

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

Potencial de nutrientes y bioactividad de frutas andinas de la región Apurímac

Presentado por:

Estefani Quispe Collavino

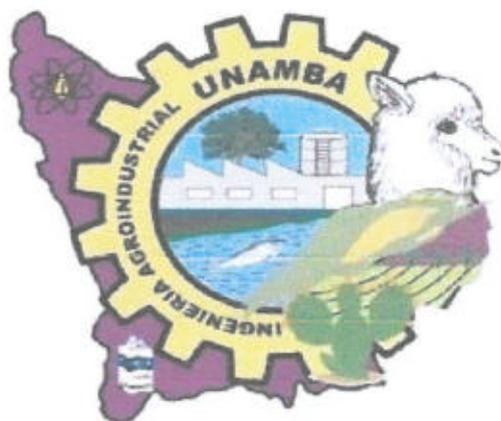
Para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



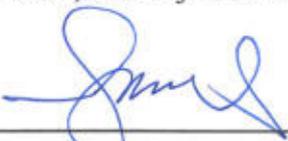
TESIS

“POTENCIAL DE NUTRIENTES Y BIOACTIVIDAD DE FRUTAS ANDINAS DE LA
REGIÓN APURÍMAC”

Presentado por **Estefani Quispe Collavino**, para optar el Título de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

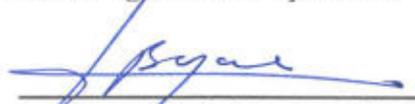
Sustentado y aprobado 29 de diciembre del 2021, ante el jurado evaluador:

Presidente:



Ph.D. Fulgencio Vilcanqui Pérez

Primer Miembro:



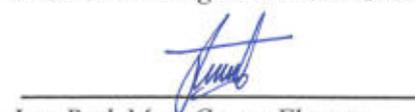
Ing. Jorge Beltrán Mendoza Cáceres

Segundo Miembro:



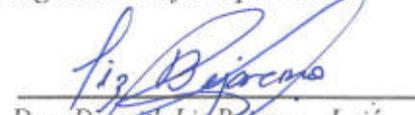
M.Sc. Victor Hugo Sarmiento Casavilca

Asesora:



Ing. Ruth Mery Ccopa Flores

Co Asesora:



Dra. Dagmuth Liz Bujarano Luján



Agradecimiento

A Dios por bendecir el camino para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A mi asesora y co - asesora de tesis, Ing. Ruth Mery Ccopa Flores y Dra. Dagnith Liz Bejarano Luján por su valiosa asesoría, apoyo incondicional durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mis hermanas Margot y Erika, mis amigos Luis, Alexander y Saúl, quienes me han demostrado su apoyo y brindando sus ánimos y consejos durante la ejecución de la tesis.

A mi alma mater, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac y a toda la plana de docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial por la formación académica y profesional.

Al CONCYTEC (Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica) por el financiamiento otorgado para el desarrollo del presente trabajo de investigación, bajo el marco del convenio N°118-2018-FONDECYT-BM-IADT-SE.



Dedicatoria

A mis padres, por darme apoyo y fuerzas para lograr un objetivo más en mi vida convirtiéndose en mi fortaleza, por animarme cuando más lo necesito, que no miden día ni hora para acompañarme.



“Potencial de nutrientes y bioactividad de frutas andinas de la región Apurímac”

Línea de Investigación: Caracterización, desarrollo de procesos e innovación en la agroindustria.

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO I	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1 Descripción del problema	5
1.2 Enunciado del Problema	5
1.2.1 Problema general.....	5
1.2.2 Problemas específicos	5
1.2.3 Justificación de la investigación.....	6
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	8
2.1 Objetivos de la investigación	8
2.2.1 Objetivo general	8
2.2.2 Objetivos específicos.....	8
2.2 Hipótesis de la investigación	8
2.2.3 Hipótesis general	8
2.2.4 Hipótesis específicas	8
2.3 Operacionalización de variables	9
CAPÍTULO III	10
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	10
3.1 Antecedentes	10
3.2 Marco teórico	14
3.2.1 Biodiversidad en Apurímac.....	14
3.2.2 Cobertura vegetal de la región Apurímac	15
3.2.3 Diversidad cultural y sus saberes para la gestión de la diversidad biológica.....	15
3.2.4 Agro biodiversidad	16
3.2.5 Principales características de la agrobiodiversidad regional.....	16
3.2.6 Anemia en la región Apurímac	17
3.2.7 Desnutrición en la región Apurímac	18
3.2.8 Aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.).....	18
3.2.8.1 Descripción de la especie <i>Physalis peruviana</i> L.	19
3.2.8.2 Color de <i>Physalis peruviana</i> L.....	20
3.2.8.3 Características fisicoquímicas del aguaymanto	20
3.2.8.4 Composición nutricional	21
3.2.8.5 Compuestos bioactivos	21
3.2.9 Siraca (<i>Rubus robustus</i> -P).....	22



