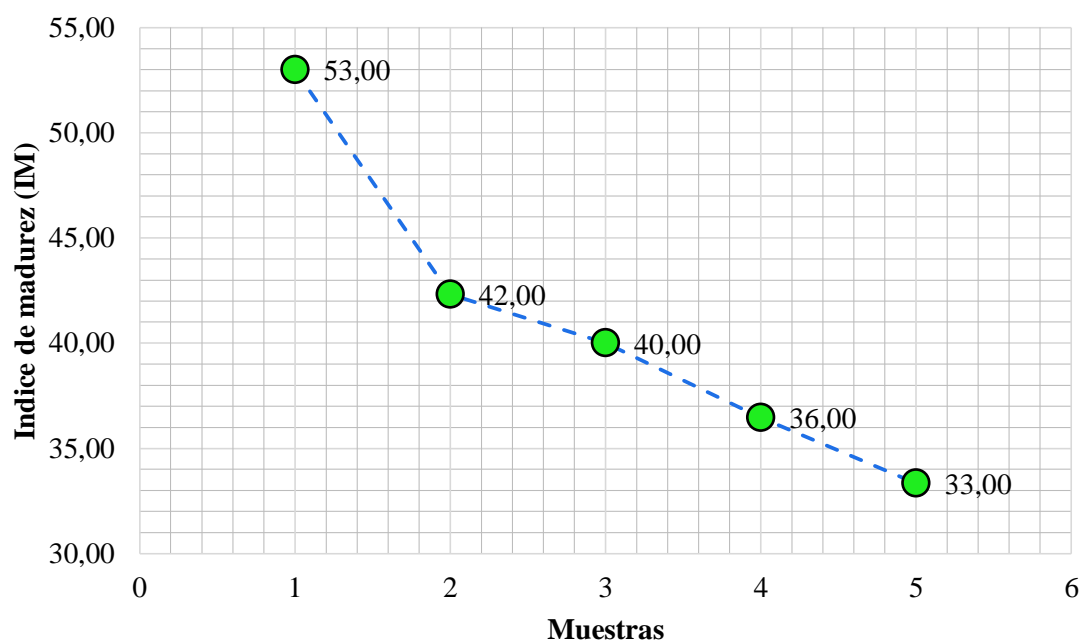


Figura 33. Evolución del Índice de madurez en los cinco grados de madurez de Pimiento Morrón.
Elaboración propia (2018).

En la figura 33 se logra observar que disminuye el índice de madurez en las muestras de pimiento morrón, variando los valores desde 53,00 en el pimiento morrón 100% verde hasta 33,00 en el pimiento morrón % rojo.

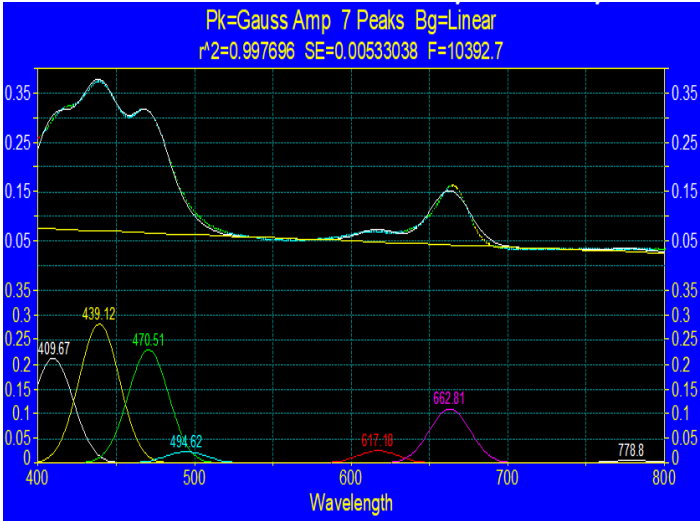
3.3 PARÁMETROS DE CALIDAD: CAROTENOIDES TOTALES Y CLOROFILA

Tabla 17

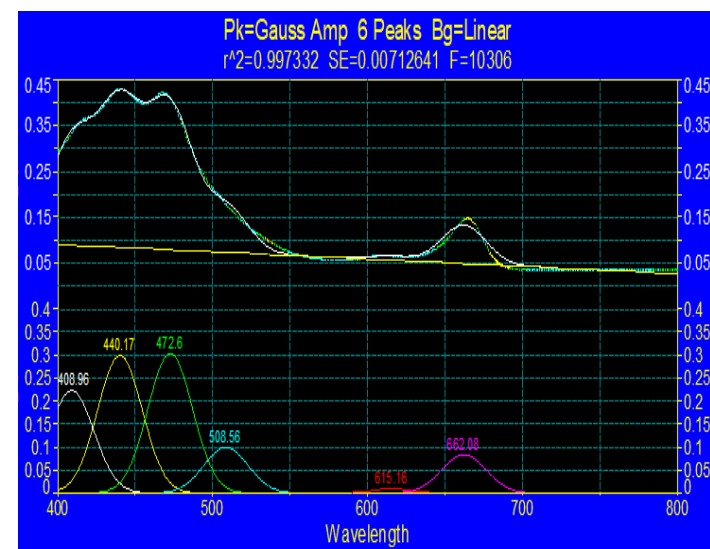
Determinación de Carotenoides totales y Clorofila en las muestras de Pimiento Morrón

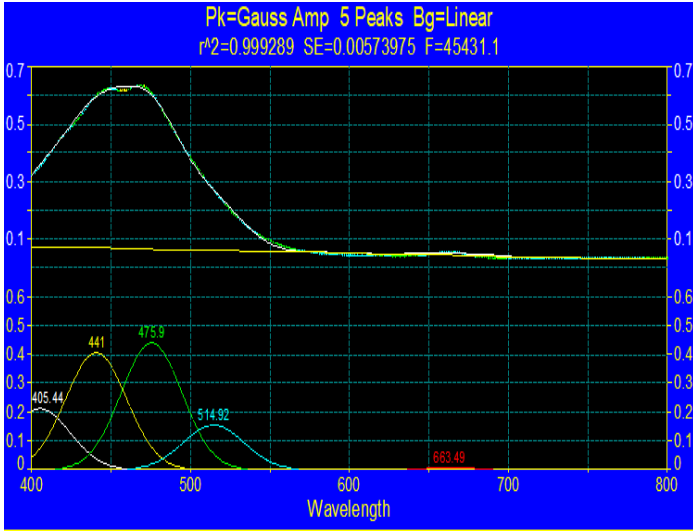
M	Rep	Peak (nm)	Abs	Concentración (mg/ml)				Concentración (mg/g)				Gráficas de deconvolución
				Clorofila a	Clorofila b	Total de clorofila	Total de carotenoides	Clorofila a	Clorofila b	Total de clorofila	Total de carotenoides	
a1	R1	471,5	0,248									
		652,4	0,000	1,495	0,000	1,495	0,671	148,057	0,000	148,057	66,418	
		662,9	0,148									
	R2	469,2	0,293									
		652,4	0,000	1,760	0,000	1,760	0,790	174,281	0,000	174,281	78,256	
		663,9	0,175									
	R3	469,2	0,294									
		652,4	0,000	1,762	0,000	1,762	0,794	176,222	0,000	176,222	79,358	
		663,6	0,175									
	R4	470,1	0,310									
		652,4	0,000	1,814	0,000	1,814	0,839	181,368	0,000	181,368	83,883	
		663,1	0,180									
Promedio				1,708	0,000	1,708	0,773	169,982	0,000	169,982	76,978	
SD				0,144	0,000	0,144	0,072	14,920	0,000	14,920	7,450	

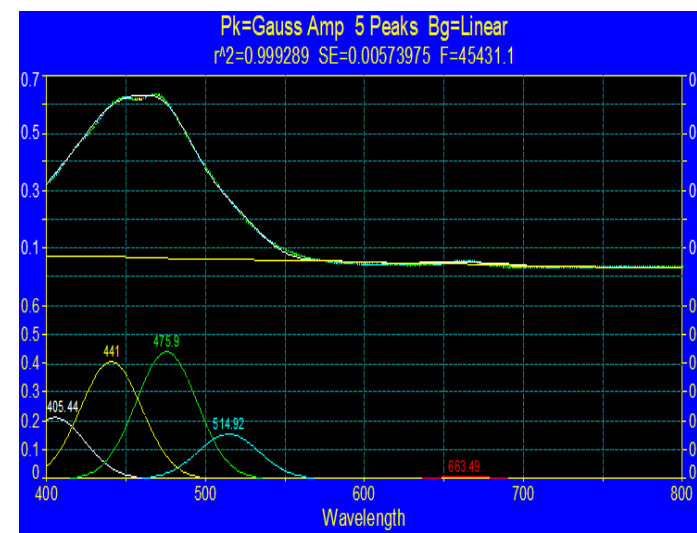
Pk=Gauss Amp 7 Peaks Bg=Linear
r^2=0.997696 SE=0.00533038 F=10392.7

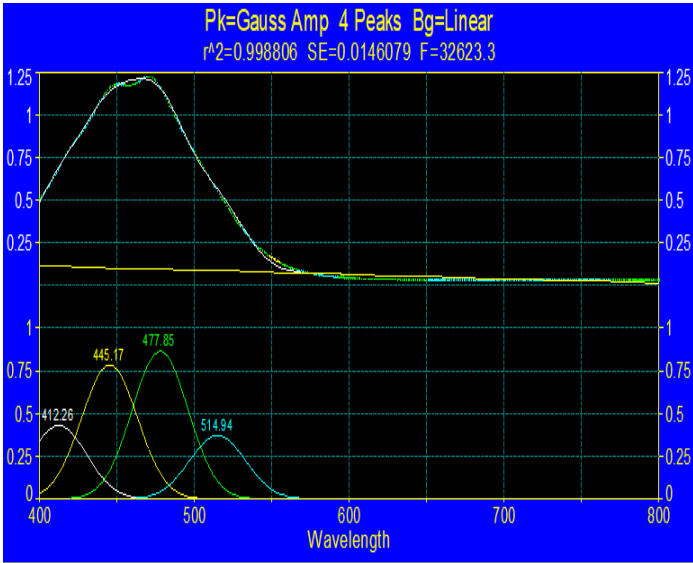


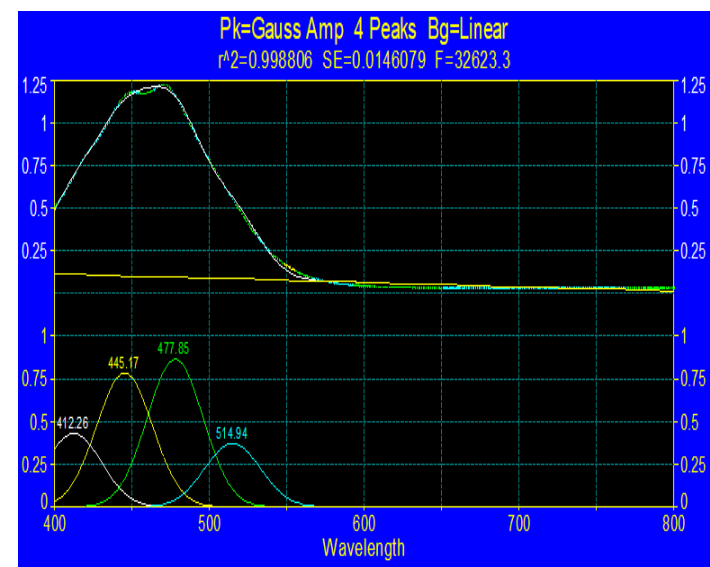
M	Rep	Peak (nm)	Abs	Concentración (mg/ml)				Concentración (mg/g)				Gráficas de deconvolución
				Clorofila a	Clorofila b	Total de clorofila	Total de carotenoides	Clorofila a	Clorofila b	Total de clorofila	Total de carotenoides	
a2		470,5	0,230									
	R1	652,4	0,000	1,110	0,000	1,110	0,622	109,863	0,000	109,863	61,602	
		662,8	0,110									
		470,7	0,270									
	R2	652,4	0,000	1,271	0,000	1,271	0,730	125,862	0,000	125,862	72,326	
		662,6	0,126									
		470,4	0,268									
	R3	652,4	0,000	1,288	0,000	1,288	0,724	128,821	0,000	128,821	72,440	
		662,8	0,128									
		468,7	0,287									
	R4	652,4	0,000	1,358	0,000	1,358	0,776	135,768	0,000	135,768	77,624	
		664,5	0,135									
	Promedio			0,502	0,000	1,257	0,713	125,078	0,000	125,078	70,998	
	SD			1,478	0,000	0,105	0,065	10,960	0,000	10,960	6,734	

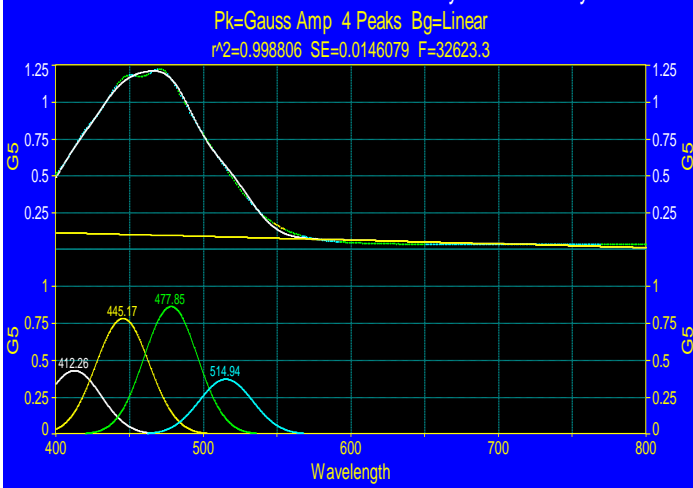


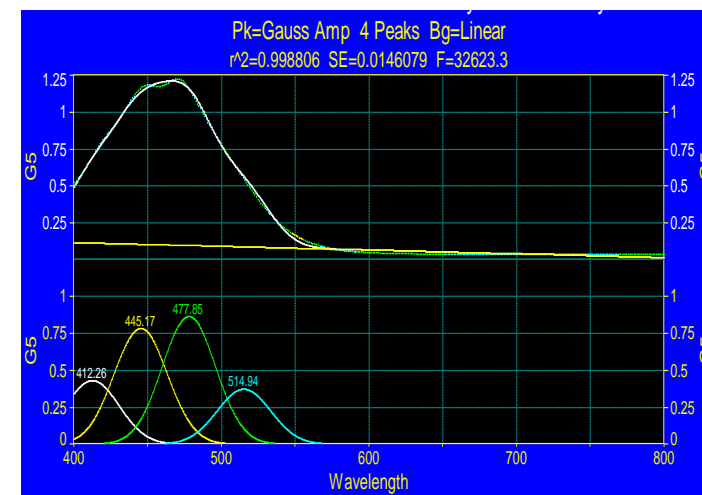
M	Rep	Peak (nm)	Abs	Concentración (mg/ml)				Concentración (mg/g)				Gráficas de deconvolución
				Clorofila a	Clorofila b	Total de clorofila	Total de carotenoides	Clorofila a	Clorofila b	Total de clorofila	Total de carotenoides	
a3	R1	472,6	0,304									
		652,4	0,000	0,840	0,000	0,840	0,825	81,568	0,000	81,568	80,124	
		662,1	0,083									
	R2	472,3	0,293									
		652,4	0,000	0,874	0,000	0,874	0,794	84,826	0,000	84,826	77,122	
		662,2	0,087									
	R3	472,3	0,293									
		652,4	0,000	0,874	0,000	0,874	0,794	84,826	0,000	84,826	77,122	
		662,2	0,087									
	R4	472,5	0,293									
		652,4	0,000	0,839	0,000	0,839	0,796	81,496	0,000	81,496	77,256	
		662,2	0,083									
	Promedio			0,857	0,000	0,857	0,802	83,179	0,000	83,179	77,906	
	SD			0,020	0,000	0,020	0,015	1,902	0,000	1,902	1,480	



M	Rep	Peak (nm)	Abs	Concentración (mg/ml)				Concentración (mg/g)				Gráficas de deconvolución
				Clorofila a	Clorofila b	Total de clorofila	Total de carotenoides	Clorofila a	Clorofila b	Total de clorofila	Total de carotenoides	
a4	R1	475,9	0,439									
		652,4	0,000	0,083	0,000	0,083	1,196	8,232	0,000	8,232	118,455	
		663,5	0,008									
	R2	471,6	0,513									
		652,4	0,000	0,106	0,000	0,106	1,400	10,543	0,000	10,543	138,638	
		663,4	0,011									
	R3	471,6	0,517									
		652,4	0,000	0,104	0,000	0,104	1,410	10,153	0,000	10,153	138,203	
		663,9	0,010									
	R4	471,6	0,517									
		652,4	0,000	0,104	0,000	0,104	1,410	10,153	0,000	10,153	138,203	
		663,9	0,010									
Promedio				0,099	0,000	0,099	1,354	9,770	0,000	9,770	133,375	
SD				0,011	0,000	0,011	0,105	1,042	0,000	1,042	9,949	



M	Rep	Peak (nm)	Abs	Concentración (mg/ml)				Concentración (mg/g)				Gráficas de deconvolución
				Clorofila a	Clorofila b	Total de clorofila	Total de carotenoides	Clorofila a	Clorofila b	Total de clorofila	Total de carotenoides	
a5	R1	477,3	0,751									
		652,4	0,000	0,000	0,000	0,000	2,050	0,000	0,000	0,000	205,041	
		665,2	0,000									
	R2	477,3	0,751									
		652,4	0,000	0,000	0,000	0,000	2,050	0,000	0,000	0,000	205,041	
		665,2	0,000									
	R3	477,6	0,704									
		652,4	0,000	0,000	0,000	0,000	1,921	0,000	0,000	0,000	192,096	
		665,2	0,000									
	R4	476,0	0,689									
		652,4	0,000	0,000	0,000	0,000	1,880	0,000	0,000	0,000	188,038	
		665,2	0,000									
Promedio				0,000	0,000	0,000	1,976	0,000	0,000	0,000	197,554	
SD				0,000	0,000	0,000	0,088	0,000	0,000	0,000	8,803	



*Los resultados obtenidos se determinaron a partir de base seca de pimiento morrón.

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Tabla 18

Contenido de carotenoides totales y clorofila en las muestras de pimiento morrón.

Muestras	Parámetros de calidad	
	Carotenoides (mg/g)	Clorofila (mg/g)
a1	76,978	169,982
a2	70,998	125,078
a3	77,906	83,179
a4	133,375	9,770
a5	197,554	0,000

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

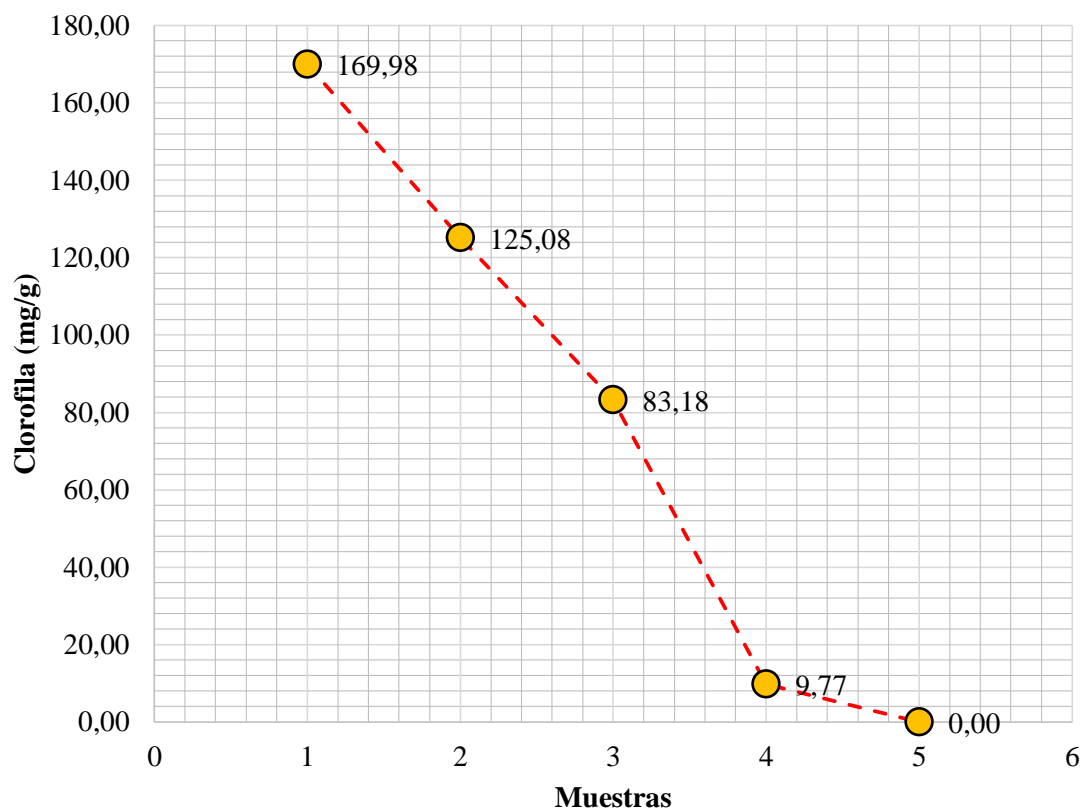


Figura 34. Evolución de la Clorofila (mg/g) en los cinco grados de madurez de Pimiento Morrón.

Elaboración propia (2018).

En la figura 34 se observa que la cantidad de clorofila disminuye conforme avanza la maduración desde 169,98 mg/g en pimiento 100% verde hasta 0,00 mg/g en pimiento 100% rojo. Los pimientos sufren un gran cambio de color durante la maduración debido a la variación en la concentración de pigmentos, lo que determina que en los frutos verdes existan principalmente clorofilas, mientras que en los frutos amarillos y rojos, se encuentran en mayor concentración los carotenoides (Figuroa *et al.* , 2015).

(Rajput y Parulekar, 1998) Indican que los pimientos dulces se caracterizan por su contenido alto de vitaminas, especialmente la vitamina A y C, pero también son fuente de β -caroteno. Los frutos verdes contienen clorofila a y clorofila b. En cambio, una vez avanzado su estado de madurez y dependiendo de la variedad, el contenido de estos pigmentos disminuye, favoreciendo la expresión de pigmentos rojos y amarillos.

Esto, debido a que a medida que avanza la madurez del fruto ocurre una degradación de la molécula de clorofila, que genera compuestos no coloreados, lo que hace que se expresen otros pigmentos como los carotenos, los cuales pueden dar al fruto una coloración desde amarilla hasta púrpura (Borovsky y Paran, 2008).

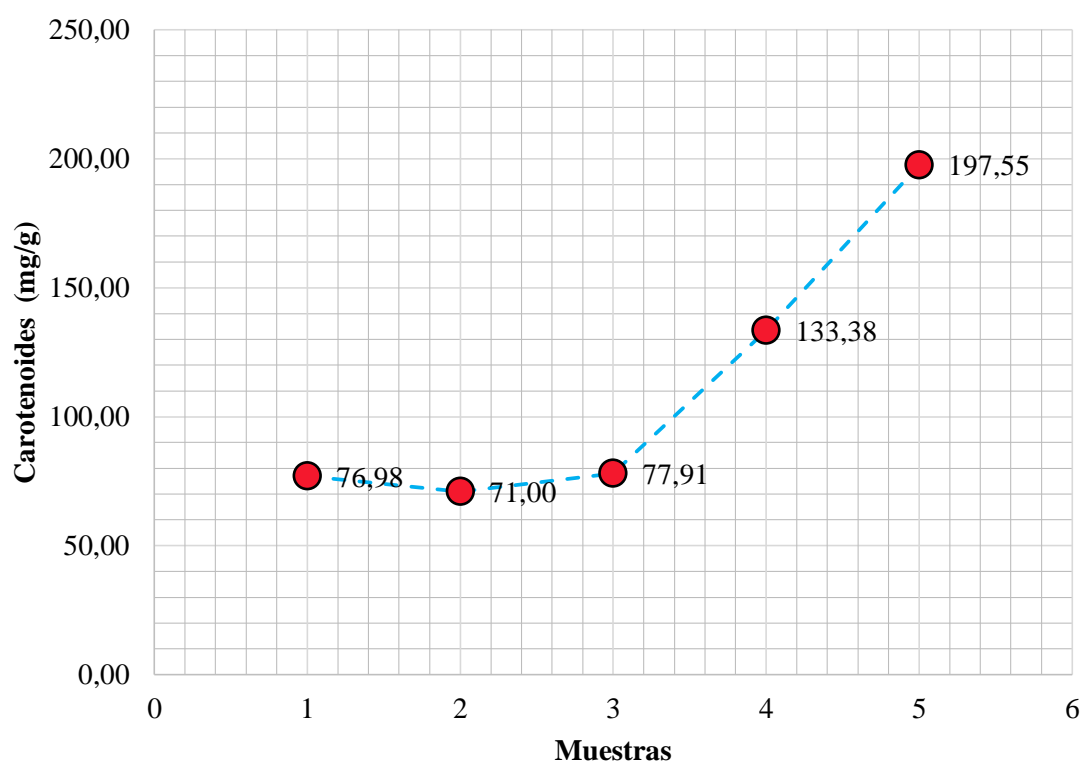


Figura 35. Evolución de los carotenoides (mg/g) en los cinco grados de madurez de Pimiento Morrón.
Elaboración propia (2018).

En la figura 35 se observa un incremento en los niveles de carotenoides en pimiento morrón 100% verde a pimiento 100% rojo. Conforme avanza la maduración desde 76,98 mg/g en pimiento 100% verde hasta 197,55 mg/g en pimiento 100% rojo. Los valores de carotenoides en los pimientos 100% rojos son muy superiores a los pimientos 100% verdes.

(Chávez *et al.*, 2000) indican que, en los pimientos rojos al avanzar la maduración se producen incrementos en el poder antioxidante de los frutos, así como también aumentan los contenidos de carotenoides totales, ácido ascórbico y fenoles totales, siendo los incrementos en los niveles de carotenoides totales los más importantes. En los frutos amarillos, se distinguen cambios muy reducidos en la capacidad antioxidante y en los niveles de carotenoides totales, fenoles totales y ácido ascórbico durante la maduración.

Así mismo (Fennema, 2000) indica que son varios los factores que afectan el contenido de carotenoides en las plantas, entre los cuales se pueden mencionar, los factores genéticos, el estadio de madurez del vegetal, su procesamiento y almacenamiento; factores ambientales como, la exposición a la luz (a mayor exposición mayor concentración de carotenoides), condiciones del cultivo y enfermedades de los vegetales.

3.4 ÍNDICE DE REFLECTANCIA DE CAROTENOIDES (CRI2)

Tabla 19

Índice de Reflectancia de Carotenoides (CRI2) en los cinco estados de madurez de Pimiento Morrón

Muestras	CRI2						PROM
	b1	b2	b3	b4	b5	b6	
a1	9,411	20,395	4,057	10,206	28,314	24,910	11,0
a2	53,101	62,989	9,772	25,604	2,220	38,586	13,0
a3	23,662	32,045	7,436	21,727	41,390	27,739	20,0
a4	42,808	43,506	48,888	29,256	58,214	30,860	40,0
a5	23,366	53,896	37,618	69,991	41,070	50,157	41,0

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

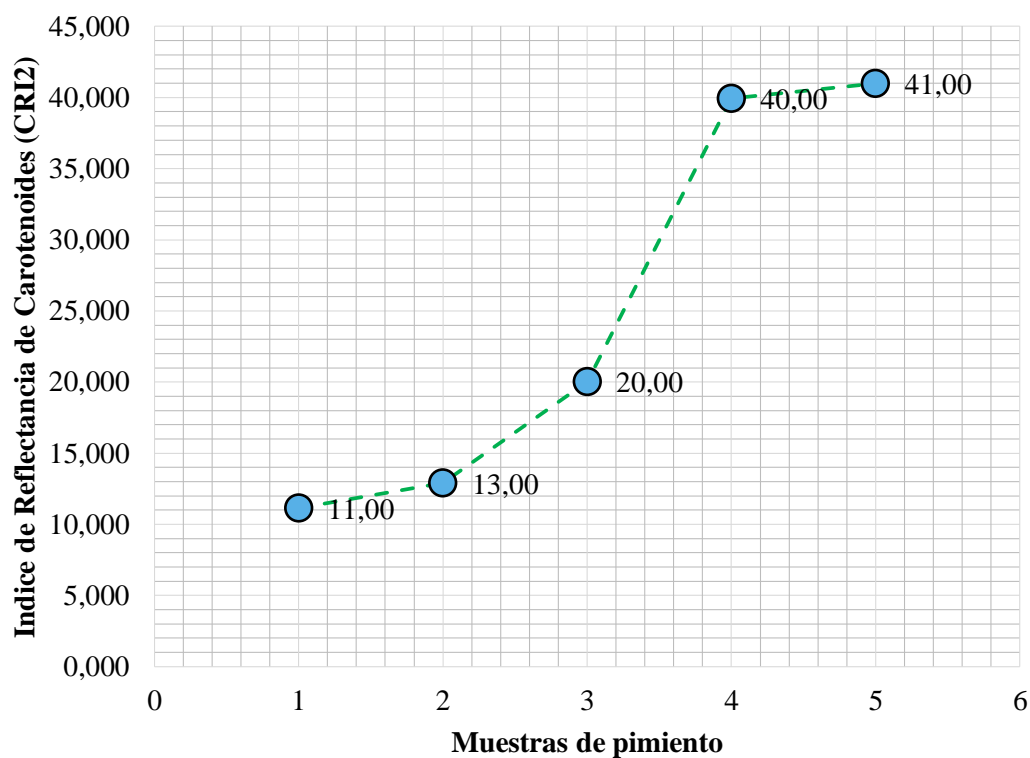


Figura 36. Evolución de la reflectancia de carotenoides de los cinco grados de madurez de pimiento morrón. Elaboración propia (2018).

En la figura 36 se observa un incremento en el Índice de Reflectancia de Carotenoides (CRI2), conforme avanza la maduración de un índice de 11,00 en pimiento 100% verde hasta un índice de 41,00 en pimiento 100% rojo; coincidiendo con (Gitelson, 2002), que indica que los valores del índice varía de 0 a más de 15, siendo el rango común para la vegetación verde de 1 a 11.

3.5 MODELO CIELAB*

Tabla 20

Resultado de las coordenadas L^ a^* b^* de cinco estados de madurez del Pimiento Morrón utilizando el Modelo CieLab de imágenes obtenidas mediante la aplicación COLOR LAB en un teléfono móvil XIAOMI – POCOPHONE F1*

Muestra	Repeticiones	L	a^*	b^*
a1	R1			
	R2	$34,800 \pm 0,455$	$-24,267 \pm 0,450$	$35,867 \pm 0,613$
	R3			
a2	R1			
	R2	$33,300 \pm 0,356$	$-20,333 \pm 0,450$	$36,767 \pm 0,386$
	R3			
a3	R1			
	R2	$31,000 \pm 0,082$	$12,233 \pm 0,450$	$33,700 \pm 0,163$
	R3			
a4	R1			
	R2	$36,800 \pm 0,163$	$44,533 \pm 0,519$	$31,867 \pm 0,205$
	R3			
a5	R1			
	R2	$35,933 \pm 1,302$	$44,833 \pm 0,634$	$24,467 \pm 0,801$
	R3			

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Utilizando el modelo matemático del color CieL*a*b, se ha tomado la imagen de cada una de las cinco muestras de pimiento morrón utilizando un celular XIAOMI – POCOPHONE F1 con doble cámara (cámaras traseras 12 megapíxeles + 5 megapíxeles) y cámara frontal (20 megapíxeles) con la Aplicación COLOR LAB para comparar la variación de color de rojo a verde.

En la tabla 20 se observan las coordenadas $L^*a^*b^*$ (espacio de color CIEL^{ab}) y en la figura 37 apreciamos las imágenes obtenidas del Pimiento morrón en cinco estados de madurez, en la coordenada a^* (verde – rojo) hubo una disminución de clorofila y un aumento del contenido total de carotenoides de muestras maduras, se puede observar una relación lineal de la variable a^* con carotenoides totales con un valor de $-24,267$ en el color verde a $44,833$ en el color rojo, por tanto conforme avanza la maduración del pimiento, este parámetro aumenta, pasando de valores bajos (verde), a valores más altos (rojo), debido a la degradación de la clorofila y al aumento progresivo de la concentración de carotenos en los cromoplastos (Gómez y Pardo, 1996). Los resultados obtenidos se debió a los diferentes tiempos de degradación de la clorofila en cada estado de madurez de los pimientos morrones, por su contenido y actividad de clorofilasas y la presencia de otras enzimas degradantes, o a la facilidad de degeneración de las estructuras cloroplásticas (Hornero y Minguez, 2002).

En la coordenada b^* (azul - amarillo), presentó valores de $35,867$ a $24,467$, indicando una coloración naranja, que indica el contenido de carotenoides en la muestra.

Respecto a los valores obtenidos para el parámetro L (luminosidad) presentó un valor de $34,800$ en el color verde (a_1) y $35,933$ en el color rojo (a_1), indicando la tendencia en la piel del fruto hacia colores claros, a medida que avanza la maduración. Los cambios de color están directamente relacionados con la temperatura e iluminación a la que está expuesto el vegetal.

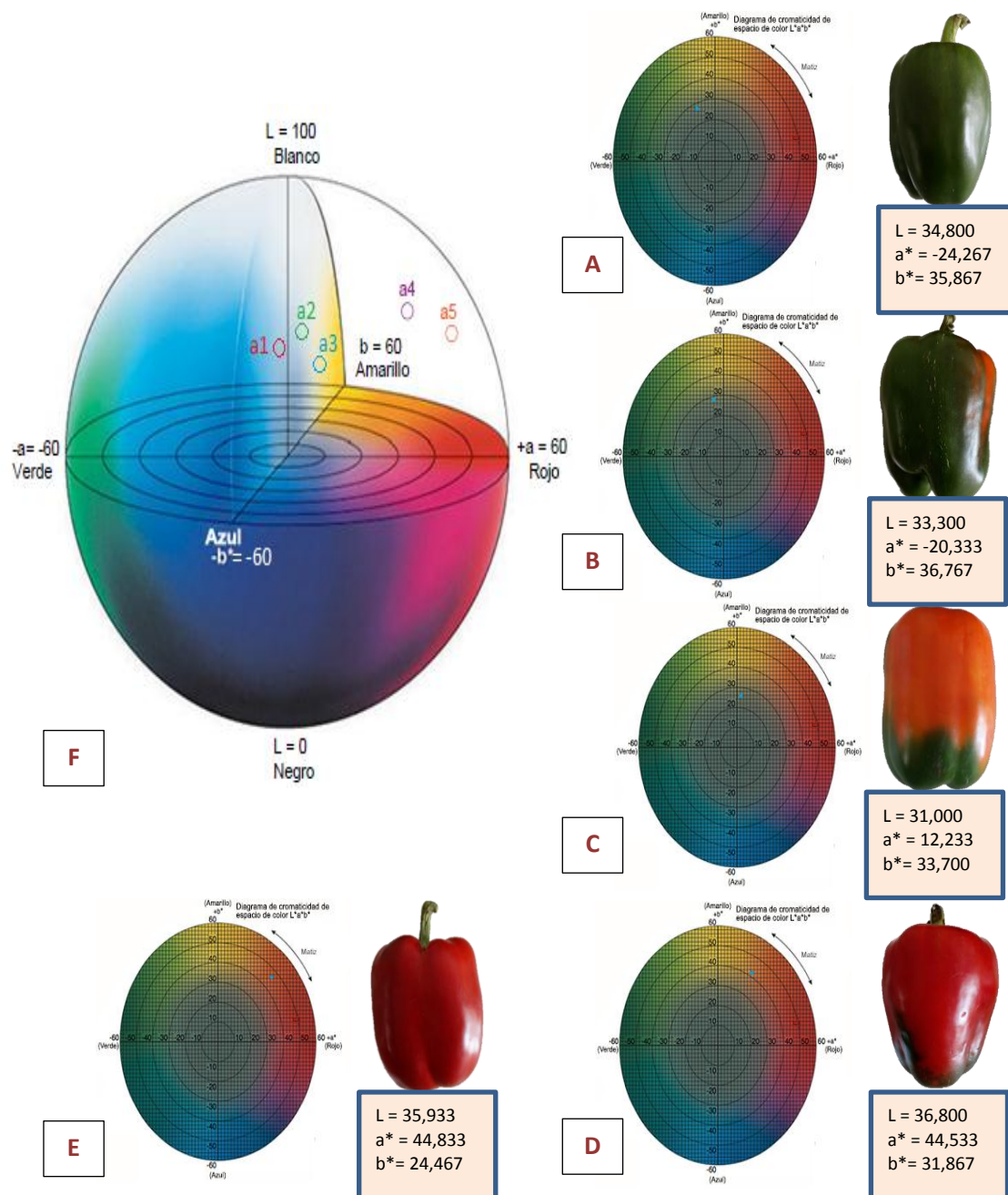


Figura 37. Gráfica del Espacio de Color CIE*Lab. (A) Gráfica del espacio de color CIE*Lab en Pimiento morrón 100% verde (a1); (B) Gráfica del espacio de color CIE*Lab en Pimiento morrón 90% - 70% verde (a2); (C) Gráfica de color del espacio CIE*Lab en Pimiento morrón 60% - 40% verde (a3); (D) Gráfica del espacio de color CIE*Lab en Pimiento morrón 30% - 10% verde (a4); (E) Gráfica del espacio del color CIE*Lab en Pimiento morrón 100% rojo (a5); (F) Gráfica del espacio de color CIE*Lab en 3D de los cinco estados de madurez del Pimiento Morrón. Elaboración propia (2018).

3.6 CORRELACIÓN DE CRI2 CON LOS COMPONENTES FISICOQUÍMICOS Y LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS CINCO GRADOS DE MADUREZ DEL PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum*).

3.6.1 CRI2 y Carotenoides

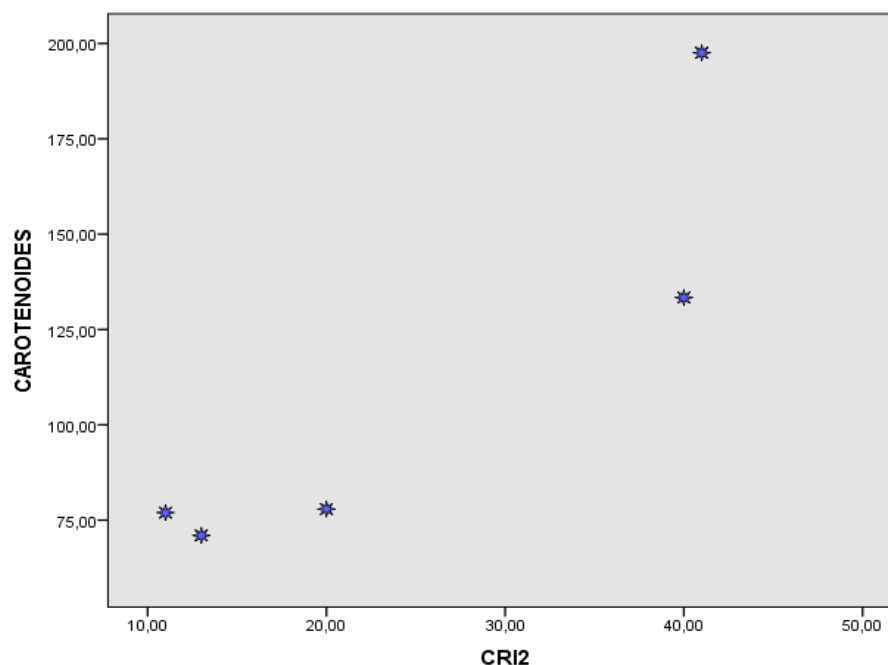


Figura 38. Gráfica de correlación de CRI2 y Carotenoides. Elaboración propia (2018).

Tabla 21

Correlaciones del CRI2 y Carotenoides totales

		CRI2	Carotenoides
CRI2	Correlación de Pearson	1	0,898*
	Sig. (bilateral)		0,039
	N	5	5
Carotenoides	Correlación de Pearson	0,898*	1
	Sig. (bilateral)	0,039	
	N	5	5

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

La correlación de Pearson tiene como objetivo medir el grado de variación entre distintas variables aleatorias cuantitativas. Así mismo nos indica:

- Cuando $\rho = +$ la relación es directa entre las variables.
- Si $\rho = -$ la relación es inversa.

En la tabla 21 se presenta el análisis de las correlaciones CRI2 y carotenoides totales con una correlación significativa ($P < 0,05$), encontrando una correlación de Pearson $r = 0,898$ que indica una correlación positiva, y su relación es directa entre las variables, esto indica que aumenta significativamente el índice de reflectancia de carotenoides y la cantidad de carotenoides totales.

3.6.2 CRI2 y Clorofila

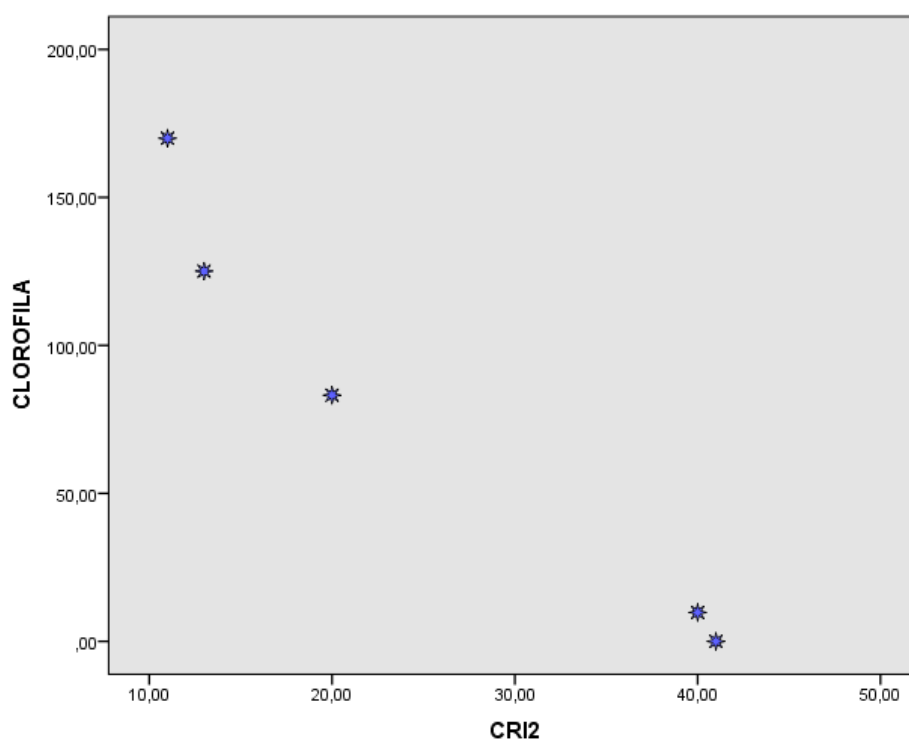


Figura 39. Gráfica de correlación de CRI2 y Clorofila. Elaboración propia (2018).

Tabla 22*Correlaciones de CRI2 y Clorofila*

		CRI2	Clorofila
CRI2	Correlación de Pearson	1	-0,974**
	Sig. (bilateral)		0,005
	N	5	5
Clorofila	Correlación de Pearson	-0,974**	1
	Sig. (bilateral)	0,005	
	N	5	5

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Así mismo, en la tabla 22 al analizar las correlaciones CRI2 y clorofila tuvieron una correlación altamente significativa ($P < 0,01$), con Pearson $r = -0,974$. El coeficiente de la correlación es negativo, y su relación es inversa entre las variables, se esperaba estos resultados, debido que a medida que aumenta el índice de reflectancia de carotenoides, la cantidad de clorofila disminuye significativamente desde 169,98 $\mu\text{g/g}$ hasta 0,00 $\mu\text{g/g}$ en pimientos morrones verdes a maduros.

3.6.3 CRI2 y pH

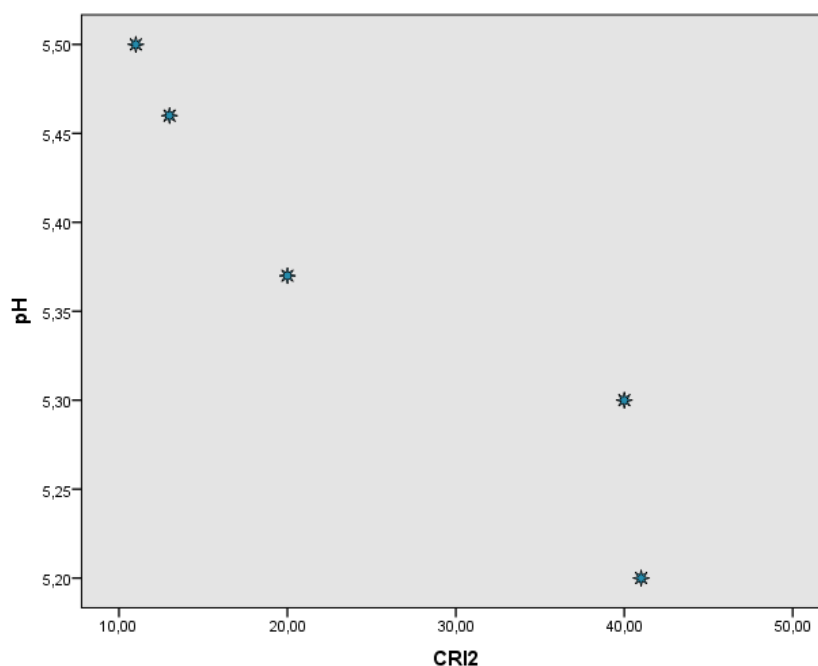


Figura 40. Gráfica de correlación de CRI2 y pH. Elaboración propia (2018).

Tabla 23*Correlaciones de CRI2 y pH*

		CRI2	pH
CRI2	Correlación de Pearson	1	-0,946*
	Sig. (bilateral)		0,015
	N	5	5
pH	Correlación de Pearson	-0,946*	1
	Sig. (bilateral)	0,015	
	N	5	5

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Así mismo, en la tabla 23 al analizar las correlaciones CRI2 y pH tuvieron una correlación significativa ($P < 0,05$), con Pearson $r = -0,946$. El coeficiente de la correlación es negativo, y su relación es inversa entre las variables, se esperaba estos resultados, debido que a medida que aumenta el índice de reflectancia de carotenoides, el valor de pH disminuye en forma significativa desde 5,50 hasta 5,20 en pimientos morrones verdes a maduros.

3.6.4 CRI2 y °BRIX

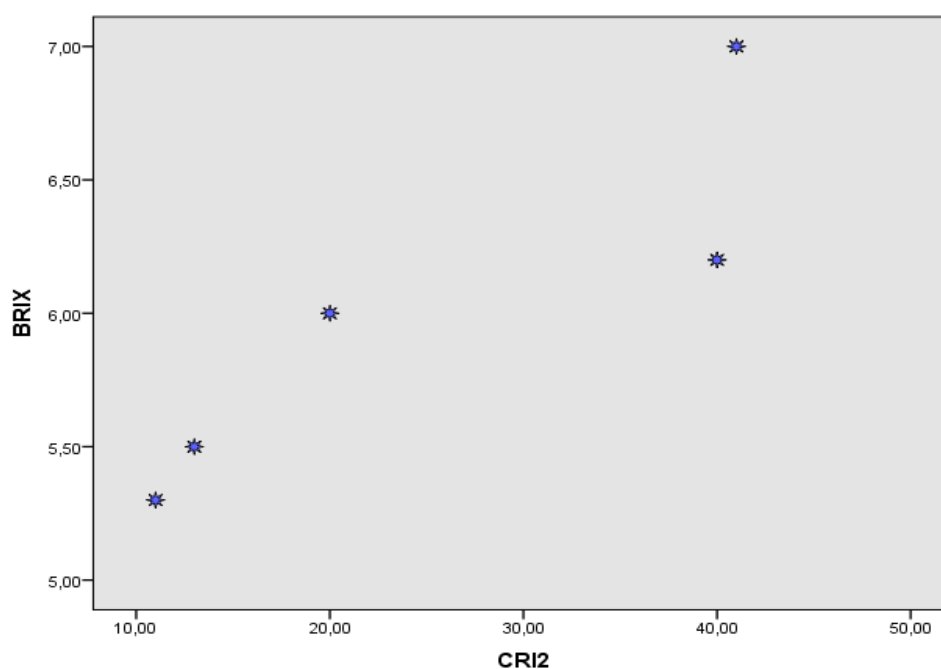


Figura 41. Gráfica de correlación de CRI2 y °Brix. Elaboración propia (2018).

Tabla 24*Correlaciones de CRI2 y °Brix*

		CRI2	Brix
CRI2	Correlación de Pearson	1	0,897*
	Sig. (bilateral)		0,039
	N	5	5
°Brix	Correlación de Pearson	0,897*	1
	Sig. (bilateral)	0,039	
	N	5	5

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Así mismo, en la tabla 24 al analizar las correlaciones CRI2 y °Brix tuvieron una correlación significativa ($P < 0,05$), con Pearson $r = 0,897$. El coeficiente de la correlación es positivo, y su relación es directa entre las variables, esto indica que significativamente al aumentar el índice de reflectancia de carotenoides, la cantidad de °Brix también aumenta.

3.6.5 CRI2 y acidez

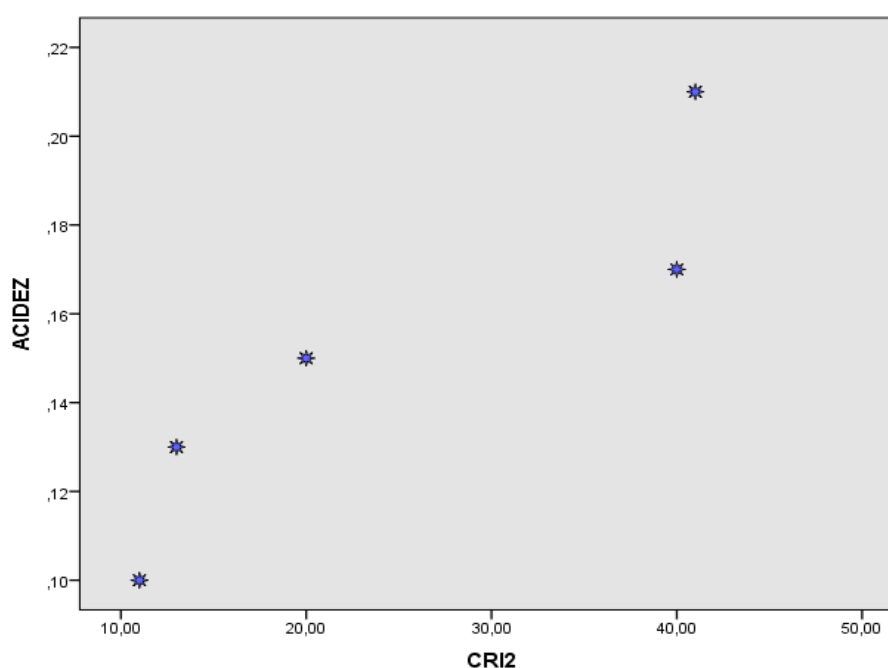


Figura 42. Gráfica de correlación de CRI2 y Acidez titulable. Elaboración propia (2018).

Tabla 25

Correlaciones del CRI2 y Acidez titulable

		CRI2	Acidez
CRI2	Correlación de Pearson	1	0,912*
	Sig. (bilateral)		0,031
	N	5	5
Acidez	Correlación de Pearson	0,912*	1
	Sig. (bilateral)	0,031	
	N	5	5

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Así mismo, en la tabla 25 al analizar las correlaciones CRI2 y acidez titulable tuvieron una correlación significativa ($P < 0,05$), con Pearson $r = 0,912$. El coeficiente de la correlación es positivo, y su relación es directa entre las variables, esto indica que significativamente al aumentar el índice de reflectancia de carotenoides, la cantidad de acidez titulable también aumenta.

3.6.6 CRI2 e índice de madurez

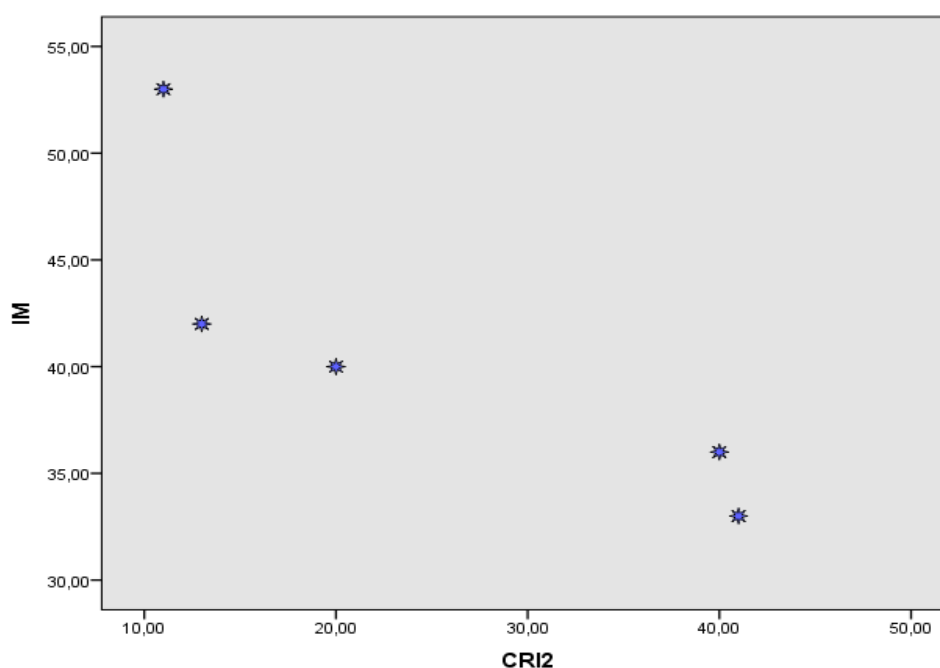


Figura 43. Gráfica de correlación de CRI2 e Índice de madurez. Elaboración propia (2018).

Tabla 26*Correlaciones de CRI2 e Índice de madurez*

		CRI2	Índice de madurez
CRI2	Correlación de Pearson	1	-0,845
	Sig. (bilateral)		0,072
	N	5	5
Índice de madurez	Correlación de Pearson	-0,845	1
	Sig. (bilateral)	0,072	
	N	5	5

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Así mismo, en la tabla 26 al analizar las correlaciones CRI2 y índice de madurez se observa que no hay correlación significativa ($P > 0,05$), con Pearson $r = -0,845$. El coeficiente de la correlación es negativo, y su relación no es significativa entre las dos variables, esto indica que al aumentar el índice de reflectancia de carotenoides, el valor del índice de madurez disminuye pero no significativamente.

3.7 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS GRADOS DE MADUREZ DE LAS MUESTRAS DE PIMIENTO MORRÓN CON EL ÍNDICE DE REFLECTANCIA DE CAROTENOIDES (CRI2)

Tabla 27

Análisis de Varianza del grado de madurez de las muestras de pimiento morrón y el índice de reflectancia de carotenoides (CRI2)

ANOVA ^a					
Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	3314,056	1	3314,056	15,284	0,001 ^b
Residuo	6071,480	28	216,839	-	-
Total	9385,536	29	-	-	-

a. Variable dependiente: CRI2

b. Predictores: (Constante), Grado de madurez

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Si $P < 0,05$ hay diferencia significativa entre los tratamientos y si $P < 0,01$ la diferencia es altamente significativo es decir se acepta la hipótesis alterna donde podemos decir de que el grado de madurez influye en el índice de reflectancia de carotenoides (CRI2) significativamente.

IV. CONCLUSIONES

Se evaluó la influencia del estado de madurez en el índice de carotenoides del pimiento morrón (*Capsicum annuum*), mediante visión artificial.

Se estudió el espacio de color RGB (Red, Green, Blue), las reflectancias en la muestra de pimiento morrón verde de 0,138 a 557 nm, y en el pimiento morrón rojo la reflectancia máxima es de 1,258 en 750 nm.

Se obtuvo una relación inversa en los análisis físicos químicos, el pH y el porcentaje de acidez de las muestras del pimiento morrón. Así mismo los grados brix se incrementó a un valor de 7,00.

Se determinó que la cantidad de clorofila disminuye en las muestras conforme avanza la maduración, desde 169,98 mg/g en pimiento verde hasta 0,00 mg/g en pimiento rojo y la cantidad de carotenoides desde 76,98 mg/g en pimiento verde 197,55 mg/g en pimiento rojo.

Se determinó que el Índice de Reflectancia de Carotenoides (CRI2) está relacionado con la cantidad de carotenoides totales contenidos en las muestras estudiadas, obteniendo valores del índice desde 11 en la muestra de pimiento verde hasta un índice de 41 en pimiento rojo.

Se evaluó las imágenes de color CIEL^ab obtenidas del pimiento morrón en sus cinco estados de madurez. En la coordenada L no hubo diferencias significativas, mientras que en la coordenada a^{*} se mostró el mayor cambio con valores negativos (color verde).

Se correlacionó el Índice de Reflectancia de Carotenoides (CRI2) con los análisis físicos químicos y los parámetros de calidad encontrados en las cinco muestras de pimiento morrón en diferentes grados de madurez. Así mismo se encontró una correlación directa entre las variables de Índice de Reflectancia de Carotenoides (CRI2) y la cantidad de carotenoides (mg/g); los análisis mostraron una correlación significativa ($p < 0,05$) del Índice espectral (CRI2) respecto al contenido de carotenoides totales.

Se evaluó estadísticamente los grados de madurez de las muestras de pimiento morrón con el Índice de Reflectancia de Carotenoides (CRI2) mediante un análisis de varianza, obteniendo una diferencia altamente significativa ($P < 0,01$).

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel, E., Mutanga, O., Odindi, J., Adam, E., Odindo, A., & Ismail, R. (2014). A comparison of partial least squares (PLS) and sparse regressions (SR) for predicting yield of Swiss chard grown under different irrigation water sources using hyperspectral data. *Computers and Electronics in Agriculture*, 11 - 19.
- Agraria.pe Redacción. (02 de Junio de 2016). *Agencia Agraria de Noticias*. Obtenido de <http://agraria.pe/noticias/lambayeque-produce-el-40-de-los-ajies-y-pimientos-11241>
- Alvarado, J. (2012). *Procesamiento y Análisis de Imágenes digitales*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Electrónica.
- Arándiga, G., & Diaz, S. (2008). *Estudio del licopeno del tomate como colorante natural desde la perspectiva analítica e industrial*. Tesis de Licenciatura, Universidad Politécnica de Catalunya, Catalunya, España.
- Ariana, D., & Lu, R. (2008). Quality evaluation of pickling cucumbers using hyperspectral reflectance and transmittance imaging: Part I. Development of a prototype. *Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety*, 144 - 151.
- Asnin, L., & Park, S. W. (2015). Isolation and analysis of bioactive compounds in *Capsicum* peppers. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 254 -289.
- Ayala , T., Schnel, R. J., Meerow, A. W., Winterstein, M., Cervantes, C., & Steven, J. (2005). Determination of color and fruit traits of half-sib families of mango (*Mangifera indica* L.). *Florida State Horticultural Society*, 253-257.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos* (Cuarta ed.). México: Pearson.
- Baenas, N., Beloyic, M., Ilic, N., Moreno, D. A., & García, C. (2018). Industrial use of pepper (*Capsicum annum* L.) derived products: Technological benefits and biological advantages. *Food Chemistry*, 872-885.
- Barbedo, J., Tibola, C., & Fernandez, J. (2015). Detecting *Fusarium* head blight in wheat kernels using hyperspectral imaging. *Biosystems Engineering*, 65 - 76.
- Barret, D. M., García, E., & Wayne, J. E. (1998). Textural modification of processing tomatoes. *Food Science & Nutrition*.