3.2.9.1	Clasificación botánica.....	22
3.2.9.2	Morfología de la planta.....	23
3.2.9.3	Composición nutricional y bioactiva.....	23
3.2.10	Tankar (<i>Berberis boliviana</i> Lechler).....	24
3.2.10.1	Taxonomía.....	25
3.2.10.2	Características morfológicas.....	25
3.2.10.3	Antocianinas del tankar (<i>Berberis boliviana</i> Lechler).....	25
3.2.10.4	Composición nutricional y bioactiva.....	26
3.2.11	Macha macha <i>Pernettya prostrata</i>	27
3.2.11.1	Familia ericaceae.....	27
3.2.11.2	El género <i>Pernettya</i>	27
3.2.11.3	<i>Pernettya prostrata</i> (Cav.).....	27
3.2.11.4	Composición nutricional.....	28
3.2.12	Tomatillo.....	28
3.2.12.1	Taxonomía.....	29
3.2.12.2	Composición química y nutricional.....	29
3.2.13	Caracterización fisicoquímica de frutos.....	30
3.2.13.1	Sólidos solubles totales (SST).....	30
3.2.13.2	pH.....	31
3.2.13.3	Color.....	31
3.2.14	Compuestos nutricionales en frutos.....	33
3.2.14.1	Composición química proximal.....	33
3.2.14.2	Vitaminas.....	35
3.2.14.3	Minerales.....	35
3.2.15	Compuestos bioactivos en frutos.....	36
3.2.15.1	Polifenoles totales.....	36
3.2.15.2	Antocianinas.....	38
3.2.15.3	Capacidad antioxidante.....	38
3.2.15.4	Carotenoides Totales.....	39
3.2.16	Liofilización.....	40
3.2.16.1	Etapas de la liofilización.....	40
3.2.16.2	Influencia de las condiciones de operación sobre el proceso de liofilización.....	42
3.3	Marco conceptual.....	44
CAPÍTULO IV.....		45
METODOLOGÍA.....		45
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	45
4.2	Diseño de la investigación.....	45
4.2.1	Definición de variables.....	45
4.3	Población y muestra.....	45



4.4	Procedimiento	46
4.4.1	Obtención de fruto congelado y liofilizado.....	46
4.4.2	Descripción del diagrama de flujo para la obtención de fruto congelado y liofilizado.....	48
4.5	Técnica e instrumentos	49
4.5.1	Descripción Caracterización fisicoquímica.....	49
4.5.2	Composición nutricional	49
4.5.3	Composición bioactiva.....	49
4.5.4	Materiales	50
4.5.5	Reactivos	50
4.5.6	Equipos.....	52
4.6	Análisis estadístico	52
4.6.1	Hipótesis estadística (nula y alterna).....	55
CAPÍTULO V		56
RESULTADOS Y DISCUSIONES		56
5.1	Análisis de resultados	56
5.1.1	Ensayos preliminares - características fisicoquímicas de frutos congelados.	56
5.1.2	Composición nutricional de frutos congelados y liofilizados.	61
5.1.2.1	Análisis proximal (Humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos) ...	61
5.1.2.2	Vitaminas.....	71
5.1.2.3	Minerales	75
5.1.3	Composición bioactiva de frutos congelados y liofilizados.....	80
5.2	Contrastación de hipótesis (si corresponde)	87
5.3	Discusión	89
5.3.1	Características fisicoquímicas	89
5.3.2	Composición fisicoquímica.....	91
5.3.3	Compuestos bioactivos.....	102
CAPITULO VI.....		107
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		107
6.1	Conclusiones.....	107
6.2	Recomendaciones	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		108
ANEXOS		115