- Begoña, A., Granado, F., & Navarro, B. (2001). *Carotenoides y salud humana*. Unidad de vitaminas, Fundación Española de la Nutrición. Obtenido de www.fen.org.es/imgPublicaciones/1522007542.pdf
- Bekker, N., UTChenco, N., & Glushenkova, A. (2001). Physicochemical properties and composition of lipids from capsicum annum seeds. En N. Bekker, N. UTChenco, & A. Glushenkova, *Chemistry of Natural Compounds* (págs. 131 - 133).
- Biehler, E., Mayer, F., Hoffmann, L., Krause, E., & Bohn, T. (2010). Comparison of three spectrophotometric methods for carotenoid determination in frequently consumed fruits and vegetables. *Journal of Food Science*.
- Borovsky, Y., & Paran, I. (2008). *Chlorophyll breakdown during pepper fruit ripening in the chlorophyll retainer mutation is impaired at the homolog of the senescence-inducible stay-green gene*. Theor. Appl. Genet.
- Britton, G. (1998). Overview of carotenoid biosynthesis. (G. Britton, S. Liaaen Jensen, & H. Pfander, Edits.) *Basel: BirkhSuser Verlag*, 13-148.
- Bruno, T. J., & Svoronos, P. D. (2005). *CRC Handbook of Fundamental Spectroscopic Correlation Charts*. CRC Press.
- Burgos, J., & Calderon, F. (2009). *Determinación del contenido de carotenoides totales en ocho especies de frutas y verduras comercializadas en la zona metropolitana de San Salvador*. Universidad del Salvador. San Salvador: Tesis para optar el título de Licenciado en Química y Farmacia.
- Cabieses, F. (2000). *Antropología del Ají*. Lima, Perú: INMETRA.
- Carlson, T. N., & Ripley, D. A. (1997). On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote sensing of Environment*, 62(3): 241-252.
- Carrillo, O. V., Zaldivar, C. E., & Lantero, M. I. (2002). *Los Vegetales en la Nutrición Humana*. Universidad para todos. La Habana: Editora Política.
- Carvajal, J. J., Aristizábal, I. D., Oliveros, C. E., & Mejía, J. W. (2011). Colorimetría del fruto de café (*Coffea arabica* L.) durante su desarrollo y maduración. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*.

- Castro, S. M., Saraiva, J. A., Dominguez, F., & Delgadillo, I. (2011). Effect of mild pressure treatments and thermal blanching on yellow bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *Food Science and Technology*.
- Castro, V., & Murcia, C. (2013). *Licopeno y salud humana*. Universidad Santiago de Cali, Departamento de Ciencias Naturales, exactas y estadísticas programada de química, Cali, Colombia.
- Castro, W. (2015). *Aplicación de la Tecnología de Imágenes Hiperespectrales al Control de Calidad de Productos Agroalimentarios de la región Amazonas (Perú)*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Cedron, J. (2013). La capsaicina. *Revista de Química*, 7-8.
- Chang, C. I. (2003). *Hyperspectral Imaging: Techniques for Spectral Detection and Classification*. Kluwer Academic / Plenum Publishers.
- Chávez, G., Montiel, G. M., Sgreoppo, S. C., & Avanza, J. R. (2000). *Capacidad antioxidante del pimienta morrón*. Universidad Nacional del Nordeste, Laboratorio de Tecnología Química . Argentina: Comunicaciones Científicas y Tecnológicas .
- Chen, P., Haboudane , D., Tremblay, N., Wang, J., Vigneault, P., & Li, B. (2010). New spectral indicator assessing the efficiency of cro nitrogen treatment in corn and wheat. *Remote Sensing of Enviroment*, 114.
- Cho, B., Kim, M., Baek, I., Kim, D., Lee, W., & Kim, Y. (2013). Detection of cuticle defects on cherry tomatoes using hyperspectral fluorescence imagery. *Postharvest Biology and Technology*, 40 - 49.
- CIP ETI. (2018). Recuperado el abril de 2018, de CIP ETI: <http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>
- Costa, C., Antonucci, F., Aguzzi, J., Sun, D., & Menesatti, P. (2011). Shape analysis of agricultural products: a review of recent research advances and potential application to computer vision. *Food and Bioprocess Technology*.
- Dai , Q., Cheng, J., Sun, D., & Zeng, X. (2014). Potential of hyperspectral imaging for non invasive determination of mechanical properties of prawn (*Metapenaeus ensis*). *Journal of Food Engineering*, 64 - 72.

- Dávila Aviña, J. E., Gonzáles Aguilar, G. A., Ayala Zavala, J. F., Sepúlveda, D. R., & Olivas, G. I. (2011). Compuestos volátiles responsables del sabor del tomate. *Revista fitotecnica mexicana*, 133-143.
- Delgado, F., & Paredes, O. (2003). Natural colorants for Food and nutraceutical uses. *Boca Raton, Fla*, 257 - 305.
- Deli, J., Molnar, P., Matus, Z., & Toth, G. (2001). Carotenoid composition in the fruits of red paprika (*Capsicum annuum* var. *lycopersiciforme rubrum*) during ripening; biosynthesis of carotenoids in red paprika. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*(49), 1517-1523.
- Deng, S., Xu, Y., Li, L., Li, X., & He, Y. (2013). A feature-selection algorithm based on Support Vector Machine-Multiclass for hyperspectral visible spectral analysis. *Journal of Food Engineering*, 159 - 166.
- Dereje, A. (2003). *Screening Capsicum annuum germplasm for variability in ascorbic acid, total soluble solids and dry matter content*. The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalén.
- Díaz, M. (2008). *Obtención de un colorante natural para alimentos a partir de la zanahoria*. Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería Química. Venezuela: Tesis para optar el título de ingeniero químico.
- Diezma, B., Lléo, L., Lunadei, L., Roger, J., & Ruiz, M. (2011). La imagen hiperespectral como herramienta de evaluación de la calidad de hortaliza de hoja mínimamente procesada. *VI Congreso Ibérico de Agroingeniería*, 5 - 7.
- Digitalfotored. (2005). Recuperado el abril de 2018, de Digitalfotored: <http://www.digitalfotored.com/imagendigital/imagendigital.htm>
- Du, C., & Sun, D. (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in Food Science & Technology*, 230 - 249.
- El-Hendawy, S., Al-Suhaibani, N., Salem, A. E., Rehman, S. U., & Schmidhalter, U. (2015). Spectral reflectance indices as a rapid and nondestructive phenotyping tool for estimating different morphophysiological traits of contrasting spring

- wheat germplasms under arid conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 572-587.
- ElMasry, G., & Sun, D. (2010). Principles of hyperspectral imaging technology. *Hyperspectral Imaging for Food Quality Analysis and Control. Quality Analysis and Control*.
- ElMasry, G., Sun, D., & Allen, P. (2013). Chemical-free assessment and mapping of major constituents in beef using hyperspectral imaging. *Journal Food Engineering*, 235 - 246.
- Ernest, H. (1979). Computer Image Processing. *Academic Press*.
- Fennema, R. O. (2000). *Química de los alimentos* (Segunda ed.). Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Fernandez, A., Lousada, J., Morais, J., Xavier, J., Pereira, J., & Melo-Pinto, P. (2013). Comparison between neural networks and partial least squares for intra-growth ring wood density measurement with hyperspectral imaging. *Computers and Electronics in Agriculture*, 71 - 81.
- Figuerola, I. E., Martínez, M. T., Pérez, J. R., Cruz, O., Beryl, M., Valle, S., & Ramirez, S. (Octubre de 2015). Capacidad Antioxidante en variedades de pimiento morrón (*Capsicum Annuum* L.). *Interciencia*, 40(10).
- Fischer, G., & Martínez, O. (1999). Calidad y madurez de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. *Agron. colomb.*, 35-39.
- Fornaris, G. (2005). Características de la planta. En *Conjunto Tecnológico para la producción de pimiento: Tipos 'cubanelle' y 'campana'*. Puerto Rico.
- Fraser, P. D., & Bramley, P. (2004). The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *Progress Lipid Res.*
- Fray, A., Keceli, M. A., Ökmen, B., Sigva, H. Ö., Yemenicioglu, A., & Doganlar, S. (2008). Water soluble Antioxidant potential of Turkish pepper cultivars. *HortScience*.
- Fridovich. (1978). The biology of oxygen radicals. *Science*.

- Gastronomia, S. P. (2009). *Ajíes Peruanos Sazón para el mundo*. Lima, Perú: El Comercio.
- Gitelson, A. A., & Merzlyak, M. N. (1997). Remote estimation of chlorophyll content in higher plant leaves. *International Journal of Remote Sensing*, 18(12): 2691-2697.
- Gitelson, A. (2002). Evaluación del contenido de carotenoides en hojas de plantas con espectroscopía de reflectancia. *Photochemistry and Photobiology*, 272-281.
- Gobierno de España, M., & Unión Europea, F. (2012). Visión Artificial. En M. d. Gobierno de España, & F. S. Unión Europea, *Aplicación práctica de la visión artificial*. España.
- Gobierno Regional de Agricultura de Lambayeque, 2017.
- Godwin, T. W. (1980). *The biochemistry of carotenoids*. London.
- Gómez, J. (2010). Detección automática de podredumbres en cítricos mediante procesamiento avanzado de imágenes hiperespectrales. *Universidad de Valencia*.
- Gómez, R., & Pardo, J. E. (1996). Evolution ripening of selected varieties of Páprika pepper (*Capsicum annum* L). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
- González, C. (2012). *Procesamiento a bordo de imágenes hiperespectrales de la superficie terrestre mediante hardware reconfigurable*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid. Obtenido de <http://www.umbc.edu/rssipl/people/aplaza/2011.PhD.CarlosGonzalez.pdf>
- González, I. (2010). *Caracterización química del color de diferentes variedades de guayaba (Psidium guajava L.) colombiana*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Goodman, G. (2004). *The beta - carotene and retinol efficacy trial; incidence of lung cancer and cardiovascular disease mortality during 6-year follow-up after stopping B- carotene and retinol supplement*. Cancer Inst. J. Nalt.
- Gowen, A., O'Donnell, C., Cullen, P., Downey, G., & Frias, J. (2007). Hyperspectral imaging – an emerging process analytical tool for food quality and safety control. *Trends in Food Science y Technology*, 590 - 598.

- Gross, J. (1987). Pigments in fruits. *Academic Press*.
- Gruszecki, W. I., & Strzalka, K. (2005). Carotenoids as modulators of lipid membrane physical properties. *Biochim Biophys Acta*.
- Gualano, S., Santoro, F., Djelouah, K., & D'Onghia, A. M. (2010). Proximal and remote sensing in the monitoring of Citrus tristeza virus (CTV) infected trees: preliminary results. In *XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on the 940*.
- Gunasekarán, S. (2000). Nondestructive food evaluation: techniques to analyze properties and quality. (CRC Press, Ed.) (Edición Il., p. 440). Retrieved from http://books.google.com.co/books?id=Cqu6MvLeZGIC&pg=PA39&dq=computer+system+vision+in+food&hl=es&sa=X&ei=EGfzU9XBUlksATI_oGICw&ved=0CDgQ6EwAg#v=onepage&q=computer system vision in food&f=false
- Halliwell, B., & Gutteridge, M. (1998). *Free Radicals in Biology and Medicine* (Tercera ed.). Oxford: Oxford Science Publications.
- Hernandez, A. D., & Fuentes, C. M. (2010). Comportamiento poscosecha de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) var. California por efecto de la fertilización química y la aplicación de lombríhumus. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*.
- Hornero, D., & Minguez, M. (2002). Chlorophyll disappearance and chlorophyllase activity during ripening of *Capsicum annum* L fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Howard. (2001). Antioxidant vitamin and phytochemical of fresh and processed pepper fruit (*Capsicum annum*). En W. REC (Ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Howard, L. R., & Wildman, R. E. (2007). Isoflavones: source and metabolism. *Handbook of nutraceuticals and functional foods*.
- Howard, L. R., Talcott, S. T., Brenes, C. H., & Villalon, B. (2000). Changes in Phytochemical and Antioxidant Activity of Selected Pepper Cultivars (*Capsicum* Species) As Influenced by Maturity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1713 - 1720.

- Huang, M., Wan, X., Zhang, M., & Zhu, Q. (2013). Detection of insect-damaged vegetable soybeans using hyperspectral transmittance image. *Journal of Food Engineering*, 45 - 49.
- Hunter Associates Laboratory, I. (1996). *CIE L*a*b Color Scale* (Vol. Vol. 8).
- Hurst, J. W. (2002). *Methods of Analysis for Functional Foods and Nutraceuticals*. London: CRC PRESS.
- Hustik, L. M. (2015). ¿Qué afecta a los valores °Brix? Obtenido de <http://www.hortalizas.com/cultivos/que-afecta-a-los-valores/-brix>
- Infojardín. (2017). *Pimientos, Ají, Pimiento morrón, Pimientos morrones*. Obtenido de Infojardín: <http://fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/pimientos-aji-pimiento-morron-pimientos-morrones.htm>
- Kader, A. (2009). La calidad del sabor de frutas y hortalizas. *International Society for Horticultural Science*.
- Kader, A. A., Morris, L. L., & Chen, P. (1978). Evaluation of two objective methods and a subjective rating scale for measuring tomato fruit firmness. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 70 - 73.
- Karakurt, Y. (2007). Fruit Cell Wall polysaccharides and their modification during ripening. *Journal of the Faculty of Agriculture*.
- Kilcrease, J., Rodriguez, L., Richins, R. D., Arcos, J. M., Victorino, J., & O'Connell, M. (2015). Correlations of carotenoid content and transcript abundances for fibrillin and carotenogenic enzymes in *Capsicum annum* fruit pericarp. *Plant Science*.
- Krinsky, N. I., & Johnson, E. J. (2005). Carotenoid actions and their relation to health and disease. *Molecular Aspects of Medicine*, 26, 459-516.
- Kupper, H., Seibert, S., & Parameswaran, A. (2007). Fast sensitive, and inexpensive alternative to analytical pigment HPLC: quantification of chlorophylls and carotenoids in crude extracts by fitting with Gauss peak spectra. *Anal Chem*, 11-27.
- Lancaster, J. E., Lister, C. E., Reay, P. F., & Triggs, C. M. (1997). Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables. *Journal of the American Society for Horticultural Science*.

- Lee, W., Kim, M., Lee, H., Delwiche, S., Bae, H., Kim, D., & Cho, B. (2014). Hyperspectral near-infrared imaging for the detection of physical damages of pear. *Journal of Food Engineering*, 1 - 7.
- Leme, D., Alves da Silva, S., Groenner, B., Meira, F., & Fonseca, R. (2019). Recognition of coffee roasting degree using a computer vision system. *Computers and Eletronics in Agriculture*.
- León , N., Abderrahim , M., Núñez, L., Arribas, S. M., & Condezo, L. (2016). Prediction of fermentation index of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) based on color measurement and artificial neural networks. *Talanta*.
- León, J. C. (2017). *Agencia Agraria de Noticias*. Recuperado el Marzo de 2018, de Agencia Agraria de Noticias: <http://agraria.pe/noticias/consumo-per-capita-de-aji-fresco-en-peru-es-de-475-14735>
- Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes, in *Methods in Enzymology*. *Academic Press*, 350-382.
- Liu, D., Sun, D., & Zen, X. (2013). Recent advances in wavelength selection techniques for hyperspectral image processing in the food industry. *Food and Bioprocess Technology*, 307 - 323.
- Llanos, J. M. (1999). *El cultivo del pimiento*. (Agroalimentaria, Ed.) Madrid, España: Eumedia S.A.
- Loayza, I., & Di Fabio, A. (2001). *Capsicum y sus derivados en Iberoamérica: Aspectos Agrícolas, Científicos, Tecnológicos y Económicos*. Bolivia: CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo).
- Lock, O. (1997). *Colorantes naturales*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Loizzo, M. R., Pugliese, A., Bonesi, M., Menichini, F., & Tundis, R. (2015). Evaluation of chemical profile and antioxidant activity of twenty cultivars from *Capsicum annuum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chacoense* and *Capsicum chinense*: A comparison between fresh and processed peppers. *LWT - Food Science and Technology*.
- Long, J. (1986). *Capsicum y Cultura: La Historia del Chilli*. Fondo de Cultura Económica. Mexico.

- Long, J. (2011). *El Capsicum a través de la historia mexicana*. México: K. Richterich.
- López, R. R., & Echeverri, F. (2007). ¿Son seguros y efectivos los antioxidantes? *Scientia et Technica*, 33.
- Lorente, D., Zude, M., Regen, C., Palou, L., Gómez, J., & Blasco, J. (2013). Early decay detection in citrus fruit using laser-light backscattering imaging. *Postharvest Biology and Technology*, 424 - 430.
- Lu, R., & Mendoza, F. (2015). Basics of Image Analysis. En B. Park, & R. Lu, *Hyperspectral Imaging Technology in Food and Agriculture* (pág. 404). New York: Springer.
- Marín, A., Ferreres, F., Tomás-Barberán, F., & Gil, M. (2004). Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annum* L). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 3861 - 3869.
- Martinez, A. (2003). *Carotenoides*. Universidad de Antioquía, Facultad de Química Farmacéutica, Medellín, Colombia.
- Matsufuji, H., Nakamura, H., Chino, M., & Takeda, M. (1998). Antioxidant activity of capsanthin and the fatty acid esters in paprika (*Capsicum annum*). *J. Agric. Food Chem.*, 3468-3472.
- Meléndez, A., Martínez, I., Vicario, F., & Heredia, J. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Universidad de Sevilla*.
- Mendoza , F., Lu, R., & Cen, H. (2014). Grading of apples based on firmness and soluble solids content using VIS/SWNIR spectroscopy and spectral scattering techniques. *Journal of Food Engineering*, 59 - 68.
- Merchant, S., & Sawaya, M. R. (2005). The light reactions: A guide to recent acquisitions for the picture gallery. *Plant Cell*.
- Minguez, M., Perez, A., & Hornero, D. (2005). *Grupo de química y bioquímica de pigmentos*. Instituto de la grasa (CSIC), Departamento de biotecnología de alimentos, Sevilla. España.

- Minguez, M., Pérez, A., & Hornero, D. (2005). Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales mucho más que "simples" colorantes naturales. *CTC Alimentation*, 108-113.
- Mizushima, A., & Lu, R. (2013). An image segmentation method for apple sorting and grading using support vector machine and Otsu's method. *Computers and Electronics in Agriculture*, 29 - 37.
- Mundaca Vidarte, G. A. (2016). *Análisis de la calidad del grano de cacao mediante imágenes hiperespectrales usando técnicas de visión artificial*. Tesis máster, Universidad de Piura.
- Nicola Caporaso, M., Whitworth, M., & Fowler, I. (2018). Hyperspectral imaging for non-destructive prediction of fermentation index, polyphenol content and antioxidant activity in single cocoa beans. *Food Chemistry*, 35.
- Nuez, F. (1995). El cultivo del tomate. *Mundi Prensa*, 793.
- Nuez, F., Gil, R., & Costa, J. (1996). *El cultivo de pimientos, chiles y ajíes*. Madrid, España: Mundiprensa.
- Ortiz, F. (2002). *Procesamiento Morfológico de Imágenes en Color. Aplicación a la Reconstrucción Geodésica*. Tesis doctoral, Universidad de Alicante, Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal, Alicante.
- Otles, S. (2008). Handbook of food analysis instruments. (CRC Press, Ed.) (Ilustrada., p. 544). Retrieved from http://books.google.com.co/books?id=RIguE0HBDAwC&pg=PA238&lpg=PA238&dq=digital+color+in+food&source=bl&ots=_Aio36CbN8&sig=Z1T8JxaXczRtm6XU00NyiVDBA8g&hl=es&sa=X&ei=9njiU86dHYzksASJ94DICA&ved=0CFAQ6AEwBg#v=onepage&q&f=false
- Patsilidakos, A., Ragno, R., Carradori, S., Petralito, S., & Cesa, S. (2018). Carotenoid content of Goji berries: CIELAB, HPLC-DAD analyses and quantitative correlation. *Food Chemistry*.
- Pedraza, S. (2014). *Evaluación de la Capacidad Antioxidante del Pimiento Morrón (Capsicum Annum L.) en fresco y sometido a dos tratamientos térmicos*. Buenavista, México: Universidad Autónoma Agraria.

- Pedraza, S. (2014). *Evaluación de la capacidad antioxidante del Pimiento Morrón (Capsicum Annuum L.) en fresco y sometido a dos tratamientos térmicos*. Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Peñuela, A. E. (2004). Cambios físicos y químicos que ocurren durante el crecimiento y maduración de los productos hortifrutícolas y su relación con la calidad. En J. M. Rojas, A. E. Peñuela, C. R. Gómez, G. E. Aristizabal, M. C. Chaparro, & J. A. López, *Caracterización de los productos hortifrutícolas colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad*. Manizales.
- Percival, M. (1998). Antioxidants. *Clinical nutrition insights*.
- Pineda, A., Salucci, M., Lázaro, R., Maiani, G., & Ferro - Luzzi, A. (1999). Capacidad antioxidante y potencial de sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 104 - 111.
- Qin, J., Burks, T., Ritenour, M., & Bonn, W. (2009). Detection of citrus canker using hyperspectral reflectance imaging with spectral information divergence. *Journal of Food Engineering*, 183 - 191.
- Qin, J., Chao, K., Kim, M., Lu, R., & Burks, T. (2013). Hyperspectral and multispectral imaging for evaluating food safety and quality. *Journal of Food Engineering*, 157 - 171.
- Rajput, J. C., & Parulekar, Y. R. (1998). *Capsicum*. En Salunkhe DK, Kadam SS (Eds.) *Handbook of Vegetable Science and Technology: Production, Composition, Storage and Processing*. Nueva York, EE.UU.
- Ramos, B., Miller, F., Brandao, T., Teixeira, P., & Silva, C. (2013). Fresh fruits and vegetables — an overview on applied methodologies to improve its quality and safety. *Innovative Food Science y Emerging Technologies*, 1 - 15.
- Rao, R. T., Gol, B. N., & Shah, K. K. (2011). Effect of postharvest treatments and storage temperatures on the quality and shelf life of sweet pepper (*Capsicum annuum*L.). *Scientia Horticulturae*.

- Ravikanth, L., Singh, C., Jayas, D., & White, N. (2015). Classification of contaminants from wheat using near-infrared hyperspectral imaging. *Biosystems Engineering*, 73 - 86.
- Reilly, P. M., Schiller, H. J., & Bulkey, G. B. (1991). Pharmacologic approach to tissue injury mediated by free radicals and other reactive oxygen metabolites. *An J of Surg*(161), 488-503.
- Resonon Inc. (2016). *SpectrononPro Manual Release 5.0*. Copyright.
- Restrepo, M. (2006). Oleorresinas de Capsicum en la industria alimentaria. *Lasallista de Investigación*, 43-47.
- Riquelme, F. (1995). *Post Cosecha*. In: *El Cultivo del tomate*. Nuez, F. Madrid, España: Mundi Prensa.
- Riviera, N., Gómez-Sanchis, J., Chanona-Pérez, J., Carrasco, J., Millán-Giraldo, M., Lorente, D., & Blasco, J. (2014). Early detection of mechanical damage in mango using \NIR\ hyperspectral images and machine learning. *Biosistems Engineering*, 91 - 98.
- Rodriguez Amaya, D. B. (1999). *Carotenoides y preparación de alimentos: La retención de los carotenoides provitamina A en alimentos preparados, procesados y almacenados*. Universidad estadual de Campiñas, Brasil.
- Roman Gonzales, A., & Vargas Cuentas, N. (2013). Análisis de imagenes hiperespectrales . *Revista de Ingeniería & Desarrollo*.
- Rouse Jr, J., Hass, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA special publication*, 351: 309.
- Rud, R., Shoshany, M., & Alchanatis, V. (2013). Spatial–spectral processing strategies for detection of salinity effects in cauliflower, aubergine and kohlrabi. *Biosystems Engineering*, 384 - 396.
- Ruiz, V. (2009). *Determinación experimental de solubilidades de licopeno en disolventes supercríticos*. Tesis de maestro, Instituto Politécnico Nacional , Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, México, D.F.

- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1994). *Fisiología vegetal*. México: Grupo Editorial Iberoamericana S.A. de C.V.
- Sancho, J., & Navarro, F. (1962). *Pimientos y Pimenton. Estudio Químico-Físico*. Murcia: Instituto de Orientación.
- Schmilovitch, Z., & y otros. (2014). Hyperspectral imaging of intact bell peppers. *Biosystems Engineering*.
- SEAGRO. (2013). *Perú*. Perú.
- Sengupta, S., & Lee, W. (2014). Identification and determination of the number of immature green citrus fruit in a canopy under different ambient light conditions. *Biosystems Engineering*, 51 - 61.
- Serranti, S., Cesare, D., & Bonifazi, G. (2012). Hyperspectral-imaging-based techniques applied to wheat kernels characterization. In SPIE Defense, Security, and Sensing. *International Society for Optics and Photonics*.
- Sillani, S. & Nassivera, F. (2015). Consumer perceptions and motivations in choice of minimally processed vegetables: a case study in Italy. *British Food journal*, 117(3), 970e986.
- Simko, I., Jimenez- Berni, J., & Furbank, R. (2015). Detection of decay in fresh- cut lettuce using hyperspectral imaging and chlorophyll fluorescence imaging. *Postharvest Biology and Technology*, 44 - 52.
- Sirlin, E. (2015). *Física de la Luz*. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo.
- Slaughter, D. (2009). Non destructive maturity assessment methods for mango: A Review of Literature and Identification of Future Research Needs. *National Mango Board*.
- Strachan, I., Pattey, E., & Boisvert, J. (2002). Impact of nitrogen and environmental conditions on corn as detected by hyperspectral reflectance. *Remote Sensing of Environment*.

- Stroppiana, D., Boschetti, M., Brivio, P. A., & Bocchi, S. (2009). Plant nitrogen concentration in paddy rice from field canopy hyperspectral radiometry. *Field Crops Research*.
- Sun, D. (2010). *Hiperspectral Imaging for Food Quality Analysis And Control*. Elsevier.
- Sun, T., Xu, Z., Wu, C. T., James, M., Prinyawiwatkui, W., & No, H. K. (2007). Antioxidant activities of different colored sweet peppers (*Capsicum annum* L.). *Journal of Food Science*, 98-102.
- Surmacka, S. A. (2002). Texture is sensory property. *Food Quality and Preference*.
- Tapre , A. R., & Jain, R. K. (2012). Study of advanced maturity stages of banana. *Revista Internacional de Investigación y Estudios de Ingeniería Avanzada*.
- Thrane, J. E. (2015). Spectrophotometric Analysis of Pigments: A Critical Assessment of a High-Throughput Method for Analysis of Algal Pigment Mixtures by Spectral Deconvolution. *PLoS One*, e0137645.
- Torres, R., Montes, E. J., Pérez, O., & Andrade, R. D. (2013). Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. *Información tecnológica*, 51-56.
- Tucker, G. A. (1993). *Biochemistry of fruit ripening*. USA: Chapman and Hall.
- Valderrama, M., & Ugás , R. (2009). *Ajíes Peruanos Sazón para el mundo*. Lima: El Comercio.
- Van den Berg, H., Faulks, R., Granado, H. F., Hirschberg, J., Olmedilla, B., Sandmann, G., . . . Stahl, W. (2000). The potential for the improvement of carotenoid levels in food and the likely systemic effects. *J. Sci. Food Agric*.
- Van Everta, F., Booja, R., Nammen, J., Bergea , H., Uenka, D., Meursa, E., . . . Slabbekoornb, H. (2012). Using crop reflectance to determine sidedress N rate in potato saves N and maintains yield. *Europ J. Agronomy*, 58-67.
- Vasquez R., A. (2015). *Estimación de las coordenadas CIEL*a*b* en concentrados de tomate utilizando imágenes digitales*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- Vásquez, G. E. (1995). *Realce de imágenes utilizando técnicas de Máscaras*. México: CITEDI - IPN.
- Velásquez, L., Cruz - Tirado, J. P., Siche, R., & Quevedo, R. (2017). An application based on the decision tree to classify the marbling of beef by hyperspectral imaging. *Meat Science*, 43-50.
- Vélez-Rivera, N., Chanona-Pérez, J., Cubero, S., Aleixos, N., Calderón-Dominguez, G., Farrera, R., & Blasco, J. (2013). Evaluación de calidad y nivel de madurez en mangos cv. —Manilal mediante visión por computador. *Presentes at VI Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas*.
- Venereo Gutiérrez, J. R. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 126-133.
- Vidal, M., García, R., Bordagarey, A., Ostra, M., & Albizu, G. (2018). Simultaneous determination of color additives tartrazine and allura red in food productions by digital image analysis. *Talanta*.
- Villanueva, C., Carrasco, A., Fonseca, H., Ormeño, G., & Farfán, C. (2016). *Diccionario de insumos para la Producción Orgánica*. Lima, Perú: Editorial PLM.
- Wall, M. M., Wandell, C. A., & Bosland, P. W. (2001). Variation in β -carotene and total carotenoid content in fruits of capsicum. *Hort Science*, 746-749.
- Wang, W., Ni, X., Lawrence, K., Yoon, S., Heitschmidt, G., & Feldner, P. (2015). Feasibility of detecting Aflatoxin \B1\ in single maize kernels using hyperspectral imaging. *Journal of Food Engineering*, 182 - 192.
- Willis, R. H., Lee, T. H., McGlasson, W. B., Hall, E. G., & Graham, D. (1999). *Introducción a la fisiología y manipulación de frutas, hortalizas y plantas ornamentales*. Zaragoza, España: 2ª Editorial Acribia.
- Wouters, N., Ketelaere, B., Deckers, T., Baerdemaeker, J., & Saeys, W. (2015). Multispectral detection of floral buds for automated thinning of pear. *Computers and Electronic in Agriculture*, 93 - 103.

- Wu, D., & Sun, D. (2013).). Advanced applications of hyperspectral imaging technology for food quality and safety analysis and assessment: A review - Part II: Applications. *Innovative*, 15 - 28.
- Wu, D., & Sun, D. (2013). Advanced applications of hyperspectral imaging technology for food quality and safety analysis and assessment: A review.
- Wu, D., & Sun, D. (2013). Advanced applications of hyperspectral imaging technology for food quality and safety analysis and assessment: A review — Part I: Fundamentals.
- Wyszecki, G., & Stiles, W. (1982). *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*. (J. W. Sons., Ed.)
- Xie, J., Yao, S., Ming, J., Deng, L., & Zeng, K. (2019). Variations in chlorophyll and carotenoid contents and expression of genes involved in pigment metabolism response to oleocellosis in citrus fruits. *Food Chemistry*, 49-57.
- Xing, J., & De Baerdemaeker, J. (2005). Bruise detection on —Jonagold apples using hyperspectral imaging. *Postharvest Biology and Technology*,. *Postharvest Biology and Technology*, 152 - 162.
- Xiong, Z., Sun, D., Zeng, X., & Xie, A. (2014). Recent developments of hyperspectral imaging systems and their applications in detecting quality attributes of red meats: A review. *Journal of Food Engineering*, 1 - 13.
- Yam, K. L., & Papadakis, S. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*.
- Yuchun, P., Jihua, W., Anxiang, L., & Zhou, L. (2007). Estimation of soil nitrogen accumulation based on remotely-sensed monitoring of winter-wheat growth status. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*.
- Zaccari, F. (2010). *Caracterización de seis cultivares de zanahorias (Daucus carota, L), crudas y cocidas al vapor, por color y contenido y bioaccesibilidad in vitro de de B- carotenos y minerales*. Universidad de la República. Uruguay: Tesis para optar el grado de Magister en Ciencias Agrarias.

Zhang, B., Huang , W., Li, J., Zhao, C., Fan, S., Wu, J., & Liu, C. (2014). Principles, developments and applications of computer vision for external quality inspection of fruits and vegetables: A review. *Food Research International*, 326 - 343.

ANEXOS

Anexo 1. Datos espectrales obtenidos en el software SpectrononPro.**Tabla 28***Datos espectrales del Pimiento Morrón (Capsicum Annuum) 100% verde (a1)*

Longitud de onda (nm)	Luminosidad en Regiones de Interés (ROI)					
	b1	b2	b3	b4	b5	b6
384	1184	1100	1467	976,2	754,6	667,8
394	625	460	1105	502,3	322,5	289,8
404,1	517,3	294	1067	394	198,2	191,1
414,1	512,1	263,1	1089	380,3	165,6	169
424,2	505,7	254,7	1100	391,4	171,6	172,1
434,3	493,6	242,9	1098	386,9	168,4	167,6
444,5	493,2	237,1	1107	386,4	160,8	164,3
454,6	506,4	241,2	1118	398,7	163,5	169,3
464,8	511,9	241,5	1120	398,3	163,4	167,1
475	512,1	238,1	1117	392,6	157,1	161,8
485,2	513,2	240,1	1116	397,1	159,3	164,4
495,4	551,5	265,7	1148	442,6	178,8	188
505,7	649,2	327,7	1242	562,6	226,1	251,2
515,9	862,2	455,9	1395	855,5	332,5	399,7
526,2	1214	673,2	1658	1331	516,8	667,3
536,6	1498	865,4	1900	1667	662,7	884,4
546,9	1638	976,8	2073	1788	728,8	995,2
557,3	1674	1012	2086	1783	727,9	977,8
567,6	1480	882,5	1907	1512	611,2	796,1

Longitud de onda (nm)	Luminosidad en Regiones de Interés (ROI)					
	b1	b2	b3	b4	b5	b6
578	1239	715,5	1727	1193	475,3	607,9
588,5	1097	615,6	1581	1005	398,2	487,6
598,9	1021	563,5	1497	900,3	360,2	424,8
609,4	957,1	519,5	1437	808,9	327,3	376,7
619,9	895,7	475,8	1349	714,5	294,2	319,8
630,4	875,7	460,9	1324	672	281,3	300,1
640,9	776,4	391,3	1250	545,1	235,7	244,5
651,4	697,7	337,9	1202	444,5	203,9	207,9
662	710,9	346,3	1218	440,5	210,6	218,2
672,6	821,8	427	1329	523,8	261,1	293,3
683,2	1108	639,8	1606	790,1	402,1	477,3
693,8	1610	1045	2060	1372	674,5	828,8
704,5	3019	2217	3303	2954	1519	1879
715,2	5335	4114	5213	5414	2907	3447
725,9	8346	6736	7699	8393	4852	5454
736,6	10410	8747	9641	10250	6370	7054
747,3	11330	9732	10610	10950	7094	7864
758,1	11580	10100	10900	11000	7355	8098

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Tabla 29*Reflectancia en el Pimiento Morrón (Capsicum Annuum) 100% verde (a1)*

Longitud de onda (nm)	Reflectancia en Regiones de Interés (ROI)						
	b1	b2	b3	b4	b5	b6	PROMEDIO a1
384	0,11840	0,11000	0,14670	0,09762	0,07546	0,06678	0,1024933
394	0,06250	0,04600	0,11050	0,05023	0,03225	0,02898	0,0550767
404,1	0,05173	0,02940	0,10670	0,03940	0,01982	0,01911	0,0443600
414,1	0,05121	0,02631	0,10890	0,03803	0,01656	0,01690	0,0429850
424,2	0,05057	0,02547	0,11000	0,03914	0,01716	0,01721	0,0432583
434,3	0,04936	0,02429	0,10980	0,03869	0,01684	0,01676	0,0426233
444,5	0,04932	0,02371	0,11070	0,03864	0,01608	0,01643	0,0424800
454,6	0,05064	0,02412	0,11180	0,03987	0,01635	0,01693	0,0432850
464,8	0,05119	0,02415	0,11200	0,03983	0,01634	0,01671	0,0433700
475	0,05121	0,02381	0,11170	0,03926	0,01571	0,01618	0,0429783
485,2	0,05132	0,02401	0,11160	0,03971	0,01593	0,01644	0,0431683
495,4	0,05515	0,02657	0,11480	0,04426	0,01788	0,01880	0,0462433
505,7	0,06492	0,03277	0,12420	0,05626	0,02261	0,02512	0,0543133
515,9	0,08622	0,04559	0,13950	0,08555	0,03325	0,03997	0,0716800
526,2	0,12140	0,06732	0,16580	0,13310	0,05168	0,06673	0,1010050
536,6	0,14980	0,08654	0,19000	0,16670	0,06627	0,08844	0,1246250
546,9	0,16380	0,09768	0,20730	0,17880	0,07288	0,09952	0,1366633
557,3	0,16740	0,10120	0,20860	0,17830	0,07279	0,09778	0 ,,1376783
567,6	0,14800	0,08825	0,19070	0,15120	0,06112	0,07961	0,1198133
578	0,12390	0,07155	0,17270	0,11930	0,04753	0,06079	0,0992950

Longitud de onda (nm)	Reflectancia en Regiones de Interés (ROI)						
	b1	b2	b3	b4	b5	b6	PROMEDIO a1
588,5	0,10970	0,06156	0,15810	0,10050	0,03982	0,04876	0,0864067
598,9	0,10210	0,05635	0,14970	0,09003	0,03602	0,04248	0,0794467
609,4	0,09571	0,05195	0,14370	0,08089	0,03273	0,03767	0,0737750
619,9	0,08957	0,04758	0,13490	0,07145	0,02942	0,03198	0,0674833
630,4	0,08757	0,04609	0,13240	0,06720	0,02813	0,03001	0,0652333
640,9	0,07764	0,03913	0,12500	0,05451	0,02357	0,02445	0,0573833
651,4	0,06977	0,03379	0,12020	0,04445	0,02039	0,02079	0,0515650
662	0,07109	0,03463	0,12180	0,04405	0,02106	0,02182	0,0524083
672,6	0,08218	0,04270	0,13290	0,05238	0,02611	0,02933	0,0609333
683,2	0,11080	0,06398	0,16060	0,07901	0,04021	0,04773	0,0837217
693,8	0,16100	0,10450	0,20600	0,13720	0,06745	0,08288	0,1265050
704,5	0,30190	0,22170	0,33030	0,29540	0,15190	0,18790	0,2481833
715,2	0,53350	0,41140	0,52130	0,54140	0,29070	0,34470	0,4405000
725,9	0,83460	0,67360	0,76990	0,83930	0,48520	0,54540	0,6913333
736,6	1,04100	0,87470	0,96410	1,02500	0,63700	0,70540	0,8745333
747,3	1,13300	0,97320	1,06100	1,09500	0,70940	0,78640	0,9596667
758,1	1,15800	1,01000	1,09000	1,10000	0,73550	0,80980	0,9838833

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Tabla 30*Datos espectrales del Pimiento Morrón (Capsicum Annuum) 90 – 70% verde (a2)*

Longitud de onda (nm)	Luminosidad en Regiones de Interés (ROI)					
	b1	b2	b3	b4	b5	b6
384	942,5	761,9	1244	1090	2153	1060
394	375,8	283,3	632,6	459,1	1962	391,8
404,1	209,9	157,4	499,7	298,3	1986	222,3
414,1	169,5	133,2	488,2	260,5	2010	185,1
424,2	167,2	133,3	492,4	243,9	2011	187,3
434,3	165,2	135,1	497,2	236,7	2002	193,2
444,5	151,8	122,8	497,8	224,7	2015	185,3
454,6	148,1	121,1	509,3	225,9	2048	186,1
464,8	143,8	114,9	519,1	228,8	2081	185,2
475	141,2	113,6	517,6	221,8	2103	188,4
485,2	142,2	114,9	526,6	227,6	2112	192,5
495,4	152,6	125,1	570,8	248,1	2130	207,9
505,7	169,3	142,3	670	290,4	2194	232,6
515,9	195,1	167,3	864,6	357,5	2279	270,6
526,2	232,9	201,9	1175	462,9	2425	333,7
536,6	299,8	263,5	1497	586	2623	455,1
546,9	429,9	390,8	1791	716,3	2881	706,7
557,3	657,9	606,5	2004	817,6	3038	1153
567,6	973	914,8	1899	781,2	3018	1770
578	1286	1243	1624	666,3	2945	2387
588,5	1537	1465	1429	588	2820	2847
598,9	1722	1607	1310	547	2750	3145

Longitud de onda (nm)	Luminosidad en Regiones de Interés (ROI)					
	b1	b2	b3	b4	b5	b6
609,4	1819	1683	1194	506,2	2704	3274
619,9	1841	1646	1069	463,3	2630	3294
630,4	1873	1651	1012	446,2	2639	3303
640,9	1605	1352	828,2	381,2	2597	2804
651,4	1288	1051	659,8	330	2573	2234
662	1124	933,8	618,5	326,1	2608	1962
672,6	989,1	852,4	637,7	362,2	2686	1743
683,2	1500	1390	817	498,1	2896	2590
693,8	3163	3162	1593	940,7	3499	4840
704,5	4896	4780	3739	2306	5080	7038
715,2	6492	6178	6859	4425	7287	8936
725,9	7707	7226	10230	7140	9885	9920
736,6	8261	7747	12090	9037	11720	10120
747,3	8561	8015	12820	9963	12700	10130
758,1	8757	8139	13010	10400	13150	10070

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Tabla 31*Reflectancia en el Pimiento Morrón (Capsicum Annuum) 90 – 70% verde (a2)*

Longitud de onda (nm)	Reflectancia en Regiones de Interés (ROI)						
	b1	b2	b3	b4	b5	b6	PROMEDIO a2
384	0,09425	0,07619	0,12440	0,10900	0,21530	0,10600	0,1208567
394	0,03758	0,02833	0,06326	0,04591	0,19620	0,03918	0,0684100
404,1	0,02099	0,01574	0,04997	0,02983	0,19860	0,02223	0,0562267
414,1	0,01695	0,01332	0,04882	0,02605	0,20100	0,01851	0,0541083
424,2	0,01672	0,01333	0,04924	0,02439	0,20110	0,01873	0,0539183
434,3	0,01652	0,01351	0,04972	0,02367	0,20020	0,01932	0,0538233
444,5	0,01518	0,01228	0,04978	0,02247	0,20150	0,01853	0,0532900
454,6	0,01481	0,01211	0,05093	0,02259	0,20480	0,01861	0,0539750
464,8	0,01438	0,01149	0,05191	0,02288	0,20810	0,01852	0,0545467
475	0,01412	0,01136	0,05176	0,02218	0,21030	0,01884	0,0547600
485,2	0,01422	0,01149	0,05266	0,02276	0,21120	0,01925	0,0552633
495,4	0,01526	0,01251	0,05708	0,02481	0,21300	0,02079	0,0572417
505,7	0,01693	0,01423	0,06700	0,02904	0,21940	0,02326	0,0616433
515,9	0,01951	0,01673	0,08646	0,03575	0,22790	0,02706	0,0689017
526,2	0,02329	0,02019	0,11750	0,04629	0,24250	0,03337	0,0805233
536,6	0,02998	0,02635	0,14970	0,05860	0,26230	0,04551	0,0954067
546,9	0,04299	0,03908	0,17910	0,07163	0,28810	0,07067	0,1152617
557,3	0,06579	0,06065	0,20040	0,08176	0,30380	0,11530	0,1379500
567,6	0,09730	0,09148	0,18990	0,07812	0,30180	0,17700	0,1559333
578	0,12860	0,12430	0,16240	0,06663	0,29450	0,23870	0,1691883
588,5	0,15370	0,14650	0,14290	0,05880	0,28200	0,28470	0,1781000

Longitud de onda (nm)	Reflectancia en Regiones de Interés (ROI)						
	b1	b2	b3	b4	b5	b6	PROMEDIO a2
598,9	0,17220	0,16070	0,13100	0,05470	0,27500	0,31450	0,1846833
609,4	0,18190	0,16830	0,11940	0,05062	0,27040	0,32740	0,1863367
619,9	0,18410	0,16460	0,10690	0,04633	0,26300	0,32940	0,1823883
630,4	0,18730	0,16510	0,10120	0,04462	0,26390	0,33030	0,1820700
640,9	0,16050	0,13520	0,08282	0,03812	0,25970	0,28040	0,1594567
651,4	0,12880	0,10510	0,06598	0,03300	0,25730	0,22340	0,1355967
662	0,11240	0,09338	0,06185	0,03261	0,26080	0,19620	0,1262067
672,6	0,09891	0,08524	0,06377	0,03622	0,26860	0,17430	0,1211733
683,2	0,15000	0,13900	0,08170	0,04981	0,28960	0,25900	0,1615183
693,8	0,31630	0,31620	0,15930	0,09407	0,34990	0,48400	0,2866283
704,5	0,48960	0,47800	0,37390	0,23060	0,50800	0,70380	0,4639833
715,2	0,64920	0,61780	0,68590	0,44250	0,72870	0,89360	0,6696167
725,9	0,77070	0,72260	1,02300	0,71400	0,98850	0,99200	0,8684667
736,6	0,82610	0,77470	1,20900	0,90370	1,17200	1,01200	0,9829167
747,3	0,85610	0,80150	1,28200	0,99630	1,27000	1,01300	1,0364833
758,1	0,87570	0,81390	1,30100	1,04000	1,31500	1,00700	1,0587667

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Tabla 32*Datos espectrales del Pimiento Morrón (Capsicum Annuum) 60 – 40% verde (a3)*

Longitud de onda (nm)	Luminosidad en Regiones de Interés (ROI)					
	b1	b2	b3	b4	b5	b6
384	1008	982,3	1386	1225	1012	954,7
394	429,5	436	978,5	590,1	429,1	421,6
404,1	297,2	294,3	923,9	436,4	283,4	320,1
414,1	269,9	256,7	926,7	414	245,7	307,4
424,2	264,7	246,3	922,1	412	239,6	311,9
434,3	256,5	235,8	914,2	409	235,3	313
444,5	250,7	227,8	912,3	392,2	218,4	303,3
454,6	251,5	226,4	916,3	387,2	215	301,5
464,8	251,3	226,5	914,1	379,4	207,3	296,5
475	248,4	224,1	912,3	372,3	203,7	291,6
485,2	253,1	227,6	912,5	371,5	201,9	289,9
495,4	278,1	240,5	927,1	381,1	208,1	299,1
505,7	327,8	261,7	973,8	395,4	218,9	323,2
515,9	400,9	288,4	1011	413,8	231	341
526,2	491,6	323,2	1060	435	244,3	364,6
536,6	595,7	370,5	1133	469,7	263,9	405,3
546,9	729,6	443,2	1258	533,5	302,2	482,1
557,3	879	535,1	1386	638,4	362,1	590,2
567,6	951,7	594,5	1497	786	467,2	767,5
578	934,6	597,7	1578	939,3	615,1	995,2
588,5	894,1	580,1	1574	1069	773,5	1176
598,9	861,5	570	1561	1164	919,4	1304

Longitud de onda (nm)	Luminosidad en Regiones de Interés (ROI)					
	b1	b2	b3	b4	b5	b6
609,4	821,1	554,1	1547	1192	997,7	1357
619,9	768,3	534,5	1480	1166	1002	1271
630,4	744	528,4	1464	1162	1025	1258
640,9	593,8	454	1313	954,9	844,5	1009
651,4	455,9	399,2	1196	721,4	605,9	738,2
662	420,6	399,9	1181	633	495,7	625,3
672,6	416,2	428,1	1208	579,6	420,5	553,7
683,2	590,9	554,4	1471	772,1	603,1	790
693,8	1434	1209	2597	2059	1952	2467
704,5	3046	2882	4579	4114	3889	5115
715,2	5005	5065	6969	6243	5920	7577
725,9	6834	7397	9327	7944	7701	9364
736,6	7726	8729	10760	8654	8552	10280
747,3	8113	9381	11560	8964	9002	10800
758,1	8297	9755	11950	9149	9324	11060

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Tabla 33*Reflectancia en el Pimiento Morrón (Capsicum Annuum) 60 – 40% verde (a3)*

Longitud de onda (nm)	Reflectancia en Regiones de Interés (ROI)						
	b1	b2	b3	b4	b5	b6	PROMEDIO a3
384	0,10080	0,09823	0,13860	0,12250	0,10120	0,09547	0,1094667
394	0,04295	0,04360	0,09785	0,05901	0,04291	0,04216	0,0547467
404,1	0,02972	0,02943	0,09239	0,04364	0,02834	0,03201	0,0425883
414,1	0,02699	0,02567	0,09267	0,04140	0,02457	0,03074	0,0403400
424,2	0,02647	0,02463	0,09221	0,04120	0,02396	0,03119	0,0399433
434,3	0,02565	0,02358	0,09142	0,04090	0,02353	0,03130	0,0393967
444,5	0,02507	0,02278	0,09123	0,03922	0,02184	0,03033	0,0384117
454,6	0,02515	0,02264	0,09163	0,03872	0,02150	0,03015	0,0382983
464,8	0,02513	0,02265	0,09141	0,03794	0,02073	0,02965	0,0379183
475	0,02484	0,02241	0,09123	0,03723	0,02037	0,02916	0,0375400
485,2	0,02531	0,02276	0,09125	0,03715	0,02019	0,02899	0,0376083
495,4	0,02781	0,02405	0,09271	0,03811	0,02081	0,02991	0,0389000
505,7	0,03278	0,02617	0,09738	0,03954	0,02189	0,03232	0,0416800
515,9	0,04009	0,02884	0,10110	0,04138	0,02310	0,03410	0,0447683
526,2	0,04916	0,03232	0,10600	0,04350	0,02443	0,03646	0,0486450
536,6	0,05957	0,03705	0,11330	0,04697	0,02639	0,04053	0,0539683
546,9	0,07296	0,04432	0,12580	0,05335	0,03022	0,04821	0,0624767
557,3	0,08790	0,05351	0,13860	0,06384	0,03621	0,05902	0,0731800
567,6	0,09517	0,05945	0,14970	0,07860	0,04672	0,07675	0,0843983
578	0,09346	0,05977	0,15780	0,09393	0,06151	0,09952	0,0943317
588,5	0,08941	0,05801	0,15740	0,10690	0,07735	0,11760	0,1011117

Longitud de onda (nm)	Reflectancia en Regiones de Interés (ROI)						
	b1	b2	b3	b4	b5	b6	PROMEDIO a3
598,9	0,08615	0,05700	0,15610	0,11640	0,09194	0,13040	0,1063317
609,4	0,08211	0,05541	0,15470	0,11920	0,09977	0,13570	0,1078150
619,9	0,07683	0,05345	0,14800	0,11660	0,10020	0,12710	0,1036967
630,4	0,07440	0,05284	0,14640	0,11620	0,10250	0,12580	0,1030233
640,9	0,05938	0,04540	0,13130	0,09549	0,08445	0,10090	0,0861533
651,4	0,04559	0,03992	0,11960	0,07214	0,06059	0,07382	0,0686100
662	0,04206	0,03999	0,11810	0,06330	0,04957	0,06253	0,0625917
672,6	0,04162	0,04281	0,12080	0,05796	0,04205	0,05537	0,0601017
683,2	0,05909	0,05544	0,14710	0,07721	0,06031	0,07900	0,0796917
693,8	0,14340	0,12090	0,25970	0,20590	0,19520	0,24670	0,1953000
704,5	0,30460	0,28820	0,45790	0,41140	0,38890	0,51150	0,3937500
715,2	0,50050	0,50650	0,69690	0,62430	0,59200	0,75770	0,6129833
725,9	0,68340	0,73970	0,93270	0,79440	0,77010	0,93640	0,8094500
736,6	0,77260	0,87290	1,07600	0,86540	0,85520	1,02800	0,9116833
747,3	0,81130	0,93810	1,15600	0,89640	0,90020	1,08000	0,9636667
758,1	0,82970	0,97550	1,19500	0,91490	0,93240	1,10600	0,9922500

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Tabla 34*Datos espectrales del Pimiento Morrón (Capsicum Annuum) 30 - 10% verde (a4)*

Longitud de onda (nm)	Luminosidad en Regiones de Interés (ROI)					
	b1	b2	b3	b4	b5	b6
384	1169	1077	918,4	1523	1246	1028
394	425	441,7	320,5	571	463	416,2
404,1	235,7	265,1	173,1	355,5	265,9	302,3
414,1	193,8	225,4	149,3	316,4	215,3	307,6
424,2	191,3	214,9	146,6	313,5	199,4	314,7
434,3	196,3	212,2	152,2	316,8	192,7	316,8
444,5	193,9	204,7	151,3	302,5	174,6	302,6
454,6	197	205,3	156,6	293,6	161,2	288,2
464,8	199,8	206,1	158,6	290	152,7	279,9
475	200,8	200,5	158	287,9	145,1	272,2
485,2	203,4	201,6	162,1	290,4	144,8	270,2
495,4	212,6	208,6	171,5	304,3	150,1	279
505,7	223,7	217,7	190,8	324,2	162,5	302,8
515,9	234,2	226	206,5	344,3	174,5	316,3
526,2	250,3	237,4	228	371,5	187,1	333,4
536,6	272,6	250	260,2	423,9	209,1	359,6
546,9	312,8	273,5	325,7	537,6	252,5	415
557,3	386,1	313,7	420,9	780,3	336,4	485,3
567,6	537,5	393,4	596	1298	522,6	650,6
578	855,6	562,1	909,8	2237	885,9	1005
588,5	1429	865,6	1341	3608	1466	1558
598,9	2331	1347	1888	5252	2229	2298

Longitud de onda (nm)	Luminosidad en Regiones de Interés (ROI)					
	b1	b2	b3	b4	b5	b6
609,4	3520	1976	2481	6905	3084	3149
619,9	4841	2665	2914	8393	3918	3812
630,4	6084	3319	3317	9579	4640	4430
640,9	7046	3750	3381	10390	5160	4852
651,4	7667	3918	3225	10880	5483	5088
662	8089	3971	3053	11200	5709	5244
672,6	8369	3919	2804	11420	5864	5337
683,2	8849	4418	3280	11770	6181	5634
693,8	9427	5455	4936	12250	6647	6220
704,5	9949	6182	6191	12580	6945	6577
715,2	10290	6785	7195	12680	7130	6723
725,9	10340	7089	7734	12580	7199	6742
736,6	10100	7076	7827	12240	7105	6638
747,3	10100	7176	7917	12100	7147	6627
758,1	10200	7353	8003	12070	7271	6674

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Tabla 35*Reflectancia en el Pimiento Morrón (Capsicum Annuum) 30 - 10% verde (a4)*

Longitud de onda (nm)	Reflectancia en Regiones de Interés (ROI)						
	b1	b2	b3	b4	b5	b6	PROMEDIO a4
384	0,11690	0,10770	0,09184	0,15230	0,12460	0,10280	0,1160233
394	0,04250	0,04417	0,03205	0,05710	0,04630	0,04162	0,0439567
404,1	0,02357	0,02651	0,01731	0,03555	0,02659	0,03023	0,0266267
414,1	0,01938	0,02254	0,01493	0,03164	0,02153	0,03076	0,0234633
424,2	0,01913	0,02149	0,01466	0,03135	0,01994	0,03147	0,0230067
434,3	0,01963	0,02122	0,01522	0,03168	0,01927	0,03168	0,0231167
444,5	0,01939	0,02047	0,01513	0,03025	0,01746	0,03026	0,0221600
454,6	0,01970	0,02053	0,01566	0,02936	0,01612	0,02882	0,0216983
464,8	0,01998	0,02061	0,01586	0,02900	0,01527	0,02799	0,0214517
475	0,02008	0,02005	0,01580	0,02879	0,01451	0,02722	0,0210750
485,2	0,02034	0,02016	0,01621	0,02904	0,01448	0,02702	0,0212083
495,4	0,02126	0,02086	0,01715	0,03043	0,01501	0,02790	0,0221017
505,7	0,02237	0,02177	0,01908	0,03242	0,01625	0,03028	0,0236950
515,9	0,02342	0,02260	0,02065	0,03443	0,01745	0,03163	0,0250300
526,2	0,02503	0,02374	0,02280	0,03715	0,01871	0,03334	0,0267950
536,6	0,02726	0,02500	0,02602	0,04239	0,02091	0,03596	0,0295900
546,9	0,03128	0,02735	0,03257	0,05376	0,02525	0,04150	0,0352850
557,3	0,03861	0,03137	0,04209	0,07803	0,03364	0,04853	0,0453783
567,6	0,05375	0,03934	0,05960	0,12980	0,05226	0,06506	0,0666350
578	0,08556	0,05621	0,09098	0,22370	0,08859	0,10050	0,1075900
588,5	0,14290	0,08656	0,13410	0,36080	0,14660	0,15580	0,1711267

Longitud de onda (nm)	Reflectancia en Regiones de Interés (ROI)						
	b1	b2	b3	b4	b5	b6	PROMEDIO a4
598,9	0,23310	0,13470	0,18880	0,52520	0,22290	0,22980	0,2557500
609,4	0,35200	0,19760	0,24810	0,69050	0,30840	0,31490	0,3519167
619,9	0,48410	0,26650	0,29140	0,83930	0,39180	0,38120	0,4423833
630,4	0,60840	0,33190	0,33170	0,95790	0,46400	0,44300	0,5228167
640,9	0,70460	0,37500	0,33810	1,03900	0,51600	0,48520	0,5763167
651,4	0,76670	0,39180	0,32250	1,08800	0,54830	0,50880	0,6043500
662	0,80890	0,39710	0,30530	1,12000	0,57090	0,52440	0,6211000
672,6	0,83690	0,39190	0,28040	1,14200	0,58640	0,53370	0,6285500
683,2	0,88490	0,44180	0,32800	1,17700	0,61810	0,56340	0,6688667
693,8	0,94270	0,54550	0,49360	1,22500	0,66470	0,62200	0,7489167
704,5	0,99490	0,61820	0,61910	1,25800	0,69450	0,65770	0,8070667
715,2	1,02900	0,67850	0,71950	1,26800	0,71300	0,67230	0,8467167
725,9	1,03400	0,70890	0,77340	1,25800	0,71990	0,67420	0,8614000
736,6	1,01000	0,70760	0,78270	1,22400	0,71050	0,66380	0,8497667
747,3	1,01000	0,71760	0,79170	1,21000	0,71470	0,66270	0,8511167
758,1	1,02000	0,73530	0,80030	1,20700	0,72710	0,66740	0,8595167

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Tabla 36*Datos espectrales del Pimiento Morrón (Capsicum Annuum) 100% rojo (a5)*

Longitud de onda (nm)	Luminosidad en Regiones de Interés (ROI)					
	b1	b2	b3	b4	b5	b6
384	1221	1097	1116	916,8	1135	1138
394	601	460,2	472,7	354	474,9	459,4
404,1	472,5	298,6	319,9	204,5	339	297,8
414,1	437,4	240,7	277,7	163,8	297,2	247,2
424,2	407	211,7	256,1	153	262,6	216,8
434,3	390,4	200,2	242,6	143,6	244,7	206,4
444,5	374,5	185,9	230,7	132,7	227	190,6
454,6	367,1	177,3	221,5	119,4	217,5	179,3
464,8	356,8	172,8	214,9	108,3	209,7	172,1
475	354,1	168,6	212,8	105,8	208	170
485,2	370,2	168,5	223	114,6	209,3	171,8
495,4	405,6	176,9	245,2	133,5	222,8	181,9
505,7	409,2	178,6	252,1	138,3	231,9	191,1
515,9	419,1	184,2	269,6	142,9	241,1	200,1
526,2	471,7	219,1	298,3	189,5	281,6	225,4
536,6	500,3	240,7	320,7	203,8	319,3	251,4
546,9	556	273,6	361,2	225,1	391,6	297,8
557,3	620,5	309,9	408,5	250,5	512,5	384,4
567,6	772,2	391,6	545,5	325,1	773,6	609,8
578	1127	577,9	901,2	538,6	1291	1133
588,5	1822	929,3	1639	1012	2034	2004
598,9	3007	1501	2848	1817	2940	3141

Longitud de onda (nm)	Luminosidad en Regiones de Interés (ROI)					
	b1	b2	b3	b4	b5	b6
609,4	4734	2330	4495	2954	3941	4400
619,9	6313	3196	5878	3955	4716	5379
630,4	7805	4148	7119	4888	5483	6334
640,9	8885	4977	7969	5569	6082	7065
651,4	9883	5579	8774	6186	6467	7547
662	10600	6004	9354	6625	6695	7846
672,6	11270	6386	9857	7002	6900	8095
683,2	11910	6975	10440	7439	7214	8442
693,8	12080	7033	10530	7533	7309	8571
704,5	12150	7545	11100	7648	7552	8742
715,2	12510	8142	11360	8163	7855	9176
725,9	12710	8245	11360	8146	7722	9078
736,6	12510	8166	11240	8035	7424	8821
747,3	12580	8330	11360	8091	7337	8741
758,1	12710	8570	11540	8207	7303	8700

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Tabla 37*Reflectancia en el Pimiento Morrón (Capsicum Annuum) 100% rojo (a5)*

Longitud de onda (nm)	Reflectancia en Regiones de Interés (ROI)						
	b1	b2	b3	b4	b5	b6	PROMEDIO a5
384	0,12210	0,10970	0,11160	0,09168	0,11350	0,11380	0,1103967
394	0,06010	0,04602	0,04727	0,03540	0,04749	0,04594	0,0470367
404,1	0,04725	0,02986	0,03199	0,02045	0,03390	0,02978	0,0322050
414,1	0,04374	0,02407	0,02777	0,01638	0,02972	0,02472	0,0277333
424,2	0,04070	0,02117	0,02561	0,01530	0,02626	0,02168	0,0251200
434,3	0,03904	0,02002	0,02426	0,01436	0,02447	0,02064	0,0237983
444,5	0,03745	0,01859	0,02307	0,01327	0,02270	0,01906	0,0223567
454,6	0,03671	0,01773	0,02215	0,01194	0,02175	0,01793	0,0213683
464,8	0,03568	0,01728	0,02149	0,01083	0,02097	0,01721	0,0205767
475	0,03541	0,01686	0,02128	0,01058	0,02080	0,01700	0,0203217
485,2	0,03702	0,01685	0,02230	0,01146	0,02093	0,01718	0,0209567
495,4	0,04056	0,01769	0,02452	0,01335	0,02228	0,01819	0,0227650
505,7	0,04092	0,01786	0,02521	0,01383	0,02319	0,01911	0,0233533
515,9	0,04191	0,01842	0,02696	0,01429	0,02411	0,02001	0,0242833
526,2	0,04717	0,02191	0,02983	0,01895	0,02816	0,02254	0,0280933
536,6	0,05003	0,02407	0,03207	0,02038	0,03193	0,02514	0,0306033
546,9	0,05560	0,02736	0,03612	0,02251	0,03916	0,02978	0,0350883
557,3	0,06205	0,03099	0,04085	0,02505	0,05125	0,03844	0,0414383
567,6	0,07722	0,03916	0,05455	0,03251	0,07736	0,06098	0,0569633
578	0,11270	0,05779	0,09012	0,05386	0,12910	0,11330	0,0928117
588,5	0,18220	0,09293	0,16390	0,10120	0,20340	0,20040	0,1573383

Longitud de onda (nm)	Reflectancia en Regiones de Interés (ROI)						
	b1	b2	b3	b4	b5	b6	PROMEDIO a5
598,9	0,30070	0,15010	0,28480	0,18170	0,29400	0,31410	0,2542333
609,4	0,47340	0,23300	0,44950	0,29540	0,39410	0,44000	0,3809000
619,9	0,63130	0,31960	0,58780	0,39550	0,47160	0,53790	0,4906167
630,4	0,78050	0,41480	0,71190	0,48880	0,54830	0,63340	0,5962833
640,9	0,88850	0,49770	0,79690	0,55690	0,60820	0,70650	0,6757833
651,4	0,98830	0,55790	0,87740	0,61860	0,64670	0,75470	0,7406000
662	1,06000	0,60040	0,93540	0,66250	0,66950	0,78460	0,7854000
672,6	1,12700	0,63860	0,98570	0,70020	0,69000	0,80950	0,8251667
683,2	1,19100	0,69750	1,04400	0,74390	0,72140	0,84420	0,8736667
693,8	1,20800	0,70330	1,05300	0,75330	0,73090	0,85710	0,8842667
704,5	1,21500	0,75450	1,11000	0,76480	0,75520	0,87420	0,9122833
715,2	1,25100	0,81420	1,13600	0,81630	0,78550	0,91760	0,9534333
725,9	1,27100	0,82450	1,13600	0,81460	0,77220	0,90780	0,9543500
736,6	1,25100	0,81660	1,12400	0,80350	0,74240	0,88210	0,9366000
747,3	1,25800	0,83300	1,13600	0,80910	0,73370	0,87410	0,9406500
758,1	1,27100	0,85700	1,15400	0,82070	0,73030	0,87000	0,9505000

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Tabla 38

Promedio de firmas espectrales de las Regiones de Interés (ROI) de las 5 muestras del Pimiento Morrón (Capsicum Annuum)

Longitud de onda (nm)	Promedio de las firmas espectrales				
	a1	a2	a3	a4	a5
384	0,1024933	0,1208567	0,1094667	0,1160233	0,1103967
394	0,0550767	0,0684100	0,0547467	0,0439567	0,0470367
404,1	0,0443600	0,0562267	0,0425883	0,0266267	0,0322050
414,1	0,0429850	0,0541083	0,0403400	0,0234633	0,0277333
424,2	0,0432583	0,0539183	0,0399433	0,0230067	0,0251200
434,3	0,0426233	0,0538233	0,0393967	0,0231167	0,0237983
444,5	0,0424800	0,0532900	0,0384117	0,0221600	0,0223567
454,6	0,0432850	0,0539750	0,0382983	0,0216983	0,0213683
464,8	0,0433700	0,0545467	0,0379183	0,0214517	0,0205767
475	0,0429783	0,0547600	0,0375400	0,0210750	0,0203217
485,2	0,0431683	0,0552633	0,0376083	0,0212083	0,0209567
495,4	0,0462433	0,0572417	0,0389000	0,0221017	0,0227650
505,7	0,0543133	0,0616433	0,0416800	0,0236950	0,0233533
515,9	0,0716800	0,0689017	0,0447683	0,0250300	0,0242833
526,2	0,1010050	0,0805233	0,0486450	0,0267950	0,0280933
536,6	0,1246250	0,0954067	0,0539683	0,0295900	0,0306033
546,9	0,1366633	0,1152617	0,0624767	0,0352850	0,0350883
557,3	0,1376783	0,1379500	0,0731800	0,0453783	0,0414383
567,6	0,1198133	0,1559333	0,0843983	0,0666350	0,0569633
578	0,0992950	0,1691883	0,0943317	0,1075900	0,0928117
588,5	0,0864067	0,1781000	0,1011117	0,1711267	0,1573383

Longitud de onda (nm)	Promedio de las firmas espectrales				
	a1	a2	a3	a4	a5
598,9	0,0794467	0,1846833	0,1063317	0,2557500	0,2542333
609,4	0,0737750	0,1863367	0,1078150	0,3519167	0,3809000
619,9	0,0674833	0,1823883	0,1036967	0,4423833	0,4906167
630,4	0,0652333	0,1820700	0,1030233	0,5228167	0,5962833
640,9	0,0573833	0,1594567	0,0861533	0,5763167	0,6757833
651,4	0,0515650	0,1355967	0,0686100	0,6043500	0,7406000
662	0,0524083	0,1262067	0,0625917	0,6211000	0,7854000
672,6	0,0609333	0,1211733	0,0601017	0,6285500	0,8251667
683,2	0,0837217	0,1615183	0,0796917	0,6688667	0,8736667
693,8	0,1265050	0,2866283	0,1953000	0,7489167	0,8842667
704,5	0,2481833	0,4639833	0,3937500	0,8070667	0,9122833
715,2	0,4405000	0,6696167	0,6129833	0,8467167	0,9534333
725,9	0,6913333	0,8684667	0,8094500	0,8614000	0,9543500
736,6	0,8745333	0,9829167	0,9116833	0,8497667	0,9366000
747,3	0,9596667	1,0364833	0,9636667	0,8511167	0,9406500
758,1	0,9838833	1,0587667	0,9922500	0,8595167	0,9505000

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Anexo 2. Interpolaciones de datos espectrales para determinar el Índice de Reflectancia de Carotenoides (CRI2)

$$y = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} (x - x_1) + y_1$$

Tabla 39

Interpolación de las firmas espectrales de las Regiones de Interés (ROI) obtenidas de las 5 muestras de Pimiento Morrón (Capsicum Annuum)

Longitud de Onda (nm)	Promedio de las firmas espectrales				
	a1	a2	a3	a4	a5
505,7	0,0543133	0,0616433	0,0416800	0,0236950	0,0233533
510	0,0616346	0,0647032	0,0429819	0,0242578	0,0237454
515,9	0,0716800	0,0689017	0,0447683	0,0250300	0,0242833
693,8	0,1265050	0,2866283	0,1953000	0,7489167	0,8842667
700	0,1970102	0,3893948	0,3102897	0,7826111	0,9005006
704,5	0,2481833	0,4639833	0,3937500	0,8070667	0,9122833

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Anexo 3. Absorbancias obtenidas de las 5 muestras de Pimiento Morrón (*Capsicum Annuum*) para determinar la cuantificación de carotenoides y clorofila

Tabla 40

*Absorbancias obtenidas de la muestra liofilizada de Pimiento Morrón (*Capsicum Annuum*) 100% verde*

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
400	0,295	0,321	0,321	0,339
401	0,297	0,324	0,324	0,341
402	0,3	0,327	0,327	0,345
403	0,304	0,332	0,331	0,349
404	0,308	0,336	0,336	0,354
405	0,312	0,341	0,34	0,359
406	0,317	0,346	0,345	0,364
407	0,322	0,352	0,352	0,371
408	0,328	0,358	0,358	0,378
409	0,334	0,364	0,365	0,385
410	0,34	0,37	0,371	0,391
411	0,344	0,375	0,376	0,397
412	0,349	0,381	0,381	0,402
413	0,353	0,385	0,385	0,406
414	0,356	0,389	0,389	0,41
415	0,359	0,392	0,392	0,414
416	0,361	0,394	0,395	0,417
417	0,362	0,396	0,396	0,418
418	0,363	0,397	0,397	0,419

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
419	0,364	0,397	0,398	0,42
420	0,364	0,397	0,398	0,42
421	0,364	0,397	0,398	0,42
422	0,365	0,398	0,398	0,421
423	0,366	0,398	0,399	0,421
424	0,367	0,399	0,4	0,422
425	0,368	0,401	0,402	0,424
426	0,37	0,403	0,404	0,427
427	0,373	0,406	0,407	0,43
428	0,377	0,41	0,411	0,434
429	0,381	0,415	0,415	0,439
430	0,385	0,42	0,42	0,444
431	0,39	0,425	0,426	0,45
432	0,395	0,43	0,431	0,455
433	0,4	0,436	0,436	0,461
434	0,404	0,44	0,441	0,465
435	0,407	0,444	0,444	0,469
436	0,41	0,447	0,447	0,473
437	0,412	0,449	0,45	0,475
438	0,412	0,45	0,451	0,476
439	0,412	0,45	0,45	0,475
440	0,41	0,448	0,448	0,473
441	0,408	0,445	0,446	0,47

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
442	0,404	0,442	0,442	0,466
443	0,399	0,436	0,437	0,461
444	0,393	0,429	0,429	0,453
445	0,386	0,421	0,422	0,445
446	0,379	0,413	0,414	0,436
447	0,372	0,406	0,406	0,428
448	0,365	0,398	0,398	0,419
449	0,357	0,389	0,389	0,411
450	0,349	0,38	0,38	0,401
451	0,341	0,372	0,371	0,392
452	0,333	0,363	0,363	0,383
453	0,327	0,356	0,356	0,376
454	0,322	0,351	0,35	0,37
455	0,318	0,346	0,345	0,364
456	0,314	0,342	0,342	0,36
457	0,313	0,34	0,339	0,358
458	0,312	0,339	0,338	0,357
459	0,312	0,339	0,338	0,357
460	0,313	0,34	0,339	0,358
461	0,314	0,342	0,341	0,36
462	0,316	0,344	0,343	0,362
463	0,319	0,347	0,347	0,366
464	0,322	0,351	0,35	0,369

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
465	0,325	0,354	0,353	0,373
466	0,327	0,356	0,355	0,375
467	0,328	0,357	0,357	0,377
468	0,329	0,358	0,358	0,378
469	0,328	0,357	0,357	0,377
470	0,326	0,356	0,355	0,375
471	0,324	0,353	0,352	0,372
472	0,32	0,348	0,348	0,367
473	0,315	0,343	0,343	0,362
474	0,309	0,336	0,336	0,355
475	0,302	0,329	0,329	0,347
476	0,293	0,319	0,319	0,337
477	0,285	0,31	0,311	0,327
478	0,276	0,3	0,3	0,316
479	0,267	0,29	0,29	0,305
480	0,256	0,279	0,278	0,293
481	0,245	0,267	0,267	0,28
482	0,233	0,253	0,253	0,266
483	0,219	0,239	0,238	0,25
484	0,209	0,227	0,227	0,237
485	0,203	0,22	0,219	0,23
486	0,193	0,21	0,209	0,219
487	0,178	0,194	0,193	0,202

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
488	0,169	0,183	0,183	0,191
489	0,161	0,175	0,174	0,182
490	0,153	0,165	0,164	0,172
491	0,14	0,151	0,15	0,157
492	0,133	0,143	0,142	0,148
493	0,128	0,137	0,136	0,142
494	0,121	0,129	0,129	0,134
495	0,113	0,121	0,12	0,125
496	0,106	0,113	0,113	0,117
497	0,1	0,107	0,107	0,111
498	0,096	0,102	0,101	0,105
499	0,091	0,097	0,097	0,1
500	0,088	0,093	0,092	0,095
501	0,084	0,089	0,088	0,091
502	0,081	0,085	0,084	0,087
503	0,077	0,082	0,081	0,084
504	0,075	0,078	0,078	0,08
505	0,072	0,076	0,075	0,078
506	0,07	0,073	0,073	0,075
507	0,068	0,071	0,07	0,072
508	0,065	0,068	0,068	0,069
509	0,063	0,066	0,066	0,067
510	0,062	0,065	0,064	0,066

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
511	0,061	0,063	0,062	0,064
512	0,059	0,061	0,061	0,063
513	0,058	0,06	0,06	0,061
514	0,058	0,059	0,059	0,06
515	0,056	0,058	0,058	0,059
516	0,056	0,057	0,057	0,058
517	0,055	0,057	0,056	0,057
518	0,054	0,056	0,056	0,057
519	0,054	0,055	0,055	0,056
520	0,053	0,055	0,055	0,056
521	0,053	0,054	0,054	0,055
522	0,053	0,054	0,054	0,055
523	0,052	0,054	0,053	0,055
524	0,052	0,053	0,053	0,054
525	0,052	0,053	0,053	0,054
526	0,052	0,053	0,053	0,054
527	0,052	0,053	0,053	0,054
528	0,052	0,053	0,053	0,054
529	0,052	0,053	0,053	0,054
530	0,052	0,054	0,054	0,055
531	0,052	0,054	0,053	0,055
532	0,052	0,054	0,054	0,055
533	0,053	0,054	0,054	0,055

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
534	0,053	0,054	0,054	0,055
535	0,053	0,055	0,054	0,055
536	0,053	0,055	0,054	0,055
537	0,053	0,055	0,054	0,055
538	0,053	0,055	0,054	0,056
539	0,053	0,054	0,054	0,055
540	0,053	0,054	0,054	0,055
541	0,053	0,054	0,054	0,055
542	0,053	0,054	0,054	0,055
543	0,052	0,054	0,053	0,055
544	0,052	0,053	0,053	0,054
545	0,052	0,053	0,053	0,055
546	0,052	0,053	0,053	0,054
547	0,052	0,053	0,053	0,054
548	0,052	0,053	0,053	0,054
549	0,052	0,053	0,053	0,054
550	0,052	0,053	0,053	0,054
551	0,052	0,053	0,053	0,054
552	0,052	0,053	0,053	0,054
553	0,052	0,053	0,053	0,054
554	0,052	0,054	0,053	0,054
555	0,052	0,054	0,053	0,055
556	0,052	0,054	0,054	0,055

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
557	0,052	0,054	0,054	0,055
558	0,053	0,054	0,054	0,055
559	0,053	0,055	0,055	0,056
560	0,053	0,054	0,054	0,056
561	0,053	0,055	0,055	0,056
562	0,053	0,055	0,055	0,056
563	0,054	0,055	0,055	0,056
564	0,054	0,055	0,055	0,057
565	0,054	0,056	0,056	0,057
566	0,055	0,056	0,056	0,057
567	0,055	0,056	0,056	0,058
568	0,055	0,056	0,057	0,058
569	0,055	0,057	0,057	0,058
570	0,055	0,057	0,057	0,058
571	0,056	0,057	0,057	0,058
572	0,056	0,057	0,058	0,059
573	0,057	0,058	0,058	0,059
574	0,057	0,058	0,058	0,059
575	0,057	0,058	0,059	0,06
576	0,058	0,059	0,059	0,061
577	0,058	0,059	0,06	0,061
578	0,058	0,06	0,06	0,061
579	0,058	0,06	0,06	0,062

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
580	0,059	0,06	0,061	0,062
581	0,059	0,061	0,061	0,063
582	0,06	0,062	0,062	0,063
583	0,06	0,062	0,063	0,064
584	0,061	0,062	0,063	0,065
585	0,061	0,063	0,063	0,065
586	0,062	0,064	0,064	0,066
587	0,062	0,064	0,065	0,066
588	0,063	0,065	0,065	0,067
589	0,063	0,065	0,066	0,068
590	0,064	0,066	0,066	0,068
591	0,064	0,066	0,067	0,069
592	0,065	0,067	0,068	0,07
593	0,066	0,068	0,068	0,07
594	0,066	0,069	0,069	0,071
595	0,067	0,07	0,07	0,072
596	0,068	0,07	0,071	0,073
597	0,069	0,072	0,072	0,074
598	0,07	0,073	0,073	0,075
599	0,071	0,073	0,074	0,076
600	0,072	0,075	0,075	0,077
601	0,073	0,076	0,077	0,079
602	0,074	0,077	0,077	0,08

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
603	0,075	0,078	0,079	0,081
604	0,076	0,079	0,079	0,082
605	0,077	0,08	0,081	0,083
606	0,077	0,081	0,082	0,084
607	0,078	0,082	0,082	0,085
608	0,079	0,083	0,083	0,086
609	0,079	0,084	0,084	0,086
610	0,08	0,084	0,084	0,087
611	0,08	0,084	0,084	0,087
612	0,08	0,084	0,085	0,087
613	0,081	0,085	0,085	0,088
614	0,08	0,084	0,085	0,088
615	0,081	0,085	0,085	0,088
616	0,081	0,085	0,085	0,088
617	0,08	0,084	0,085	0,087
618	0,08	0,084	0,084	0,087
619	0,08	0,084	0,084	0,087
620	0,079	0,083	0,084	0,087
621	0,079	0,083	0,083	0,086
622	0,079	0,083	0,083	0,086
623	0,078	0,083	0,083	0,086
624	0,078	0,083	0,082	0,085
625	0,078	0,083	0,082	0,085

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
626	0,078	0,083	0,082	0,085
627	0,078	0,083	0,082	0,085
628	0,078	0,083	0,083	0,086
629	0,078	0,083	0,083	0,086
630	0,079	0,083	0,083	0,086
631	0,079	0,084	0,084	0,087
632	0,08	0,084	0,084	0,087
633	0,081	0,085	0,086	0,088
634	0,082	0,086	0,087	0,09
635	0,083	0,088	0,088	0,091
636	0,084	0,089	0,089	0,092
637	0,086	0,09	0,091	0,094
638	0,087	0,092	0,092	0,096
639	0,089	0,094	0,094	0,098
640	0,091	0,096	0,097	0,1
641	0,093	0,099	0,099	0,103
642	0,096	0,101	0,102	0,106
643	0,099	0,104	0,104	0,109
644	0,101	0,107	0,108	0,112
645	0,104	0,111	0,111	0,116
646	0,107	0,114	0,115	0,12
647	0,111	0,119	0,119	0,124
648	0,115	0,123	0,123	0,129

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
649	0,119	0,128	0,128	0,134
650	0,124	0,133	0,134	0,14
651	0,129	0,14	0,139	0,146
652	0,135	0,146	0,146	0,153
653	0,141	0,152	0,152	0,16
654	0,147	0,159	0,159	0,167
655	0,155	0,167	0,168	0,176
656	0,162	0,175	0,176	0,185
657	0,169	0,183	0,184	0,193
658	0,177	0,192	0,193	0,202
659	0,184	0,2	0,201	0,211
660	0,19	0,206	0,207	0,218
661	0,195	0,212	0,213	0,224
662	0,2	0,218	0,219	0,23
663	0,204	0,222	0,224	0,235
664	0,206	0,225	0,226	0,237
665	0,207	0,226	0,226	0,238
666	0,206	0,224	0,225	0,236
667	0,203	0,221	0,222	0,233
668	0,198	0,216	0,216	0,227
669	0,191	0,208	0,209	0,219
670	0,184	0,2	0,201	0,21
671	0,175	0,19	0,191	0,2

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
672	0,165	0,179	0,18	0,188
673	0,154	0,168	0,168	0,176
674	0,144	0,155	0,156	0,163
675	0,133	0,144	0,144	0,151
676	0,122	0,132	0,132	0,138
677	0,112	0,12	0,12	0,126
678	0,102	0,109	0,11	0,114
679	0,094	0,1	0,1	0,104
680	0,086	0,09	0,091	0,094
681	0,079	0,083	0,083	0,086
682	0,073	0,076	0,076	0,079
683	0,067	0,069	0,07	0,072
684	0,062	0,064	0,065	0,067
685	0,058	0,059	0,059	0,061
686	0,055	0,056	0,056	0,057
687	0,051	0,052	0,052	0,053
688	0,049	0,049	0,05	0,05
689	0,047	0,047	0,047	0,048
690	0,045	0,045	0,045	0,046
691	0,043	0,043	0,044	0,044
692	0,042	0,042	0,042	0,043
693	0,041	0,041	0,041	0,041
694	0,04	0,04	0,04	0,041

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
695	0,04	0,039	0,039	0,039
696	0,039	0,038	0,038	0,039
697	0,038	0,038	0,038	0,038
698	0,038	0,037	0,037	0,038
699	0,037	0,037	0,037	0,037
700	0,037	0,037	0,037	0,037
701	0,037	0,037	0,036	0,037
702	0,037	0,037	0,036	0,037
703	0,037	0,037	0,036	0,036
704	0,037	0,037	0,036	0,037
705	0,037	0,037	0,036	0,036
706	0,037	0,036	0,036	0,036
707	0,036	0,036	0,036	0,036
708	0,036	0,035	0,035	0,036
709	0,036	0,036	0,036	0,036
710	0,036	0,035	0,035	0,036
711	0,036	0,035	0,036	0,036
712	0,036	0,035	0,036	0,036
713	0,036	0,035	0,035	0,036
714	0,036	0,035	0,036	0,036
715	0,036	0,035	0,035	0,036
716	0,036	0,035	0,035	0,035
717	0,036	0,035	0,036	0,036

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
718	0,036	0,035	0,035	0,035
719	0,036	0,035	0,035	0,035
720	0,036	0,035	0,035	0,035
721	0,036	0,035	0,035	0,035
722	0,035	0,035	0,035	0,035
723	0,036	0,035	0,035	0,035
724	0,035	0,035	0,035	0,035
725	0,035	0,034	0,035	0,035
726	0,035	0,034	0,035	0,035
727	0,035	0,035	0,035	0,035
728	0,035	0,035	0,035	0,035
729	0,035	0,035	0,035	0,035
730	0,035	0,034	0,035	0,035
731	0,035	0,035	0,035	0,035
732	0,035	0,035	0,035	0,035
733	0,036	0,035	0,035	0,035
734	0,036	0,035	0,035	0,035
735	0,036	0,035	0,035	0,035
736	0,036	0,035	0,035	0,035
737	0,036	0,035	0,035	0,035
738	0,036	0,035	0,035	0,035
739	0,036	0,035	0,035	0,035
740	0,036	0,035	0,035	0,035

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
741	0,036	0,035	0,035	0,035
742	0,036	0,035	0,035	0,036
743	0,036	0,035	0,035	0,035
744	0,036	0,035	0,035	0,036
745	0,036	0,035	0,035	0,036
746	0,036	0,036	0,035	0,036
747	0,036	0,035	0,035	0,036
748	0,036	0,036	0,035	0,036
749	0,036	0,036	0,035	0,036
750	0,037	0,035	0,035	0,036
751	0,036	0,036	0,035	0,036
752	0,036	0,035	0,035	0,036
753	0,037	0,036	0,036	0,036
754	0,036	0,036	0,036	0,036
755	0,037	0,036	0,035	0,036
756	0,036	0,035	0,035	0,036
757	0,037	0,036	0,035	0,036
758	0,037	0,036	0,036	0,036
759	0,036	0,036	0,036	0,036
760	0,036	0,036	0,036	0,036
761	0,036	0,036	0,036	0,036
762	0,036	0,036	0,035	0,036
763	0,036	0,036	0,035	0,036

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
764	0,036	0,036	0,035	0,036
765	0,036	0,036	0,035	0,036
766	0,036	0,035	0,035	0,036
767	0,036	0,035	0,035	0,036
768	0,036	0,035	0,035	0,035
769	0,036	0,035	0,035	0,035
770	0,036	0,035	0,035	0,035
771	0,036	0,035	0,035	0,035
772	0,036	0,035	0,035	0,035
773	0,036	0,035	0,035	0,035
774	0,036	0,035	0,035	0,035
775	0,036	0,035	0,035	0,036
776	0,036	0,035	0,035	0,035
777	0,036	0,035	0,035	0,035
778	0,036	0,035	0,035	0,035
779	0,036	0,036	0,035	0,035
780	0,036	0,035	0,035	0,035
781	0,036	0,035	0,035	0,035
782	0,036	0,035	0,035	0,035
783	0,036	0,035	0,035	0,035
784	0,036	0,035	0,035	0,035
785	0,036	0,035	0,035	0,035
786	0,036	0,035	0,035	0,035

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
787	0,036	0,035	0,035	0,035
788	0,036	0,035	0,035	0,035
789	0,036	0,036	0,035	0,036
790	0,036	0,036	0,035	0,035
791	0,036	0,036	0,035	0,035
792	0,036	0,036	0,035	0,036
793	0,036	0,036	0,035	0,035
794	0,036	0,036	0,035	0,036
795	0,036	0,036	0,035	0,035
796	0,036	0,036	0,035	0,036
797	0,036	0,036	0,035	0,036
798	0,036	0,036	0,035	0,036
799	0,036	0,035	0,035	0,036
800	0,036	0,035	0,035	0,036

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Tabla 41

Absorbancias obtenidas de la muestra liofilizada de Pimiento Morrón (Capsicum Annuum) 90 – 70% verde

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
400	0,261	0,293	0,298	0,288
401	0,263	0,296	0,301	0,291
402	0,266	0,299	0,304	0,294
403	0,269	0,303	0,308	0,297
404	0,272	0,307	0,313	0,301
405	0,276	0,311	0,317	0,306
406	0,28	0,316	0,321	0,31
407	0,285	0,321	0,327	0,315
408	0,29	0,327	0,333	0,321
409	0,295	0,333	0,339	0,326
410	0,299	0,338	0,344	0,332
411	0,304	0,343	0,349	0,337
412	0,308	0,348	0,354	0,341
413	0,312	0,352	0,359	0,346
414	0,315	0,356	0,363	0,349
415	0,318	0,359	0,366	0,352
416	0,321	0,362	0,369	0,355
417	0,323	0,364	0,371	0,357
418	0,324	0,366	0,373	0,359
419	0,325	0,367	0,374	0,36
420	0,325	0,368	0,375	0,361

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
421	0,326	0,369	0,376	0,362
422	0,327	0,37	0,378	0,363
423	0,328	0,372	0,379	0,364
424	0,329	0,373	0,38	0,366
425	0,331	0,375	0,382	0,368
426	0,333	0,378	0,385	0,37
427	0,336	0,381	0,388	0,374
428	0,34	0,385	0,392	0,378
429	0,344	0,39	0,397	0,382
430	0,348	0,394	0,402	0,387
431	0,352	0,399	0,407	0,392
432	0,357	0,405	0,412	0,397
433	0,361	0,409	0,417	0,402
434	0,365	0,414	0,422	0,406
435	0,368	0,417	0,425	0,409
436	0,371	0,421	0,429	0,413
437	0,374	0,423	0,432	0,415
438	0,375	0,425	0,433	0,417
439	0,375	0,426	0,434	0,417
440	0,375	0,425	0,433	0,416
441	0,373	0,423	0,431	0,415
442	0,371	0,421	0,429	0,412
443	0,368	0,418	0,426	0,409

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
444	0,364	0,412	0,42	0,404
445	0,359	0,407	0,415	0,398
446	0,354	0,401	0,408	0,393
447	0,349	0,395	0,403	0,387
448	0,343	0,389	0,397	0,381
449	0,337	0,382	0,39	0,375
450	0,331	0,375	0,382	0,367
451	0,325	0,368	0,376	0,361
452	0,32	0,362	0,369	0,354
453	0,315	0,356	0,364	0,349
454	0,311	0,352	0,359	0,345
455	0,308	0,348	0,355	0,341
456	0,305	0,345	0,352	0,339
457	0,304	0,344	0,35	0,337
458	0,303	0,343	0,35	0,337
459	0,304	0,344	0,351	0,337
460	0,304	0,345	0,351	0,338
461	0,306	0,346	0,353	0,339
462	0,308	0,349	0,355	0,342
463	0,311	0,352	0,359	0,345
464	0,313	0,355	0,362	0,348
465	0,316	0,358	0,365	0,351
466	0,318	0,36	0,367	0,352

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
467	0,319	0,361	0,368	0,354
468	0,319	0,362	0,369	0,354
469	0,319	0,361	0,368	0,354
470	0,317	0,36	0,366	0,352
471	0,314	0,357	0,364	0,349
472	0,311	0,353	0,359	0,345
473	0,306	0,348	0,354	0,34
474	0,301	0,342	0,348	0,334
475	0,295	0,335	0,341	0,328
476	0,287	0,326	0,333	0,32
477	0,28	0,318	0,324	0,311
478	0,273	0,309	0,315	0,302
479	0,265	0,3	0,306	0,294
480	0,256	0,29	0,295	0,283
481	0,246	0,28	0,285	0,273
482	0,235	0,267	0,272	0,261
483	0,224	0,254	0,259	0,249
484	0,215	0,243	0,249	0,239
485	0,21	0,237	0,242	0,233
486	0,202	0,228	0,233	0,224
487	0,19	0,214	0,219	0,21
488	0,182	0,204	0,209	0,201
489	0,175	0,197	0,202	0,194

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
490	0,168	0,188	0,193	0,186
491	0,157	0,176	0,18	0,173
492	0,15	0,168	0,172	0,166
493	0,146	0,163	0,167	0,161
494	0,14	0,156	0,16	0,154
495	0,133	0,148	0,152	0,146
496	0,127	0,141	0,145	0,14
497	0,122	0,135	0,139	0,134
498	0,118	0,13	0,134	0,129
499	0,114	0,125	0,13	0,124
500	0,11	0,121	0,125	0,12
501	0,106	0,117	0,121	0,116
502	0,103	0,113	0,117	0,113
503	0,1	0,11	0,113	0,109
504	0,097	0,106	0,11	0,106
505	0,094	0,103	0,107	0,103
506	0,092	0,1	0,104	0,1
507	0,089	0,097	0,101	0,097
508	0,086	0,094	0,098	0,094
509	0,084	0,092	0,095	0,092
510	0,082	0,09	0,093	0,09
511	0,081	0,088	0,091	0,088
512	0,079	0,086	0,089	0,086

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
513	0,077	0,084	0,087	0,084
514	0,076	0,083	0,086	0,082
515	0,074	0,081	0,084	0,081
516	0,073	0,079	0,082	0,079
517	0,072	0,078	0,081	0,078
518	0,071	0,077	0,08	0,077
519	0,07	0,076	0,078	0,076
520	0,069	0,075	0,077	0,075
521	0,068	0,073	0,076	0,073
522	0,066	0,072	0,075	0,072
523	0,066	0,071	0,074	0,072
524	0,065	0,07	0,073	0,07
525	0,064	0,069	0,072	0,07
526	0,064	0,069	0,071	0,069
527	0,063	0,068	0,071	0,068
528	0,062	0,067	0,07	0,067
529	0,062	0,067	0,07	0,067
530	0,062	0,066	0,069	0,067
531	0,061	0,066	0,069	0,066
532	0,06	0,065	0,068	0,065
533	0,06	0,064	0,068	0,065
534	0,06	0,064	0,067	0,065
535	0,059	0,064	0,067	0,064

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
536	0,059	0,063	0,066	0,064
537	0,059	0,063	0,065	0,063
538	0,058	0,062	0,065	0,063
539	0,058	0,061	0,064	0,062
540	0,057	0,061	0,064	0,061
541	0,057	0,06	0,063	0,061
542	0,057	0,06	0,063	0,061
543	0,056	0,059	0,062	0,06
544	0,056	0,059	0,062	0,06
545	0,055	0,058	0,061	0,059
546	0,054	0,058	0,061	0,059
547	0,054	0,058	0,06	0,058
548	0,054	0,057	0,06	0,058
549	0,054	0,057	0,06	0,058
550	0,053	0,057	0,059	0,057
551	0,053	0,056	0,059	0,057
552	0,053	0,056	0,059	0,057
553	0,053	0,056	0,059	0,057
554	0,053	0,056	0,059	0,057
555	0,053	0,056	0,059	0,057
556	0,053	0,056	0,059	0,057
557	0,052	0,056	0,058	0,057
558	0,052	0,055	0,058	0,056

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
559	0,052	0,055	0,058	0,056
560	0,052	0,055	0,058	0,056
561	0,052	0,055	0,058	0,056
562	0,052	0,055	0,058	0,056
563	0,052	0,056	0,058	0,056
564	0,052	0,056	0,058	0,057
565	0,052	0,055	0,058	0,056
566	0,052	0,056	0,058	0,057
567	0,052	0,056	0,058	0,057
568	0,052	0,056	0,058	0,057
569	0,052	0,056	0,058	0,057
570	0,052	0,056	0,058	0,057
571	0,053	0,056	0,059	0,057
572	0,053	0,056	0,059	0,057
573	0,053	0,057	0,059	0,058
574	0,053	0,057	0,059	0,058
575	0,053	0,057	0,059	0,058
576	0,054	0,057	0,059	0,058
577	0,054	0,057	0,059	0,058
578	0,054	0,058	0,06	0,059
579	0,055	0,058	0,06	0,059
580	0,055	0,058	0,06	0,059
581	0,055	0,058	0,061	0,059

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
582	0,055	0,059	0,061	0,06
583	0,055	0,059	0,061	0,06
584	0,056	0,059	0,062	0,06
585	0,056	0,059	0,062	0,061
586	0,057	0,06	0,063	0,061
587	0,057	0,06	0,063	0,061
588	0,057	0,061	0,064	0,062
589	0,058	0,061	0,064	0,062
590	0,058	0,061	0,064	0,063
591	0,059	0,062	0,065	0,063
592	0,059	0,063	0,065	0,064
593	0,059	0,063	0,066	0,064
594	0,06	0,064	0,067	0,065
595	0,06	0,064	0,067	0,065
596	0,061	0,065	0,068	0,066
597	0,062	0,066	0,069	0,067
598	0,062	0,067	0,07	0,068
599	0,063	0,067	0,07	0,068
600	0,064	0,068	0,071	0,069
601	0,064	0,069	0,072	0,07
602	0,065	0,07	0,073	0,071
603	0,066	0,07	0,073	0,071
604	0,066	0,071	0,074	0,072

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
605	0,067	0,072	0,075	0,073
606	0,068	0,073	0,076	0,074
607	0,068	0,073	0,076	0,074
608	0,069	0,074	0,077	0,075
609	0,069	0,074	0,077	0,075
610	0,069	0,075	0,078	0,076
611	0,07	0,075	0,078	0,076
612	0,07	0,075	0,078	0,076
613	0,07	0,075	0,078	0,076
614	0,07	0,075	0,078	0,076
615	0,07	0,075	0,078	0,076
616	0,07	0,075	0,078	0,076
617	0,07	0,075	0,078	0,075
618	0,069	0,074	0,077	0,075
619	0,069	0,074	0,078	0,075
620	0,069	0,074	0,077	0,075
621	0,069	0,073	0,077	0,075
622	0,068	0,073	0,076	0,074
623	0,068	0,073	0,076	0,074
624	0,068	0,073	0,076	0,074
625	0,068	0,073	0,076	0,074
626	0,068	0,073	0,076	0,073
627	0,068	0,073	0,076	0,074

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
628	0,068	0,073	0,076	0,074
629	0,068	0,073	0,076	0,074
630	0,068	0,073	0,077	0,074
631	0,069	0,074	0,077	0,075
632	0,07	0,075	0,078	0,075
633	0,069	0,075	0,078	0,076
634	0,071	0,076	0,08	0,077
635	0,071	0,077	0,08	0,077
636	0,073	0,079	0,082	0,079
637	0,074	0,08	0,083	0,08
638	0,075	0,081	0,085	0,082
639	0,076	0,083	0,086	0,083
640	0,078	0,085	0,088	0,085
641	0,08	0,087	0,09	0,086
642	0,081	0,089	0,092	0,089
643	0,083	0,091	0,095	0,091
644	0,085	0,093	0,097	0,093
645	0,088	0,096	0,1	0,096
646	0,09	0,099	0,103	0,099
647	0,093	0,103	0,106	0,102
648	0,097	0,106	0,11	0,105
649	0,1	0,11	0,114	0,109
650	0,103	0,114	0,118	0,113

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
651	0,107	0,118	0,123	0,118
652	0,112	0,124	0,128	0,123
653	0,116	0,129	0,133	0,127
654	0,121	0,134	0,138	0,132
655	0,126	0,14	0,144	0,138
656	0,131	0,146	0,15	0,144
657	0,137	0,153	0,157	0,15
658	0,143	0,159	0,164	0,157
659	0,148	0,165	0,17	0,163
660	0,152	0,171	0,175	0,168
661	0,156	0,175	0,179	0,172
662	0,16	0,18	0,184	0,176
663	0,162	0,183	0,187	0,179
664	0,164	0,184	0,189	0,181
665	0,164	0,185	0,189	0,181
666	0,163	0,183	0,188	0,18
667	0,161	0,181	0,185	0,177
668	0,157	0,176	0,181	0,173
669	0,152	0,171	0,175	0,167
670	0,146	0,164	0,168	0,161
671	0,14	0,157	0,161	0,154
672	0,132	0,148	0,152	0,146
673	0,124	0,139	0,143	0,137

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
674	0,116	0,129	0,133	0,128
675	0,108	0,12	0,124	0,119
676	0,1	0,111	0,115	0,11
677	0,092	0,102	0,106	0,101
678	0,085	0,093	0,097	0,093
679	0,078	0,086	0,089	0,086
680	0,072	0,079	0,082	0,079
681	0,067	0,073	0,076	0,073
682	0,062	0,068	0,071	0,068
683	0,058	0,063	0,066	0,063
684	0,054	0,058	0,061	0,059
685	0,051	0,054	0,058	0,055
686	0,048	0,051	0,054	0,052
687	0,046	0,048	0,052	0,05
688	0,044	0,046	0,049	0,048
689	0,042	0,044	0,047	0,045
690	0,041	0,043	0,046	0,044
691	0,04	0,042	0,045	0,043
692	0,039	0,041	0,044	0,042
693	0,039	0,04	0,043	0,041
694	0,037	0,039	0,042	0,04
695	0,037	0,039	0,041	0,04
696	0,036	0,038	0,041	0,039

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
697	0,036	0,037	0,04	0,039
698	0,036	0,037	0,04	0,038
699	0,036	0,037	0,04	0,039
700	0,035	0,037	0,039	0,038
701	0,035	0,037	0,04	0,038
702	0,035	0,037	0,04	0,038
703	0,035	0,036	0,039	0,038
704	0,034	0,036	0,039	0,037
705	0,034	0,036	0,039	0,037
706	0,034	0,036	0,038	0,037
707	0,034	0,036	0,039	0,037
708	0,034	0,036	0,039	0,037
709	0,034	0,035	0,038	0,037
710	0,034	0,036	0,039	0,037
711	0,034	0,035	0,038	0,037
712	0,034	0,036	0,038	0,037
713	0,034	0,036	0,039	0,037
714	0,034	0,036	0,039	0,037
715	0,034	0,036	0,039	0,037
716	0,034	0,036	0,038	0,037
717	0,034	0,036	0,038	0,037
718	0,034	0,036	0,038	0,037
719	0,034	0,035	0,038	0,037

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
720	0,034	0,035	0,038	0,037
721	0,034	0,035	0,038	0,037
722	0,034	0,035	0,038	0,037
723	0,034	0,035	0,038	0,036
724	0,034	0,035	0,038	0,036
725	0,034	0,035	0,038	0,036
726	0,034	0,035	0,038	0,036
727	0,034	0,035	0,038	0,037
728	0,034	0,035	0,038	0,036
729	0,034	0,035	0,038	0,037
730	0,034	0,035	0,038	0,037
731	0,034	0,035	0,038	0,037
732	0,034	0,036	0,039	0,037
733	0,034	0,035	0,038	0,037
734	0,034	0,036	0,038	0,037
735	0,034	0,035	0,038	0,037
736	0,034	0,036	0,039	0,037
737	0,034	0,036	0,039	0,037
738	0,034	0,035	0,038	0,037
739	0,034	0,036	0,039	0,037
740	0,034	0,036	0,039	0,037
741	0,034	0,036	0,039	0,037
742	0,035	0,036	0,039	0,037

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
743	0,034	0,036	0,039	0,037
744	0,034	0,036	0,039	0,037
745	0,034	0,036	0,039	0,037
746	0,035	0,036	0,039	0,037
747	0,035	0,036	0,039	0,038
748	0,035	0,036	0,039	0,038
749	0,035	0,036	0,039	0,038
750	0,035	0,036	0,039	0,038
751	0,035	0,036	0,039	0,038
752	0,035	0,036	0,039	0,038
753	0,035	0,036	0,039	0,038
754	0,035	0,036	0,039	0,038
755	0,035	0,036	0,039	0,038
756	0,035	0,036	0,039	0,038
757	0,035	0,036	0,039	0,038
758	0,035	0,036	0,039	0,038
759	0,035	0,036	0,039	0,038
760	0,035	0,036	0,039	0,038
761	0,035	0,036	0,039	0,037
762	0,035	0,036	0,039	0,037
763	0,035	0,036	0,039	0,038
764	0,035	0,036	0,039	0,037
765	0,035	0,036	0,039	0,037

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
766	0,035	0,036	0,039	0,038
767	0,034	0,036	0,039	0,037
768	0,035	0,036	0,039	0,037
769	0,035	0,036	0,039	0,037
770	0,034	0,036	0,039	0,037
771	0,035	0,036	0,039	0,037
772	0,034	0,036	0,039	0,037
773	0,035	0,036	0,039	0,037
774	0,034	0,036	0,039	0,037
775	0,035	0,036	0,038	0,037
776	0,035	0,036	0,038	0,037
777	0,035	0,036	0,038	0,037
778	0,035	0,036	0,039	0,037
779	0,035	0,036	0,039	0,037
780	0,035	0,036	0,039	0,037
781	0,035	0,036	0,039	0,037
782	0,035	0,036	0,039	0,037
783	0,035	0,036	0,039	0,037
784	0,035	0,036	0,039	0,037
785	0,035	0,036	0,039	0,037
786	0,035	0,036	0,039	0,038
787	0,035	0,036	0,039	0,037
788	0,035	0,036	0,039	0,037

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
789	0,035	0,036	0,039	0,037
790	0,035	0,036	0,039	0,037
791	0,035	0,036	0,039	0,037
792	0,035	0,036	0,039	0,037
793	0,035	0,036	0,039	0,037
794	0,035	0,036	0,039	0,037
795	0,035	0,036	0,039	0,037
796	0,035	0,036	0,039	0,037
797	0,035	0,036	0,039	0,037
798	0,035	0,036	0,039	0,037
799	0,035	0,036	0,039	0,038
800	0,035	0,036	0,039	0,037

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Tabla 42

Absorbancias obtenidas de la muestra liofilizada de Pimiento Morrón (Capsicum Annuum) 60 - 40% verde

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
400	0,294	0,301	0,288	0,287
401	0,298	0,304	0,292	0,29
402	0,301	0,308	0,295	0,294
403	0,305	0,312	0,299	0,298
404	0,31	0,316	0,303	0,302
405	0,314	0,32	0,308	0,306
406	0,319	0,325	0,312	0,311
407	0,324	0,331	0,318	0,316
408	0,329	0,336	0,323	0,321
409	0,335	0,342	0,328	0,327
410	0,341	0,347	0,333	0,332
411	0,346	0,352	0,338	0,337
412	0,35	0,356	0,342	0,341
413	0,354	0,36	0,346	0,345
414	0,358	0,364	0,349	0,348
415	0,361	0,366	0,353	0,351
416	0,364	0,37	0,355	0,354
417	0,366	0,371	0,357	0,355
418	0,367	0,373	0,358	0,357
419	0,369	0,374	0,36	0,359
420	0,37	0,375	0,361	0,359

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
421	0,371	0,376	0,361	0,36
422	0,372	0,377	0,363	0,361
423	0,373	0,379	0,364	0,363
424	0,375	0,381	0,366	0,365
425	0,377	0,383	0,368	0,367
426	0,379	0,385	0,37	0,369
427	0,383	0,389	0,374	0,372
428	0,387	0,392	0,377	0,376
429	0,391	0,397	0,382	0,38
430	0,395	0,402	0,386	0,385
431	0,401	0,407	0,391	0,389
432	0,405	0,411	0,396	0,394
433	0,41	0,417	0,401	0,399
434	0,415	0,421	0,405	0,403
435	0,419	0,425	0,408	0,407
436	0,422	0,429	0,412	0,41
437	0,426	0,432	0,415	0,414
438	0,429	0,434	0,418	0,416
439	0,43	0,436	0,419	0,417
440	0,431	0,437	0,42	0,418
441	0,432	0,437	0,421	0,418
442	0,431	0,437	0,42	0,418
443	0,43	0,436	0,419	0,417

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
444	0,428	0,434	0,417	0,415
445	0,426	0,431	0,414	0,412
446	0,422	0,428	0,411	0,409
447	0,42	0,425	0,408	0,407
448	0,416	0,422	0,406	0,404
449	0,413	0,419	0,402	0,4
450	0,409	0,416	0,399	0,397
451	0,406	0,412	0,395	0,394
452	0,403	0,409	0,392	0,391
453	0,401	0,407	0,39	0,389
454	0,399	0,405	0,389	0,387
455	0,398	0,404	0,388	0,386
456	0,398	0,403	0,387	0,386
457	0,398	0,404	0,388	0,387
458	0,4	0,405	0,389	0,388
459	0,402	0,408	0,392	0,39
460	0,404	0,41	0,394	0,393
461	0,407	0,413	0,396	0,395
462	0,41	0,416	0,4	0,398
463	0,413	0,419	0,403	0,402
464	0,416	0,423	0,406	0,405
465	0,419	0,426	0,409	0,408
466	0,421	0,428	0,411	0,41

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
467	0,423	0,429	0,413	0,411
468	0,423	0,43	0,413	0,412
469	0,422	0,429	0,413	0,411
470	0,421	0,427	0,411	0,409
471	0,418	0,425	0,408	0,407
472	0,414	0,421	0,405	0,403
473	0,409	0,416	0,4	0,398
474	0,404	0,411	0,395	0,393
475	0,398	0,405	0,389	0,387
476	0,389	0,397	0,381	0,379
477	0,382	0,39	0,374	0,372
478	0,374	0,382	0,366	0,364
479	0,366	0,374	0,358	0,357
480	0,357	0,365	0,35	0,348
481	0,348	0,356	0,341	0,339
482	0,337	0,346	0,331	0,329
483	0,326	0,335	0,32	0,318
484	0,317	0,326	0,311	0,31
485	0,312	0,322	0,307	0,305
486	0,304	0,314	0,299	0,297
487	0,293	0,302	0,288	0,286
488	0,285	0,295	0,28	0,279
489	0,279	0,289	0,275	0,273

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
490	0,272	0,281	0,268	0,266
491	0,262	0,272	0,258	0,257
492	0,256	0,266	0,252	0,25
493	0,251	0,261	0,248	0,246
494	0,246	0,256	0,242	0,241
495	0,238	0,249	0,235	0,234
496	0,233	0,243	0,23	0,228
497	0,227	0,238	0,225	0,223
498	0,223	0,234	0,22	0,219
499	0,219	0,23	0,216	0,215
500	0,214	0,226	0,212	0,211
501	0,21	0,221	0,207	0,206
502	0,206	0,218	0,203	0,203
503	0,202	0,213	0,199	0,198
504	0,198	0,21	0,195	0,195
505	0,194	0,206	0,192	0,191
506	0,19	0,203	0,188	0,188
507	0,186	0,199	0,184	0,183
508	0,181	0,195	0,18	0,179
509	0,178	0,191	0,176	0,175
510	0,174	0,188	0,173	0,172
511	0,171	0,185	0,169	0,168
512	0,167	0,182	0,166	0,165

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
513	0,164	0,178	0,162	0,162
514	0,16	0,175	0,159	0,158
515	0,156	0,172	0,155	0,154
516	0,153	0,169	0,151	0,151
517	0,149	0,165	0,148	0,147
518	0,146	0,162	0,145	0,144
519	0,144	0,16	0,142	0,141
520	0,14	0,157	0,139	0,139
521	0,137	0,154	0,136	0,136
522	0,134	0,152	0,133	0,132
523	0,131	0,149	0,13	0,13
524	0,128	0,146	0,127	0,127
525	0,125	0,144	0,124	0,124
526	0,122	0,141	0,121	0,121
527	0,12	0,139	0,119	0,118
528	0,117	0,136	0,116	0,115
529	0,115	0,135	0,114	0,114
530	0,113	0,133	0,113	0,112
531	0,111	0,131	0,11	0,11
532	0,108	0,129	0,108	0,107
533	0,106	0,127	0,105	0,105
534	0,105	0,126	0,104	0,104
535	0,102	0,124	0,102	0,102

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
536	0,1	0,122	0,1	0,1
537	0,098	0,12	0,098	0,098
538	0,096	0,118	0,096	0,096
539	0,094	0,116	0,094	0,094
540	0,091	0,114	0,091	0,091
541	0,089	0,112	0,089	0,089
542	0,088	0,111	0,088	0,088
543	0,086	0,109	0,086	0,086
544	0,084	0,108	0,084	0,085
545	0,082	0,106	0,083	0,083
546	0,08	0,104	0,081	0,081
547	0,079	0,103	0,079	0,08
548	0,078	0,102	0,078	0,079
549	0,076	0,101	0,076	0,077
550	0,075	0,1	0,075	0,076
551	0,073	0,099	0,074	0,074
552	0,072	0,097	0,073	0,073
553	0,071	0,096	0,072	0,072
554	0,07	0,096	0,071	0,072
555	0,07	0,095	0,07	0,071
556	0,069	0,094	0,069	0,07
557	0,068	0,093	0,068	0,069
558	0,067	0,092	0,067	0,068

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
559	0,066	0,092	0,067	0,067
560	0,065	0,091	0,066	0,067
561	0,065	0,091	0,065	0,066
562	0,064	0,091	0,065	0,066
563	0,063	0,09	0,064	0,065
564	0,063	0,09	0,064	0,064
565	0,062	0,09	0,063	0,064
566	0,062	0,089	0,063	0,064
567	0,062	0,089	0,063	0,063
568	0,061	0,089	0,062	0,063
569	0,061	0,089	0,061	0,062
570	0,06	0,088	0,061	0,062
571	0,059	0,088	0,06	0,061
572	0,059	0,088	0,06	0,061
573	0,059	0,088	0,06	0,061
574	0,059	0,088	0,06	0,061
575	0,058	0,088	0,059	0,06
576	0,059	0,088	0,059	0,06
577	0,058	0,088	0,059	0,06
578	0,058	0,088	0,059	0,06
579	0,058	0,088	0,059	0,06
580	0,058	0,088	0,059	0,06
581	0,058	0,087	0,059	0,06

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
582	0,058	0,087	0,059	0,06
583	0,058	0,088	0,059	0,06
584	0,058	0,088	0,059	0,06
585	0,058	0,087	0,059	0,06
586	0,058	0,088	0,059	0,06
587	0,059	0,087	0,059	0,06
588	0,059	0,087	0,06	0,061
589	0,059	0,087	0,06	0,061
590	0,059	0,088	0,06	0,061
591	0,06	0,088	0,061	0,061
592	0,06	0,087	0,061	0,062
593	0,06	0,087	0,061	0,062
594	0,061	0,087	0,062	0,063
595	0,061	0,086	0,062	0,063
596	0,062	0,086	0,063	0,063
597	0,063	0,086	0,063	0,064
598	0,063	0,086	0,064	0,064
599	0,064	0,086	0,064	0,065
600	0,064	0,085	0,065	0,065
601	0,065	0,085	0,066	0,066
602	0,065	0,085	0,066	0,066
603	0,066	0,085	0,067	0,067
604	0,066	0,085	0,067	0,068

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
605	0,067	0,084	0,068	0,068
606	0,067	0,084	0,068	0,068
607	0,068	0,084	0,068	0,068
608	0,068	0,083	0,068	0,068
609	0,068	0,083	0,069	0,069
610	0,068	0,082	0,069	0,069
611	0,068	0,082	0,069	0,069
612	0,069	0,082	0,069	0,069
613	0,068	0,081	0,069	0,069
614	0,068	0,08	0,068	0,068
615	0,068	0,079	0,069	0,069
616	0,067	0,079	0,068	0,068
617	0,067	0,078	0,068	0,068
618	0,067	0,077	0,067	0,067
619	0,067	0,076	0,067	0,067
620	0,066	0,076	0,067	0,066
621	0,066	0,075	0,066	0,066
622	0,066	0,075	0,066	0,066
623	0,065	0,075	0,066	0,066
624	0,065	0,074	0,066	0,066
625	0,065	0,073	0,065	0,065
626	0,065	0,073	0,066	0,065
627	0,065	0,073	0,066	0,065

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
628	0,065	0,073	0,066	0,065
629	0,065	0,073	0,066	0,066
630	0,066	0,073	0,066	0,066
631	0,066	0,073	0,067	0,067
632	0,067	0,073	0,067	0,067
633	0,067	0,074	0,067	0,067
634	0,068	0,075	0,069	0,068
635	0,069	0,075	0,069	0,069
636	0,07	0,076	0,07	0,07
637	0,071	0,077	0,071	0,071
638	0,072	0,078	0,073	0,072
639	0,073	0,079	0,074	0,074
640	0,075	0,081	0,075	0,075
641	0,076	0,082	0,077	0,076
642	0,079	0,084	0,079	0,079
643	0,081	0,086	0,081	0,08
644	0,082	0,088	0,083	0,083
645	0,085	0,09	0,085	0,085
646	0,087	0,092	0,087	0,087
647	0,09	0,095	0,09	0,09
648	0,092	0,097	0,093	0,092
649	0,096	0,1	0,096	0,096
650	0,099	0,103	0,099	0,099

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
651	0,102	0,107	0,103	0,102
652	0,106	0,11	0,106	0,106
653	0,11	0,114	0,11	0,11
654	0,113	0,118	0,114	0,113
655	0,118	0,123	0,119	0,118
656	0,123	0,127	0,123	0,123
657	0,127	0,132	0,128	0,128
658	0,132	0,136	0,133	0,132
659	0,137	0,141	0,138	0,137
660	0,14	0,145	0,141	0,14
661	0,143	0,147	0,144	0,143
662	0,146	0,151	0,147	0,147
663	0,148	0,153	0,149	0,149
664	0,15	0,154	0,151	0,15
665	0,15	0,154	0,151	0,15
666	0,148	0,153	0,15	0,149
667	0,146	0,15	0,147	0,146
668	0,142	0,147	0,144	0,143
669	0,138	0,142	0,139	0,138
670	0,133	0,137	0,134	0,133
671	0,127	0,131	0,129	0,128
672	0,12	0,124	0,121	0,121
673	0,113	0,117	0,115	0,113

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
674	0,106	0,11	0,107	0,107
675	0,099	0,102	0,1	0,099
676	0,092	0,095	0,093	0,092
677	0,086	0,089	0,086	0,086
678	0,079	0,082	0,08	0,079
679	0,073	0,076	0,074	0,073
680	0,068	0,071	0,069	0,068
681	0,064	0,067	0,064	0,064
682	0,06	0,063	0,06	0,06
683	0,057	0,059	0,057	0,056
684	0,053	0,056	0,054	0,053
685	0,051	0,053	0,051	0,05
686	0,048	0,051	0,049	0,048
687	0,046	0,049	0,047	0,046
688	0,044	0,047	0,045	0,044
689	0,043	0,046	0,044	0,043
690	0,042	0,045	0,043	0,042
691	0,041	0,044	0,042	0,041
692	0,04	0,043	0,041	0,04
693	0,04	0,043	0,04	0,04
694	0,039	0,042	0,04	0,039
695	0,038	0,042	0,039	0,038
696	0,038	0,042	0,039	0,038

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
697	0,038	0,041	0,038	0,038
698	0,037	0,04	0,038	0,037
699	0,037	0,04	0,038	0,037
700	0,038	0,04	0,038	0,038
701	0,038	0,039	0,038	0,037
702	0,037	0,039	0,037	0,037
703	0,037	0,04	0,038	0,037
704	0,037	0,039	0,037	0,037
705	0,037	0,04	0,037	0,037
706	0,037	0,039	0,037	0,037
707	0,036	0,039	0,037	0,037
708	0,037	0,038	0,037	0,037
709	0,037	0,039	0,037	0,037
710	0,036	0,038	0,037	0,036
711	0,036	0,039	0,036	0,036
712	0,037	0,039	0,037	0,037
713	0,036	0,039	0,037	0,037
714	0,037	0,039	0,037	0,036
715	0,037	0,039	0,037	0,036
716	0,036	0,038	0,037	0,036
717	0,036	0,038	0,037	0,036
718	0,036	0,038	0,037	0,036
719	0,036	0,038	0,037	0,036

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
720	0,036	0,038	0,037	0,036
721	0,036	0,038	0,037	0,036
722	0,036	0,038	0,036	0,036
723	0,036	0,038	0,036	0,036
724	0,036	0,038	0,036	0,036
725	0,036	0,038	0,037	0,036
726	0,036	0,038	0,036	0,036
727	0,036	0,038	0,036	0,036
728	0,036	0,038	0,036	0,036
729	0,036	0,038	0,036	0,036
730	0,036	0,038	0,036	0,036
731	0,037	0,038	0,037	0,036
732	0,036	0,038	0,037	0,036
733	0,036	0,038	0,036	0,036
734	0,036	0,038	0,037	0,036
735	0,037	0,038	0,037	0,036
736	0,037	0,038	0,037	0,037
737	0,036	0,038	0,037	0,036
738	0,037	0,038	0,037	0,037
739	0,037	0,038	0,037	0,036
740	0,037	0,039	0,037	0,037
741	0,037	0,038	0,037	0,036
742	0,037	0,039	0,037	0,037

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
743	0,037	0,039	0,037	0,036
744	0,037	0,039	0,037	0,037
745	0,037	0,039	0,037	0,036
746	0,037	0,039	0,037	0,036
747	0,038	0,039	0,037	0,037
748	0,038	0,039	0,037	0,036
749	0,038	0,039	0,037	0,037
750	0,038	0,039	0,037	0,037
751	0,038	0,039	0,037	0,037
752	0,038	0,039	0,037	0,037
753	0,037	0,038	0,037	0,037
754	0,038	0,039	0,038	0,037
755	0,038	0,039	0,038	0,037
756	0,038	0,039	0,037	0,037
757	0,038	0,039	0,037	0,037
758	0,037	0,039	0,037	0,037
759	0,037	0,039	0,037	0,037
760	0,037	0,039	0,037	0,037
761	0,037	0,039	0,038	0,037
762	0,037	0,039	0,037	0,037
763	0,037	0,038	0,037	0,037
764	0,037	0,038	0,037	0,037
765	0,037	0,038	0,037	0,037

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
766	0,037	0,038	0,037	0,037
767	0,036	0,038	0,037	0,037
768	0,037	0,038	0,037	0,037
769	0,036	0,038	0,037	0,036
770	0,036	0,038	0,037	0,036
771	0,036	0,038	0,037	0,036
772	0,036	0,038	0,037	0,036
773	0,037	0,038	0,037	0,036
774	0,036	0,038	0,037	0,036
775	0,037	0,038	0,037	0,036
776	0,037	0,038	0,037	0,036
777	0,036	0,038	0,037	0,036
778	0,037	0,038	0,037	0,036
779	0,037	0,038	0,037	0,037
780	0,037	0,038	0,037	0,036
781	0,037	0,038	0,037	0,037
782	0,037	0,038	0,037	0,037
783	0,037	0,038	0,037	0,036
784	0,037	0,038	0,037	0,036
785	0,036	0,038	0,037	0,036
786	0,037	0,038	0,037	0,036
787	0,036	0,038	0,037	0,036
788	0,036	0,038	0,037	0,036

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
789	0,037	0,038	0,037	0,036
790	0,037	0,038	0,037	0,036
791	0,037	0,038	0,037	0,037
792	0,037	0,038	0,037	0,036
793	0,037	0,038	0,037	0,037
794	0,037	0,038	0,037	0,037
795	0,037	0,038	0,037	0,036
796	0,037	0,039	0,037	0,036
797	0,037	0,039	0,037	0,037
798	0,037	0,038	0,037	0,037
799	0,037	0,038	0,037	0,036
800	0,037	0,038	0,037	0,037

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Tabla 43

Absorbancias obtenidas de la muestra liofilizada de Pimiento Morrón (Capsicum Annuum) 100% verde

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
400	0,324	0,317	0,322	0,301
401	0,329	0,322	0,327	0,305
402	0,334	0,328	0,332	0,31
403	0,34	0,333	0,338	0,316
404	0,345	0,339	0,343	0,321
405	0,351	0,344	0,349	0,326
406	0,357	0,35	0,355	0,332
407	0,364	0,358	0,362	0,338
408	0,372	0,364	0,369	0,345
409	0,38	0,373	0,377	0,352
410	0,387	0,38	0,385	0,359
411	0,395	0,388	0,392	0,366
412	0,403	0,395	0,4	0,373
413	0,411	0,403	0,408	0,381
414	0,419	0,411	0,416	0,388
415	0,427	0,419	0,424	0,396
416	0,435	0,427	0,432	0,403
417	0,442	0,434	0,439	0,41
418	0,45	0,441	0,446	0,417
419	0,456	0,448	0,453	0,423
420	0,463	0,454	0,46	0,429

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
421	0,469	0,46	0,465	0,434
422	0,474	0,466	0,471	0,44
423	0,48	0,472	0,477	0,446
424	0,486	0,478	0,483	0,451
425	0,492	0,483	0,488	0,456
426	0,497	0,489	0,494	0,461
427	0,504	0,495	0,5	0,467
428	0,51	0,502	0,507	0,474
429	0,518	0,509	0,514	0,48
430	0,525	0,516	0,521	0,487
431	0,533	0,524	0,529	0,494
432	0,54	0,531	0,537	0,501
433	0,548	0,539	0,544	0,508
434	0,555	0,546	0,551	0,515
435	0,563	0,553	0,559	0,521
436	0,571	0,561	0,566	0,529
437	0,578	0,569	0,574	0,536
438	0,585	0,576	0,581	0,542
439	0,592	0,582	0,587	0,549
440	0,598	0,588	0,593	0,554
441	0,603	0,593	0,598	0,559
442	0,608	0,598	0,603	0,563
443	0,612	0,602	0,608	0,568

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
444	0,616	0,607	0,612	0,571
445	0,619	0,61	0,615	0,575
446	0,622	0,612	0,618	0,577
447	0,623	0,613	0,619	0,578
448	0,624	0,614	0,62	0,579
449	0,624	0,615	0,62	0,579
450	0,624	0,615	0,62	0,579
451	0,623	0,614	0,619	0,579
452	0,622	0,612	0,618	0,578
453	0,621	0,612	0,617	0,577
454	0,62	0,61	0,616	0,576
455	0,618	0,609	0,615	0,575
456	0,618	0,609	0,615	0,575
457	0,618	0,609	0,615	0,574
458	0,619	0,609	0,615	0,575
459	0,62	0,61	0,616	0,576
460	0,62	0,611	0,617	0,577
461	0,622	0,612	0,618	0,578
462	0,625	0,615	0,621	0,58
463	0,627	0,618	0,623	0,583
464	0,63	0,62	0,626	0,585
465	0,632	0,623	0,628	0,587
466	0,634	0,625	0,63	0,589

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
467	0,636	0,626	0,632	0,59
468	0,637	0,627	0,632	0,591
469	0,636	0,627	0,632	0,591
470	0,635	0,626	0,631	0,59
471	0,633	0,623	0,629	0,588
472	0,629	0,621	0,625	0,585
473	0,625	0,616	0,621	0,58
474	0,62	0,611	0,616	0,576
475	0,614	0,605	0,61	0,571
476	0,606	0,598	0,603	0,564
477	0,599	0,591	0,596	0,557
478	0,591	0,583	0,588	0,55
479	0,583	0,575	0,58	0,542
480	0,573	0,566	0,571	0,534
481	0,564	0,556	0,561	0,525
482	0,552	0,545	0,55	0,515
483	0,54	0,533	0,538	0,503
484	0,53	0,523	0,528	0,495
485	0,524	0,517	0,522	0,489
486	0,515	0,508	0,514	0,481
487	0,501	0,494	0,5	0,468
488	0,491	0,485	0,49	0,459
489	0,484	0,478	0,483	0,452

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
490	0,475	0,469	0,474	0,444
491	0,461	0,455	0,461	0,431
492	0,453	0,447	0,452	0,423
493	0,447	0,441	0,446	0,418
494	0,438	0,432	0,437	0,409
495	0,427	0,422	0,427	0,4
496	0,418	0,412	0,417	0,391
497	0,409	0,404	0,408	0,382
498	0,401	0,396	0,4	0,375
499	0,393	0,389	0,393	0,368
500	0,386	0,381	0,385	0,36
501	0,377	0,372	0,376	0,353
502	0,369	0,364	0,368	0,345
503	0,361	0,357	0,36	0,338
504	0,353	0,348	0,352	0,33
505	0,346	0,342	0,344	0,323
506	0,338	0,334	0,337	0,316
507	0,329	0,325	0,328	0,307
508	0,321	0,317	0,32	0,3
509	0,313	0,309	0,312	0,292
510	0,306	0,302	0,304	0,285
511	0,298	0,295	0,297	0,279
512	0,291	0,287	0,289	0,272

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
513	0,284	0,281	0,283	0,265
514	0,277	0,273	0,275	0,258
515	0,27	0,266	0,268	0,252
516	0,262	0,259	0,261	0,245
517	0,255	0,252	0,253	0,238
518	0,247	0,244	0,246	0,231
519	0,242	0,238	0,24	0,226
520	0,235	0,232	0,234	0,22
521	0,229	0,226	0,227	0,214
522	0,222	0,218	0,22	0,207
523	0,215	0,212	0,214	0,201
524	0,208	0,205	0,207	0,195
525	0,202	0,199	0,201	0,189
526	0,196	0,194	0,195	0,184
527	0,19	0,187	0,189	0,178
528	0,183	0,18	0,182	0,171
529	0,179	0,177	0,178	0,168
530	0,175	0,173	0,175	0,164
531	0,169	0,167	0,169	0,159
532	0,163	0,161	0,162	0,153
533	0,158	0,156	0,157	0,148
534	0,154	0,152	0,154	0,145
535	0,15	0,148	0,149	0,141

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
536	0,144	0,142	0,144	0,136
537	0,14	0,138	0,14	0,132
538	0,137	0,135	0,136	0,129
539	0,132	0,13	0,131	0,124
540	0,127	0,125	0,127	0,12
541	0,123	0,121	0,123	0,116
542	0,121	0,119	0,12	0,114
543	0,117	0,116	0,117	0,111
544	0,114	0,112	0,114	0,107
545	0,11	0,109	0,11	0,104
546	0,107	0,105	0,107	0,101
547	0,104	0,103	0,104	0,099
548	0,102	0,1	0,102	0,096
549	0,099	0,097	0,099	0,094
550	0,096	0,094	0,096	0,091
551	0,093	0,092	0,093	0,088
552	0,09	0,089	0,091	0,086
553	0,088	0,087	0,088	0,084
554	0,086	0,085	0,086	0,082
555	0,084	0,083	0,085	0,08
556	0,082	0,08	0,082	0,078
557	0,08	0,079	0,08	0,076
558	0,078	0,077	0,078	0,074

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
559	0,076	0,075	0,077	0,073
560	0,074	0,073	0,075	0,071
561	0,073	0,072	0,073	0,07
562	0,071	0,07	0,072	0,068
563	0,07	0,069	0,07	0,067
564	0,068	0,067	0,069	0,066
565	0,067	0,066	0,068	0,064
566	0,065	0,064	0,066	0,063
567	0,064	0,063	0,065	0,062
568	0,063	0,062	0,064	0,061
569	0,062	0,061	0,063	0,06
570	0,061	0,06	0,061	0,059
571	0,06	0,059	0,06	0,058
572	0,059	0,058	0,059	0,057
573	0,058	0,057	0,059	0,056
574	0,057	0,056	0,058	0,055
575	0,056	0,056	0,057	0,054
576	0,055	0,055	0,056	0,054
577	0,055	0,054	0,056	0,053
578	0,054	0,053	0,055	0,052
579	0,053	0,053	0,054	0,051
580	0,053	0,052	0,053	0,051
581	0,052	0,051	0,053	0,051

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
582	0,051	0,051	0,052	0,05
583	0,051	0,05	0,052	0,049
584	0,051	0,05	0,051	0,049
585	0,05	0,049	0,051	0,049
586	0,05	0,049	0,051	0,048
587	0,049	0,049	0,05	0,048
588	0,049	0,048	0,05	0,047
589	0,049	0,048	0,05	0,047
590	0,048	0,048	0,049	0,047
591	0,048	0,047	0,049	0,047
592	0,048	0,047	0,049	0,046
593	0,048	0,047	0,048	0,046
594	0,047	0,046	0,048	0,046
595	0,047	0,046	0,048	0,046
596	0,046	0,046	0,047	0,045
597	0,046	0,046	0,048	0,045
598	0,046	0,046	0,047	0,045
599	0,046	0,045	0,047	0,045
600	0,046	0,045	0,047	0,045
601	0,046	0,045	0,047	0,045
602	0,046	0,045	0,047	0,044
603	0,046	0,045	0,047	0,045
604	0,046	0,045	0,047	0,044

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
605	0,046	0,045	0,046	0,044
606	0,045	0,045	0,047	0,044
607	0,045	0,044	0,046	0,044
608	0,045	0,044	0,046	0,044
609	0,045	0,045	0,046	0,044
610	0,045	0,044	0,046	0,044
611	0,045	0,044	0,046	0,044
612	0,044	0,044	0,045	0,043
613	0,044	0,044	0,045	0,043
614	0,044	0,044	0,045	0,043
615	0,044	0,044	0,045	0,043
616	0,044	0,043	0,045	0,043
617	0,044	0,043	0,045	0,043
618	0,043	0,043	0,044	0,042
619	0,044	0,043	0,045	0,043
620	0,043	0,043	0,044	0,042
621	0,043	0,043	0,044	0,042
622	0,043	0,043	0,044	0,042
623	0,043	0,043	0,044	0,042
624	0,043	0,042	0,044	0,042
625	0,043	0,042	0,043	0,041
626	0,043	0,042	0,043	0,041
627	0,042	0,042	0,043	0,041

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
628	0,042	0,042	0,043	0,041
629	0,042	0,042	0,043	0,041
630	0,042	0,042	0,044	0,042
631	0,043	0,042	0,043	0,041
632	0,042	0,042	0,043	0,041
633	0,043	0,042	0,044	0,042
634	0,042	0,042	0,043	0,041
635	0,042	0,043	0,044	0,042
636	0,043	0,043	0,044	0,042
637	0,043	0,043	0,044	0,041
638	0,043	0,043	0,044	0,042
639	0,043	0,043	0,044	0,042
640	0,043	0,043	0,045	0,042
641	0,043	0,043	0,045	0,042
642	0,044	0,044	0,045	0,043
643	0,044	0,044	0,045	0,043
644	0,045	0,044	0,046	0,043
645	0,045	0,044	0,046	0,043
646	0,045	0,045	0,046	0,044
647	0,046	0,045	0,047	0,044
648	0,046	0,046	0,047	0,045
649	0,047	0,046	0,048	0,045
650	0,047	0,047	0,048	0,046

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
651	0,048	0,048	0,049	0,046
652	0,049	0,048	0,049	0,047
653	0,05	0,049	0,05	0,047
654	0,05	0,05	0,051	0,048
655	0,051	0,051	0,052	0,049
656	0,052	0,051	0,052	0,05
657	0,053	0,052	0,053	0,05
658	0,054	0,053	0,054	0,051
659	0,054	0,053	0,055	0,051
660	0,055	0,054	0,055	0,052
661	0,056	0,055	0,056	0,053
662	0,056	0,055	0,056	0,053
663	0,057	0,056	0,057	0,053
664	0,057	0,056	0,057	0,054
665	0,057	0,056	0,057	0,053
666	0,056	0,055	0,057	0,053
667	0,056	0,055	0,056	0,053
668	0,055	0,054	0,056	0,052
669	0,055	0,054	0,055	0,051
670	0,053	0,052	0,053	0,051
671	0,052	0,052	0,053	0,05
672	0,051	0,05	0,051	0,048
673	0,05	0,049	0,05	0,047

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
674	0,048	0,048	0,049	0,046
675	0,047	0,046	0,047	0,045
676	0,046	0,045	0,046	0,044
677	0,044	0,044	0,045	0,043
678	0,043	0,042	0,044	0,041
679	0,042	0,042	0,043	0,041
680	0,041	0,041	0,042	0,04
681	0,04	0,04	0,041	0,039
682	0,039	0,039	0,041	0,038
683	0,039	0,039	0,04	0,038
684	0,038	0,038	0,039	0,037
685	0,037	0,037	0,038	0,036
686	0,037	0,037	0,038	0,036
687	0,036	0,036	0,038	0,036
688	0,036	0,036	0,037	0,035
689	0,036	0,036	0,037	0,035
690	0,036	0,036	0,037	0,035
691	0,035	0,035	0,037	0,035
692	0,035	0,035	0,037	0,035
693	0,035	0,035	0,036	0,035
694	0,035	0,035	0,037	0,035
695	0,035	0,035	0,036	0,035
696	0,035	0,035	0,036	0,035

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
697	0,035	0,035	0,036	0,034
698	0,035	0,035	0,036	0,034
699	0,035	0,035	0,036	0,034
700	0,035	0,035	0,036	0,034
701	0,035	0,035	0,036	0,034
702	0,035	0,034	0,036	0,034
703	0,035	0,036	0,036	0,035
704	0,035	0,035	0,035	0,034
705	0,034	0,035	0,036	0,034
706	0,035	0,035	0,036	0,035
707	0,035	0,034	0,035	0,034
708	0,034	0,034	0,035	0,034
709	0,035	0,034	0,036	0,035
710	0,035	0,035	0,036	0,034
711	0,035	0,035	0,036	0,034
712	0,035	0,035	0,036	0,034
713	0,034	0,034	0,035	0,034
714	0,034	0,035	0,036	0,034
715	0,035	0,035	0,036	0,035
716	0,035	0,035	0,036	0,035
717	0,035	0,035	0,036	0,035
718	0,035	0,035	0,036	0,035
719	0,035	0,035	0,036	0,034

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
720	0,034	0,034	0,036	0,034
721	0,035	0,035	0,036	0,034
722	0,035	0,035	0,036	0,035
723	0,035	0,035	0,036	0,034
724	0,035	0,034	0,036	0,034
725	0,035	0,035	0,036	0,034
726	0,035	0,034	0,036	0,034
727	0,035	0,034	0,036	0,034
728	0,035	0,035	0,036	0,034
729	0,035	0,035	0,036	0,034
730	0,035	0,035	0,036	0,035
731	0,035	0,035	0,036	0,034
732	0,035	0,035	0,036	0,034
733	0,035	0,035	0,036	0,035
734	0,035	0,035	0,036	0,035
735	0,035	0,035	0,036	0,035
736	0,035	0,035	0,036	0,035
737	0,035	0,035	0,036	0,035
738	0,035	0,035	0,036	0,035
739	0,035	0,035	0,036	0,035
740	0,035	0,035	0,037	0,035
741	0,035	0,035	0,036	0,035
742	0,035	0,035	0,036	0,035

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
743	0,035	0,035	0,036	0,035
744	0,036	0,035	0,036	0,035
745	0,036	0,035	0,037	0,035
746	0,036	0,035	0,037	0,035
747	0,036	0,035	0,037	0,035
748	0,036	0,035	0,037	0,035
749	0,036	0,035	0,037	0,035
750	0,036	0,035	0,037	0,036
751	0,036	0,036	0,037	0,035
752	0,036	0,035	0,037	0,035
753	0,036	0,036	0,037	0,036
754	0,036	0,036	0,037	0,035
755	0,036	0,036	0,037	0,036
756	0,036	0,036	0,037	0,036
757	0,036	0,035	0,037	0,036
758	0,036	0,036	0,037	0,036
759	0,036	0,036	0,037	0,036
760	0,036	0,035	0,037	0,035
761	0,036	0,035	0,037	0,036
762	0,036	0,035	0,037	0,035
763	0,036	0,035	0,037	0,035
764	0,036	0,035	0,037	0,036
765	0,036	0,035	0,037	0,036

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
766	0,036	0,035	0,037	0,036
767	0,036	0,035	0,037	0,035
768	0,035	0,035	0,036	0,035
769	0,035	0,035	0,036	0,035
770	0,036	0,035	0,037	0,036
771	0,036	0,035	0,036	0,035
772	0,036	0,035	0,036	0,035
773	0,035	0,035	0,036	0,035
774	0,035	0,035	0,036	0,035
775	0,035	0,035	0,036	0,035
776	0,035	0,035	0,036	0,035
777	0,036	0,035	0,036	0,035
778	0,035	0,035	0,036	0,035
779	0,035	0,035	0,036	0,035
780	0,035	0,035	0,036	0,035
781	0,035	0,035	0,036	0,035
782	0,035	0,035	0,036	0,035
783	0,035	0,035	0,036	0,035
784	0,036	0,035	0,036	0,035
785	0,035	0,035	0,036	0,035
786	0,035	0,035	0,036	0,035
787	0,035	0,035	0,036	0,035
788	0,035	0,035	0,036	0,035

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
789	0,036	0,035	0,036	0,035
790	0,036	0,035	0,036	0,035
791	0,036	0,035	0,036	0,035
792	0,036	0,035	0,036	0,035
793	0,036	0,035	0,036	0,035
794	0,036	0,035	0,036	0,035
795	0,036	0,035	0,036	0,035
796	0,036	0,035	0,036	0,035
797	0,036	0,035	0,036	0,035
798	0,036	0,035	0,036	0,036
799	0,036	0,035	0,036	0,035
800	0,036	0,035	0,036	0,036

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Tabla 44

Absorbancias obtenidas de la muestra liofilizada de Pimiento Morrón (Capsicum Annuum) 100% verde

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
400	0,515	0,469	0,436	0,427
401	0,526	0,479	0,445	0,436
402	0,537	0,489	0,454	0,445
403	0,55	0,501	0,464	0,455
404	0,561	0,512	0,473	0,465
405	0,573	0,523	0,483	0,474
406	0,586	0,534	0,493	0,484
407	0,601	0,547	0,505	0,496
408	0,616	0,56	0,518	0,508
409	0,633	0,575	0,531	0,522
410	0,649	0,589	0,545	0,535
411	0,665	0,602	0,558	0,548
412	0,681	0,617	0,572	0,562
413	0,699	0,633	0,586	0,575
414	0,718	0,649	0,601	0,591
415	0,736	0,664	0,615	0,605
416	0,753	0,679	0,629	0,619
417	0,769	0,693	0,642	0,631
418	0,784	0,708	0,655	0,644
419	0,798	0,719	0,666	0,655
420	0,813	0,733	0,678	0,667

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
421	0,825	0,743	0,688	0,676
422	0,837	0,753	0,697	0,686
423	0,85	0,764	0,707	0,696
424	0,861	0,774	0,717	0,706
425	0,872	0,783	0,725	0,714
426	0,883	0,792	0,734	0,723
427	0,895	0,803	0,744	0,733
428	0,908	0,813	0,754	0,743
429	0,923	0,825	0,766	0,754
430	0,937	0,837	0,778	0,765
431	0,952	0,851	0,79	0,778
432	0,968	0,865	0,803	0,791
433	0,984	0,879	0,817	0,804
434	0,999	0,893	0,829	0,816
435	1,015	0,906	0,842	0,829
436	1,032	0,922	0,856	0,843
437	1,05	0,938	0,871	0,857
438	1,067	0,953	0,884	0,871
439	1,083	0,968	0,898	0,884
440	1,099	0,982	0,91	0,896
441	1,112	0,994	0,921	0,907
442	1,124	1,005	0,931	0,917
443	1,137	1,016	0,942	0,927

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
444	1,15	1,028	0,953	0,937
445	1,161	1,037	0,961	0,946
446	1,17	1,044	0,968	0,953
447	1,175	1,049	0,973	0,957
448	1,18	1,051	0,977	0,961
449	1,183	1,053	0,979	0,963
450	1,185	1,053	0,98	0,964
451	1,185	1,051	0,98	0,964
452	1,185	1,049	0,98	0,963
453	1,183	1,046	0,978	0,961
454	1,181	1,043	0,976	0,96
455	1,179	1,04	0,975	0,958
456	1,178	1,037	0,973	0,956
457	1,177	1,036	0,972	0,955
458	1,177	1,035	0,972	0,955
459	1,178	1,035	0,973	0,956
460	1,18	1,036	0,974	0,957
461	1,183	1,038	0,976	0,959
462	1,187	1,041	0,98	0,963
463	1,193	1,046	0,984	0,968
464	1,2	1,052	0,99	0,973
465	1,206	1,057	0,995	0,978
466	1,212	1,062	1	0,983

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
467	1,218	1,067	1,005	0,988
468	1,222	1,071	1,009	0,991
469	1,225	1,073	1,011	0,993
470	1,226	1,075	1,012	0,994
471	1,226	1,074	1,011	0,994
472	1,223	1,071	1,009	0,991
473	1,218	1,067	1,005	0,986
474	1,212	1,061	0,999	0,981
475	1,202	1,054	0,992	0,973
476	1,19	1,043	0,982	0,964
477	1,178	1,031	0,972	0,954
478	1,165	1,017	0,961	0,942
479	1,151	1,004	0,95	0,931
480	1,135	0,988	0,936	0,917
481	1,117	0,972	0,922	0,902
482	1,097	0,953	0,905	0,886
483	1,075	0,932	0,886	0,868
484	1,058	0,915	0,872	0,854
485	1,047	0,905	0,863	0,845
486	1,03	0,889	0,85	0,831
487	1,003	0,865	0,828	0,81
488	0,987	0,849	0,814	0,796
489	0,972	0,836	0,803	0,784

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
490	0,955	0,82	0,788	0,77
491	0,93	0,797	0,768	0,749
492	0,914	0,782	0,755	0,736
493	0,902	0,771	0,745	0,727
494	0,885	0,755	0,731	0,713
495	0,865	0,737	0,715	0,697
496	0,847	0,72	0,7	0,683
497	0,831	0,705	0,687	0,669
498	0,816	0,692	0,674	0,658
499	0,801	0,678	0,662	0,645
500	0,786	0,665	0,65	0,633
501	0,77	0,65	0,637	0,62
502	0,754	0,637	0,624	0,608
503	0,739	0,624	0,611	0,595
504	0,723	0,61	0,599	0,583
505	0,709	0,597	0,587	0,571
506	0,694	0,584	0,575	0,559
507	0,676	0,569	0,561	0,545
508	0,66	0,555	0,547	0,532
509	0,645	0,542	0,535	0,52
510	0,63	0,53	0,523	0,508
511	0,615	0,517	0,51	0,496
512	0,6	0,505	0,498	0,484

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
513	0,586	0,493	0,486	0,472
514	0,571	0,481	0,475	0,461
515	0,556	0,469	0,463	0,449
516	0,54	0,456	0,45	0,436
517	0,524	0,443	0,437	0,424
518	0,509	0,429	0,424	0,411
519	0,497	0,42	0,415	0,402
520	0,483	0,408	0,404	0,391
521	0,469	0,396	0,392	0,379
522	0,453	0,382	0,379	0,367
523	0,44	0,371	0,368	0,356
524	0,424	0,357	0,355	0,344
525	0,41	0,345	0,344	0,333
526	0,397	0,334	0,334	0,322
527	0,383	0,323	0,322	0,311
528	0,368	0,31	0,31	0,299
529	0,359	0,303	0,303	0,292
530	0,35	0,295	0,296	0,285
531	0,336	0,284	0,284	0,274
532	0,321	0,271	0,273	0,262
533	0,31	0,262	0,263	0,253
534	0,302	0,255	0,257	0,247
535	0,292	0,247	0,249	0,238

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
536	0,278	0,236	0,238	0,228
537	0,269	0,228	0,231	0,221
538	0,261	0,222	0,224	0,214
539	0,25	0,212	0,214	0,205
540	0,238	0,203	0,205	0,196
541	0,229	0,196	0,198	0,189
542	0,224	0,191	0,193	0,185
543	0,216	0,185	0,187	0,178
544	0,208	0,178	0,18	0,172
545	0,2	0,172	0,174	0,166
546	0,192	0,165	0,167	0,16
547	0,185	0,161	0,162	0,154
548	0,179	0,156	0,157	0,15
549	0,173	0,151	0,152	0,144
550	0,166	0,145	0,146	0,139
551	0,159	0,14	0,141	0,134
552	0,154	0,135	0,136	0,129
553	0,148	0,13	0,132	0,125
554	0,144	0,126	0,128	0,121
555	0,139	0,121	0,124	0,117
556	0,133	0,117	0,12	0,113
557	0,129	0,114	0,116	0,11
558	0,125	0,11	0,112	0,107

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
559	0,12	0,107	0,109	0,103
560	0,116	0,103	0,105	0,1
561	0,112	0,1	0,102	0,097
562	0,109	0,097	0,1	0,094
563	0,106	0,094	0,097	0,091
564	0,102	0,091	0,094	0,088
565	0,099	0,088	0,091	0,086
566	0,096	0,086	0,089	0,084
567	0,093	0,084	0,087	0,081
568	0,09	0,081	0,085	0,079
569	0,088	0,079	0,083	0,077
570	0,085	0,077	0,08	0,075
571	0,082	0,075	0,078	0,073
572	0,08	0,073	0,076	0,071
573	0,078	0,072	0,075	0,07
574	0,076	0,07	0,073	0,068
575	0,073	0,068	0,071	0,066
576	0,072	0,067	0,07	0,065
577	0,07	0,065	0,069	0,064
578	0,069	0,064	0,067	0,062
579	0,067	0,063	0,066	0,061
580	0,066	0,061	0,065	0,06
581	0,064	0,06	0,063	0,059

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
582	0,063	0,059	0,062	0,058
583	0,061	0,058	0,061	0,057
584	0,06	0,057	0,06	0,056
585	0,059	0,057	0,059	0,055
586	0,058	0,056	0,058	0,054
587	0,057	0,056	0,057	0,053
588	0,056	0,055	0,056	0,052
589	0,055	0,055	0,056	0,051
590	0,054	0,055	0,055	0,051
591	0,053	0,054	0,054	0,05
592	0,052	0,053	0,054	0,049
593	0,051	0,052	0,053	0,049
594	0,051	0,051	0,052	0,048
595	0,05	0,05	0,052	0,048
596	0,05	0,05	0,051	0,047
597	0,049	0,049	0,051	0,047
598	0,049	0,048	0,051	0,046
599	0,048	0,047	0,05	0,046
600	0,047	0,047	0,05	0,045
601	0,047	0,046	0,049	0,045
602	0,046	0,046	0,049	0,044
603	0,046	0,045	0,048	0,044
604	0,045	0,044	0,048	0,043

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
605	0,045	0,045	0,048	0,043
606	0,044	0,044	0,048	0,043
607	0,044	0,044	0,047	0,043
608	0,043	0,043	0,046	0,042
609	0,043	0,043	0,046	0,042
610	0,043	0,043	0,046	0,042
611	0,043	0,042	0,046	0,042
612	0,042	0,042	0,046	0,041
613	0,042	0,042	0,046	0,041
614	0,042	0,042	0,045	0,041
615	0,042	0,041	0,045	0,041
616	0,041	0,041	0,045	0,04
617	0,041	0,041	0,045	0,04
618	0,041	0,041	0,044	0,04
619	0,04	0,04	0,044	0,039
620	0,04	0,041	0,044	0,04
621	0,04	0,041	0,044	0,039
622	0,04	0,042	0,043	0,039
623	0,04	0,041	0,043	0,039
624	0,039	0,041	0,043	0,039
625	0,039	0,041	0,043	0,039
626	0,039	0,04	0,043	0,038
627	0,039	0,039	0,043	0,038

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
628	0,039	0,039	0,043	0,038
629	0,039	0,039	0,043	0,038
630	0,039	0,039	0,043	0,038
631	0,038	0,038	0,043	0,038
632	0,039	0,039	0,043	0,038
633	0,038	0,039	0,042	0,037
634	0,038	0,038	0,042	0,037
635	0,038	0,038	0,042	0,037
636	0,037	0,038	0,041	0,037
637	0,038	0,038	0,041	0,037
638	0,038	0,038	0,041	0,037
639	0,038	0,038	0,041	0,037
640	0,037	0,038	0,041	0,037
641	0,037	0,037	0,041	0,037
642	0,038	0,037	0,041	0,037
643	0,037	0,037	0,041	0,036
644	0,038	0,037	0,041	0,036
645	0,037	0,037	0,041	0,036
646	0,037	0,037	0,04	0,036
647	0,037	0,037	0,041	0,036
648	0,037	0,037	0,04	0,036
649	0,037	0,037	0,04	0,036
650	0,037	0,037	0,04	0,036

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
651	0,037	0,037	0,041	0,036
652	0,037	0,037	0,04	0,036
653	0,037	0,037	0,04	0,036
654	0,037	0,037	0,04	0,036
655	0,037	0,037	0,04	0,036
656	0,037	0,037	0,04	0,036
657	0,038	0,037	0,04	0,036
658	0,038	0,038	0,04	0,036
659	0,037	0,038	0,04	0,035
660	0,038	0,039	0,04	0,036
661	0,038	0,039	0,04	0,036
662	0,038	0,039	0,04	0,036
663	0,038	0,039	0,04	0,035
664	0,038	0,039	0,04	0,035
665	0,038	0,038	0,039	0,035
666	0,038	0,038	0,039	0,035
667	0,038	0,037	0,039	0,035
668	0,037	0,036	0,039	0,035
669	0,037	0,036	0,039	0,035
670	0,037	0,036	0,039	0,035
671	0,037	0,036	0,039	0,035
672	0,037	0,036	0,039	0,035
673	0,037	0,036	0,039	0,035

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
674	0,036	0,036	0,039	0,035
675	0,036	0,036	0,039	0,035
676	0,036	0,035	0,039	0,035
677	0,036	0,036	0,039	0,035
678	0,036	0,036	0,039	0,035
679	0,036	0,036	0,039	0,035
680	0,036	0,036	0,039	0,035
681	0,036	0,036	0,039	0,035
682	0,035	0,035	0,039	0,035
683	0,035	0,036	0,039	0,035
684	0,035	0,036	0,039	0,035
685	0,035	0,036	0,039	0,035
686	0,035	0,036	0,039	0,035
687	0,035	0,036	0,038	0,035
688	0,035	0,036	0,038	0,035
689	0,035	0,036	0,038	0,035
690	0,035	0,035	0,038	0,035
691	0,035	0,036	0,038	0,034
692	0,035	0,036	0,038	0,034
693	0,035	0,037	0,038	0,035
694	0,035	0,037	0,038	0,034
695	0,035	0,037	0,038	0,034
696	0,035	0,037	0,038	0,034

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
697	0,035	0,036	0,038	0,034
698	0,035	0,036	0,038	0,034
699	0,035	0,036	0,038	0,035
700	0,035	0,036	0,038	0,034
701	0,035	0,035	0,038	0,035
702	0,035	0,035	0,038	0,034
703	0,035	0,035	0,038	0,034
704	0,035	0,035	0,038	0,034
705	0,035	0,035	0,038	0,034
706	0,034	0,034	0,037	0,034
707	0,035	0,035	0,038	0,034
708	0,035	0,034	0,039	0,034
709	0,036	0,035	0,039	0,035
710	0,035	0,034	0,038	0,034
711	0,035	0,035	0,039	0,034
712	0,035	0,035	0,039	0,034
713	0,035	0,034	0,038	0,034
714	0,035	0,035	0,038	0,034
715	0,035	0,035	0,038	0,035
716	0,035	0,034	0,038	0,035
717	0,035	0,035	0,038	0,035
718	0,035	0,035	0,038	0,035
719	0,035	0,035	0,038	0,035

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
720	0,035	0,035	0,038	0,034
721	0,035	0,035	0,038	0,035
722	0,035	0,035	0,038	0,035
723	0,035	0,035	0,038	0,035
724	0,035	0,035	0,037	0,035
725	0,035	0,035	0,038	0,035
726	0,035	0,035	0,038	0,034
727	0,035	0,035	0,037	0,034
728	0,035	0,035	0,038	0,034
729	0,035	0,035	0,037	0,034
730	0,036	0,035	0,038	0,035
731	0,036	0,035	0,037	0,034
732	0,036	0,036	0,037	0,035
733	0,035	0,036	0,037	0,035
734	0,036	0,036	0,037	0,035
735	0,036	0,037	0,038	0,035
736	0,036	0,037	0,037	0,035
737	0,036	0,037	0,038	0,035
738	0,036	0,037	0,038	0,035
739	0,036	0,037	0,038	0,035
740	0,036	0,037	0,038	0,035
741	0,036	0,037	0,038	0,035
742	0,036	0,037	0,038	0,035

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
743	0,036	0,036	0,038	0,035
744	0,036	0,036	0,038	0,035
745	0,036	0,036	0,038	0,035
746	0,036	0,036	0,038	0,035
747	0,037	0,036	0,038	0,036
748	0,036	0,036	0,038	0,036
749	0,036	0,036	0,038	0,036
750	0,037	0,036	0,039	0,036
751	0,036	0,036	0,038	0,036
752	0,037	0,036	0,039	0,036
753	0,036	0,036	0,039	0,036
754	0,036	0,036	0,039	0,036
755	0,036	0,035	0,039	0,036
756	0,037	0,036	0,039	0,036
757	0,036	0,035	0,039	0,036
758	0,037	0,036	0,039	0,036
759	0,037	0,036	0,039	0,036
760	0,036	0,036	0,039	0,036
761	0,036	0,036	0,038	0,036
762	0,036	0,035	0,038	0,036
763	0,036	0,036	0,038	0,036
764	0,036	0,036	0,038	0,036
765	0,036	0,036	0,038	0,036

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
766	0,036	0,036	0,038	0,036
767	0,036	0,036	0,038	0,035
768	0,036	0,036	0,038	0,036
769	0,036	0,037	0,038	0,036
770	0,037	0,037	0,038	0,036
771	0,036	0,037	0,038	0,036
772	0,036	0,037	0,038	0,036
773	0,036	0,037	0,038	0,036
774	0,036	0,037	0,038	0,035
775	0,036	0,037	0,038	0,036
776	0,036	0,036	0,038	0,035
777	0,036	0,036	0,038	0,035
778	0,036	0,036	0,038	0,036
779	0,036	0,036	0,038	0,036
780	0,036	0,036	0,038	0,036
781	0,036	0,035	0,038	0,036
782	0,036	0,035	0,038	0,035
783	0,036	0,035	0,038	0,036
784	0,036	0,035	0,038	0,036
785	0,036	0,035	0,038	0,036
786	0,036	0,035	0,038	0,036
787	0,036	0,035	0,038	0,036
788	0,036	0,035	0,038	0,036

Longitud de Onda (nm)	Repeticiones			
	R1	R2	R3	R4
789	0,036	0,035	0,038	0,036
790	0,036	0,035	0,038	0,036
791	0,036	0,035	0,038	0,036
792	0,036	0,035	0,038	0,036
793	0,036	0,035	0,038	0,036
794	0,036	0,036	0,038	0,036
795	0,036	0,036	0,038	0,036
796	0,036	0,035	0,037	0,036
797	0,036	0,036	0,038	0,036
798	0,036	0,036	0,038	0,036
799	0,036	0,036	0,038	0,036
800	0,036	0,036	0,038	0,036

Nota. Elaborado por los autores Paredes y Peche (2018).

Anexo 4. Evidencias fotográficas



Figura 44. Cámara hiperespectral. Elaboración propia (2018).



Figura 45. Pimientos morrones (*Capsicum Annuum*) en sus cinco estados de madurez. Elaboración propia (2018).



Figura 46. Calibración de la Cámara hiperespectral. Elaboración propia (2018).

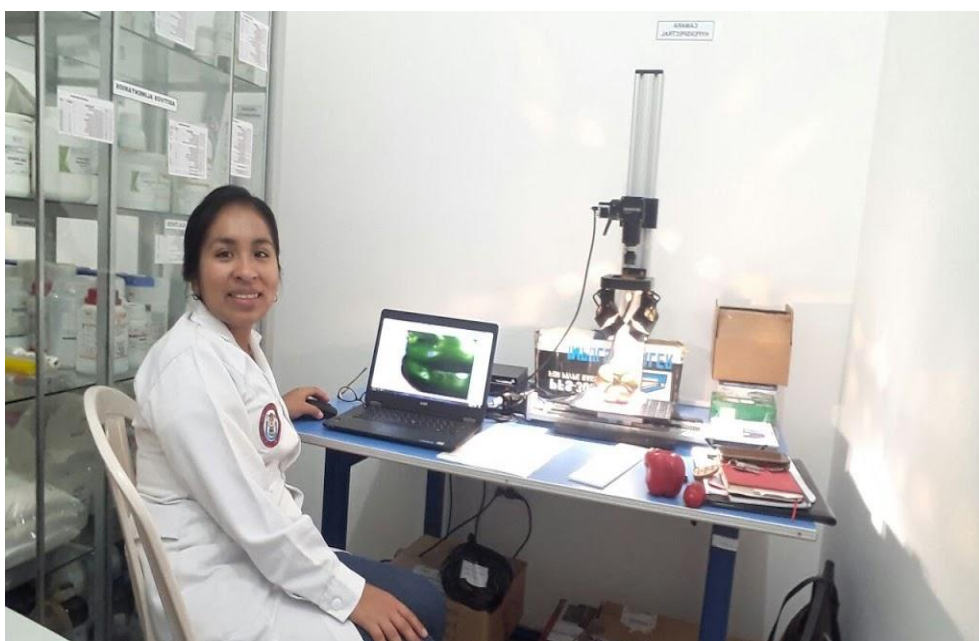


Figura 47. Obtención de las imágenes hiperespectrales. Elaboración propia (2018).

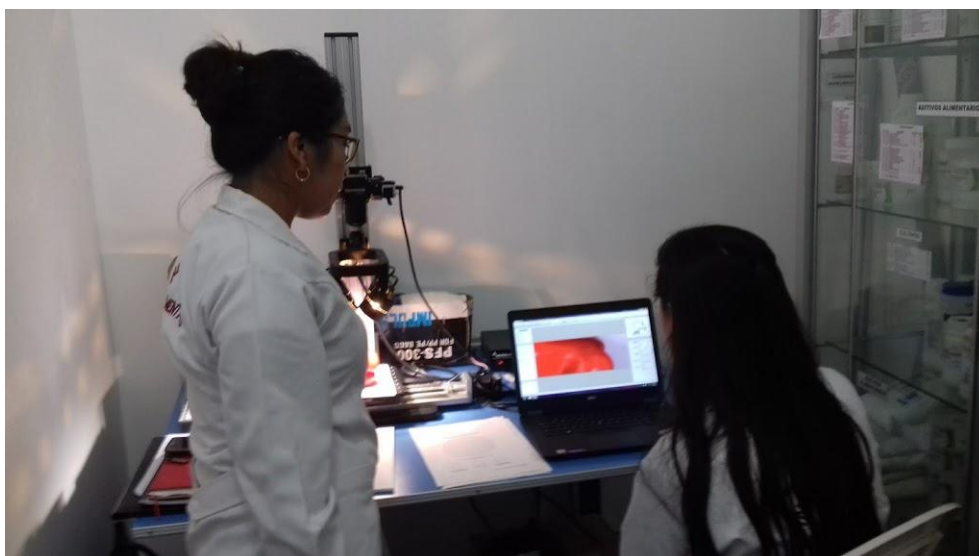


Figura 48. Selección de las Regiones de Interés (ROI). Elaboración propia (2018).

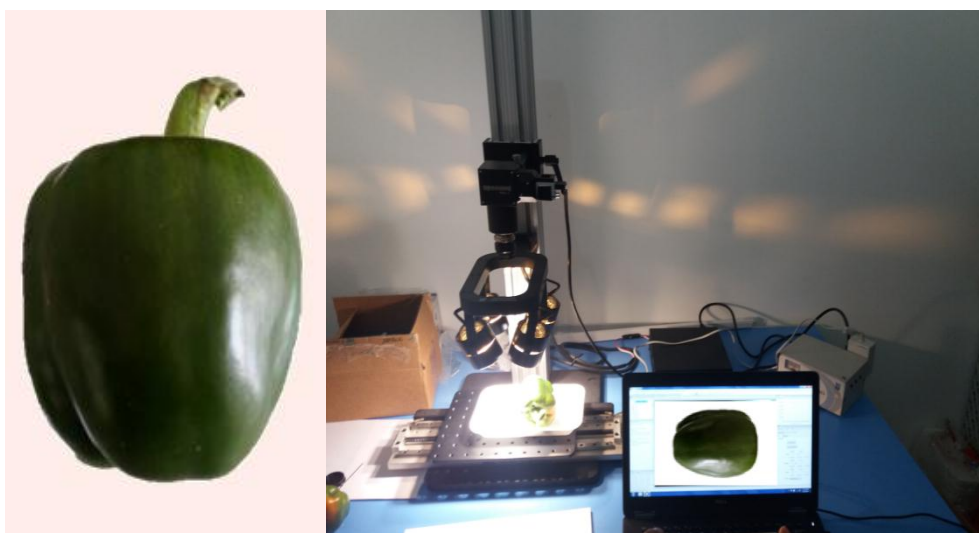


Figura 49. Escaneo de la muestra a1. Elaboración propia (2018).

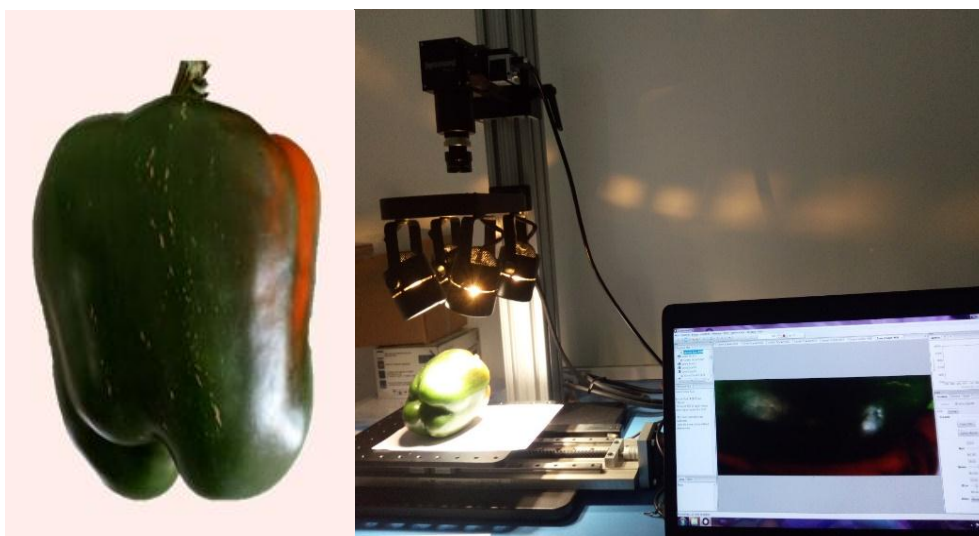


Figura 50. Escaneo de la muestra a2. Elaboración propia (2018).

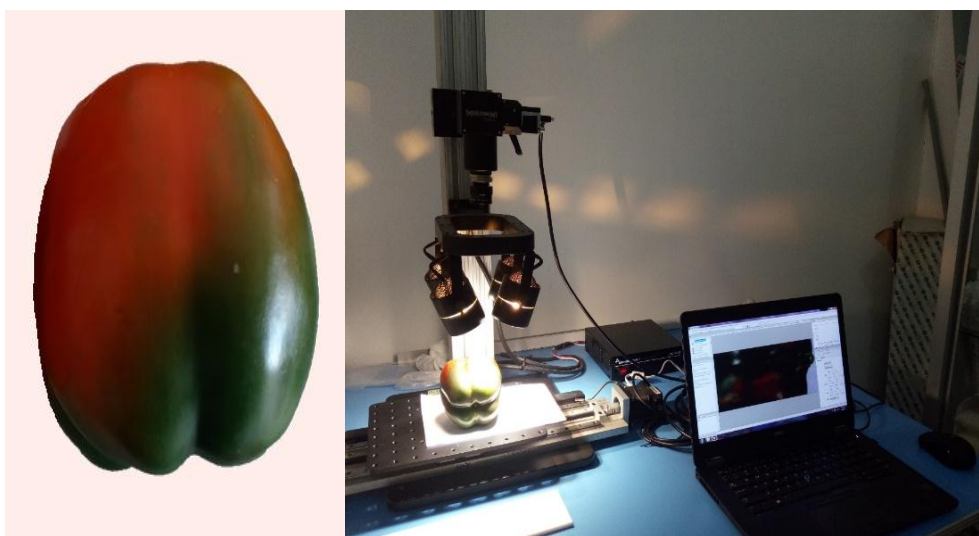


Figura 51. Escaneo de la muestra a3. Elaboración propia (2018).

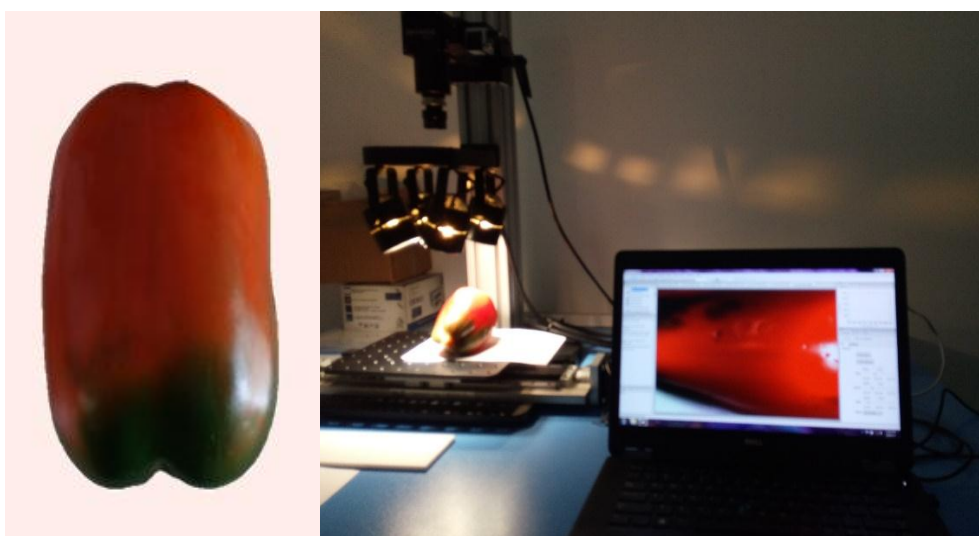


Figura 52. Escaneo de la muestra a4. Elaboración propia (2018).

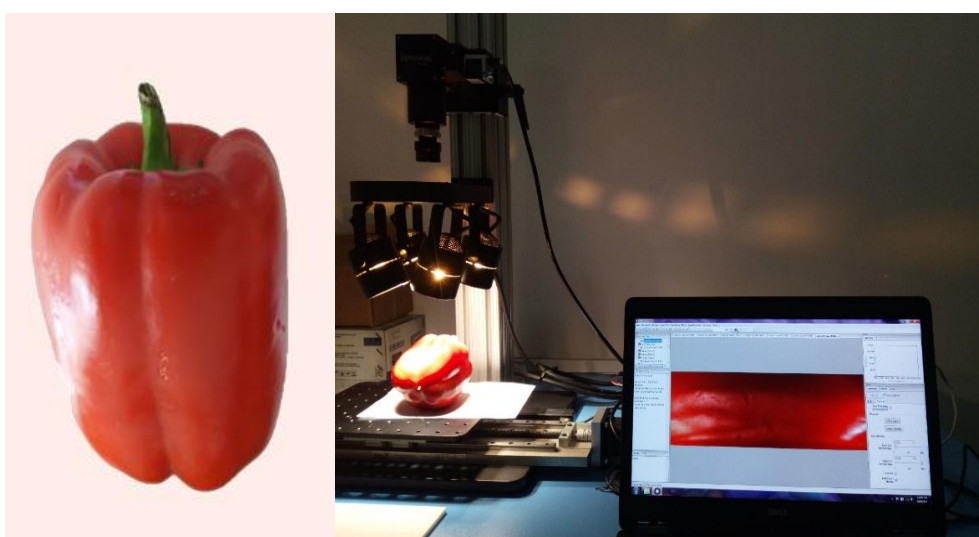


Figura 53. Escaneo de la muestra a5. Elaboración propia (2018).



Figura 54. Laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén. Elaboración propia (2018).



Figura 55. Materiales de laboratorio utilizados para la obtención del jugo de los pimientos morrones.
Elaboración propia (2018).



Figura 56. Extracción del jugo de las muestras de Pimiento Morrón. Elaboración propia (2018).

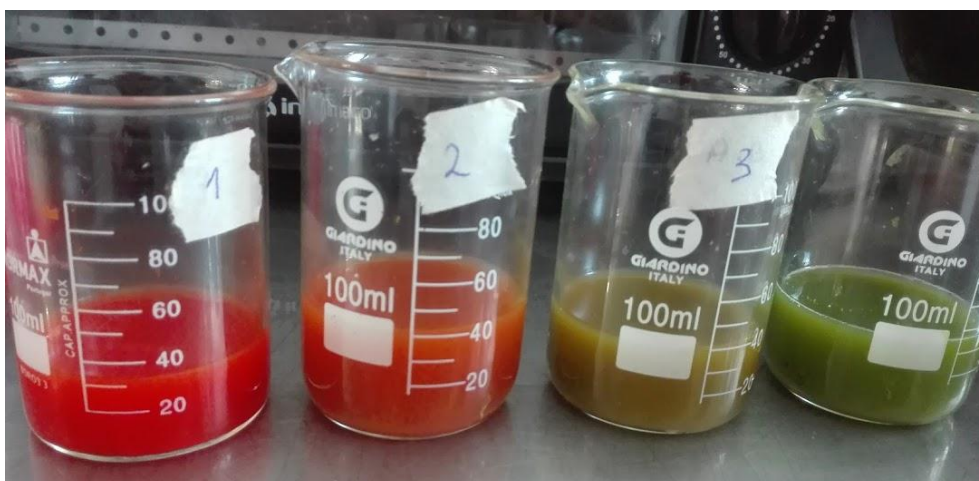


Figura 57. Jugo extraído de las muestras de Pimiento Morrón. Elaboración propia (2018).



Figura 58. Titulación la muestra a1. Elaboración propia (2018).

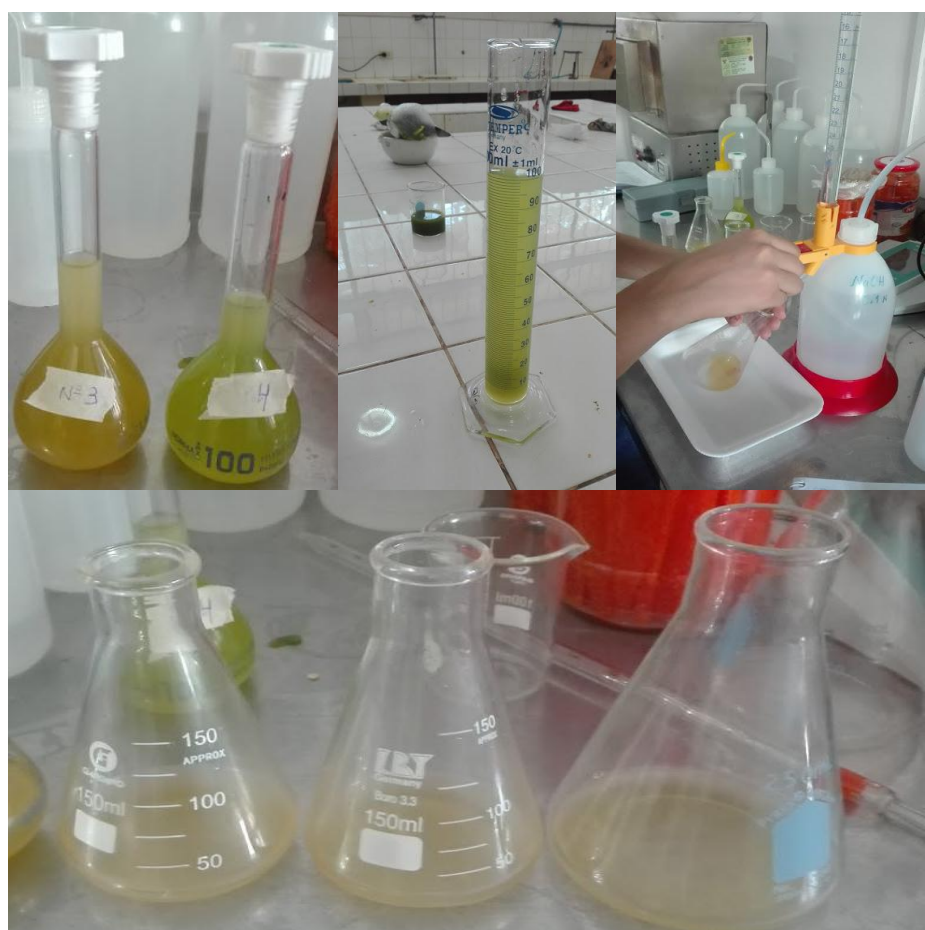


Figura 59. Titulación de las muestras a2 y a3. Elaboración propia (2018).



Figura 60. Titulación las muestras a4 y a5. Elaboración propia (2018).

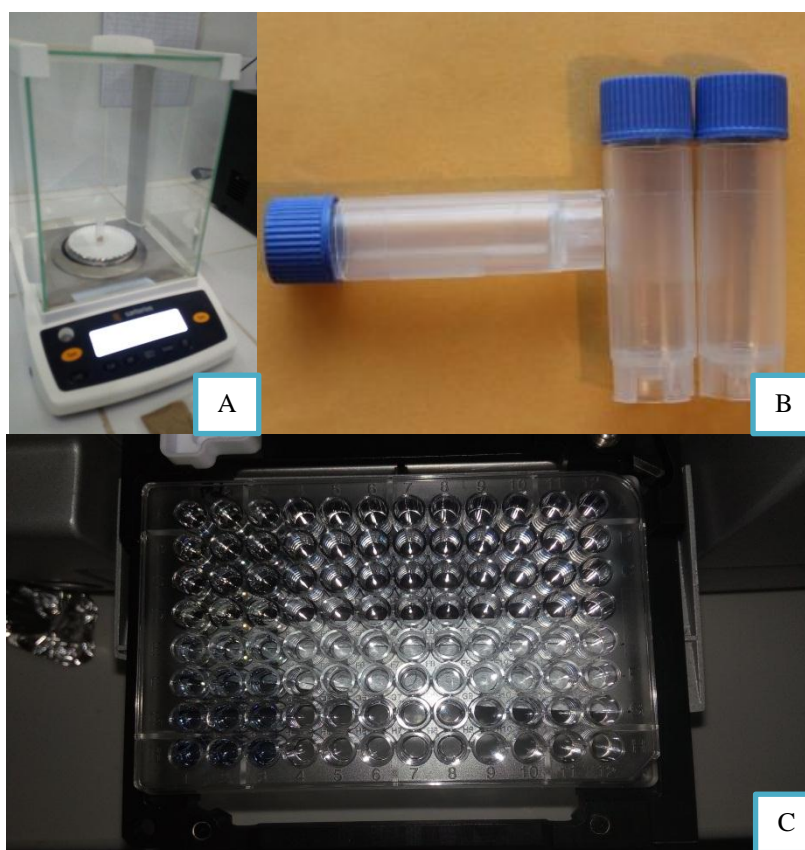


Figura 21. Materiales utilizados para el liofilizado y cuantificación de clorofila y carotenoides totales; (A) Balanza analítica de 4 decimales, (B) y (C) Tubos Eppendorf. Elaboración propia (2018).

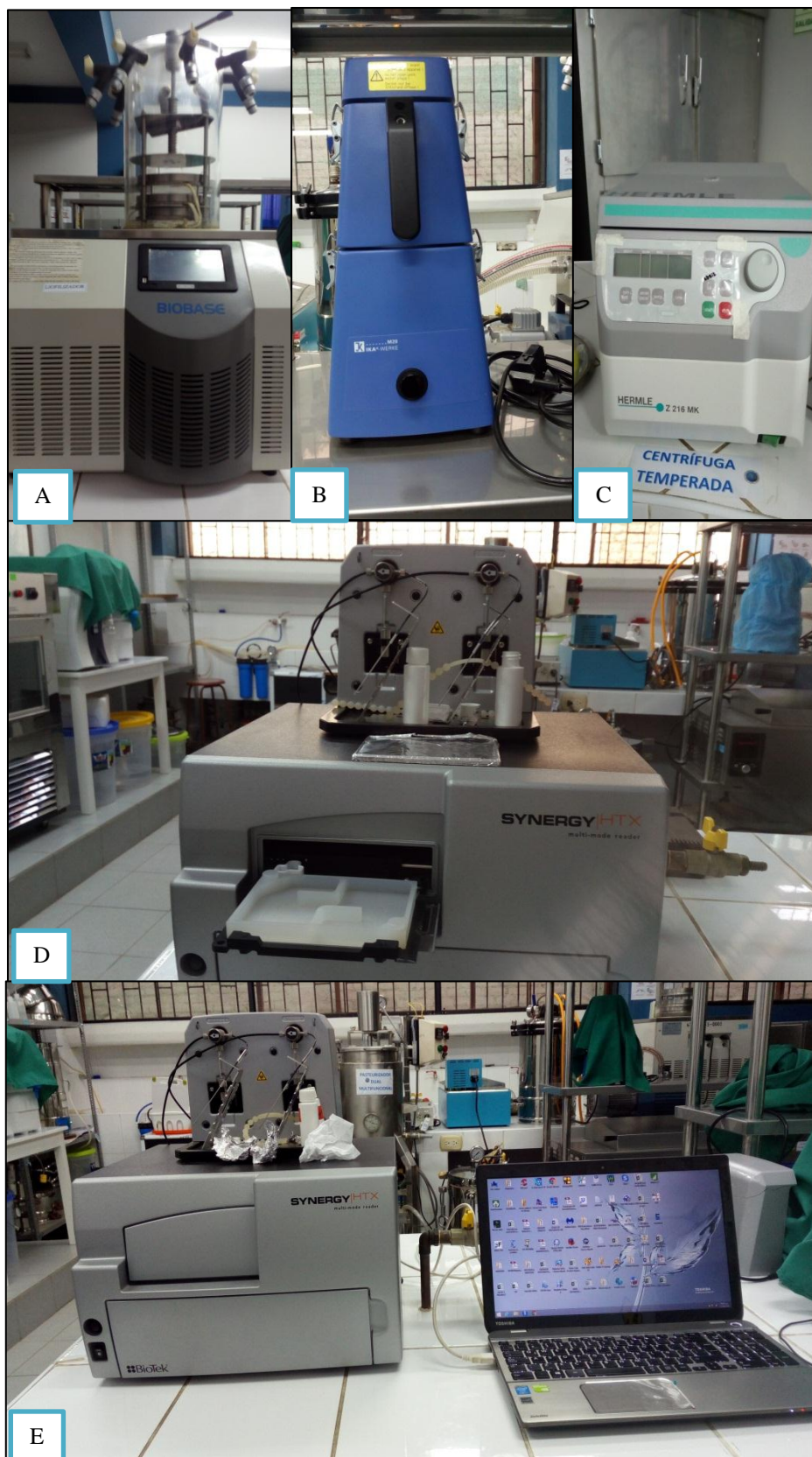


Figura 22. Equipos utilizados para el liofilizado y cuantificación de clorofila y carotenoides totales; (A) Liofilizador Biobase; (B) Molino Ika Werke –M 20; (C) Ultra centrifuga temperada; (D) y (E) Lector de placa multipocillos Synergy HT Multi-Mode Microplate Reader. Elaboración propia (2018).



Figura 63. Muestra a1 liofilizada. Elaboración propia (2018).



Figura 64. Muestra a2 liofilizada. Elaboración propia (2018).



Figura 65. Muestra a3 liofilizada. Elaboración propia (2018).

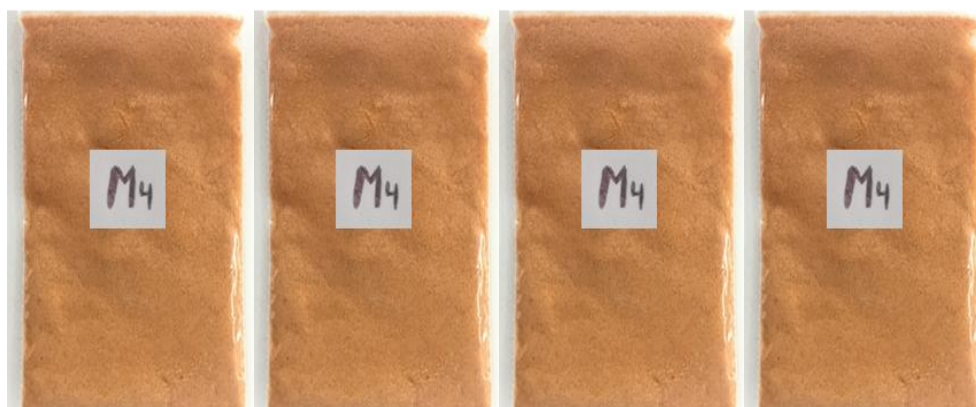


Figura 66. Muestra a4 liofilizada. Elaboración propia (2018).



Figura 67. Muestra a5 liofilizada. Elaboración propia (2018).