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Operacionalización de variables de investigación.....	9
Tabla 2 — Composición de la cobertura vegetal regional	15
Tabla 3 — Reporte de niños menores de 05 años con anemia por provincias del año 2018. .	17
Tabla 4 — Reporte de gestantes con anemia por provincias del año 2018.	17
Tabla 5 — Reporte de niños menores de 05 años con desnutrición por provincias del año 2018.	18
Tabla 6 — Taxonomía del Aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i> L.)	19
Tabla 7 — Análisis fisicoquímico del aguaymanto según procedencia.....	20
Tabla 8 — Datos bibliográficos de composición nutricional en frutos de aguaymanto.....	21
Tabla 9 — Datos bibliográficos de composición bioactiva en frutos de aguaymanto.	22
Tabla 10 — Taxonomía de la Siraca (<i>Rubus robustus</i> - P)	22
Tabla 11 — Datos bibliográficos de composición nutricional en frutos <i>Rubus sp</i>	24
Tabla 12 — Datos bibliográficos de composición bioactiva en frutos <i>Rubus sp</i>	24
Tabla 13 — Taxonomía del tankar (<i>Berberis boliviana</i> Lechler)	25
Tabla 14 — Datos bibliográficos de composición nutricional en frutos especie <i>Berberis</i>	26
Tabla 15 — Datos bibliográficos de composición bioactiva en frutos especie <i>Berberis</i>	26
Tabla 16 — Datos bibliográficos de composición nutricional en frutos especie <i>Pernettya</i>	28
Tabla 17 —Taxonomía del sachatomate (<i>Cyphomandra betacea</i>)	29
Tabla 18 — Datos bibliográficos de composición nutricional en fruto tomatillo.	30
Tabla 19 — Ubicación del lugar de recolección de muestras (frutos andinos de la región Apurímac).....	46
Tabla 20 — Matriz de diseño experimental DCA con Arreglo Factorial AxB.....	54
Tabla 21 — Características fisicoquímicas de frutos congelados	56
Tabla 22 — Análisis de varianza (ANVA) de pH de frutos congelados.....	56
Tabla 23 — Análisis de varianza (ANVA) característica química °Brix en frutos congelados	57
Tabla 24 — Análisis de varianza (ANVA) de color (parámetro L*) en frutos congelados	58
Tabla 25 — Análisis de varianza (ANVA) de color (parámetro a*) en frutos congelados.....	59
Tabla 26 — Análisis de varianza (ANVA) de color (parámetro b*) en frutos congelados	60
Tabla 27 — Análisis proximal (b.s.) en frutos andinos, congelado y liofilizado	62
Tabla 28 — Análisis de varianza (ANVA) porcentaje de humedad en frutos, congelado y liofilizado.....	62
Tabla 29 — Análisis de varianza (ANVA) de proteína de frutos, congelado y liofilizado....	64



Tabla 30 — Análisis de varianza (ANVA) del porcentaje de grasa de frutos, congelado y liofilizado.....	65
Tabla 31 — Análisis de varianza (ANVA) del porcentaje de grasa de frutos, congelado y liofilizado.....	67
Tabla 32 — Análisis de varianza (ANVA) porcentaje de fibra en frutos, congelado y liofilizado	68
Tabla 33 —Análisis de varianza (ANVA) del porcentaje de carbohidrato en frutos, congelado y liofilizado.....	70
Tabla 34 — Composición de vitaminas (b.s.) en frutos, congelado y liofilizado	71
Tabla 35 — Análisis de varianza (ANVA) de Vitamina A en frutos, congelado y liofilizado	72
Tabla 36 — Análisis de varianza (ANVA) de vitamina E en frutos, congelado y liofilizado	73
Tabla 40 — Composición de minerales (b.s.) en frutos, congelado y liofilizado	75
Tabla 38 — Análisis de varianza (ANVA) de calcio en frutos, congelado y liofilizado	75
Tabla 39 — Análisis de varianza (ANVA) de fosforo en frutos, congelado y liofilizado	77
Tabla 40 — Análisis de varianza (ANVA) de hierro en frutos, congelado y liofilizado	78
Tabla 41 — Composición bioactiva (b.s.) de frutos, congelado y liofilizado	80
Tabla 42 — Análisis de varianza (ANVA) de polifenoles totales de frutos, congelado y liofilizado.....	80
Tabla 43 — Análisis de varianza (ANVA) de antocianinas totales en fruto, congelado y liofilizado.....	82
Tabla 44 — Análisis de varianza (ANVA) de carotenoides en frutos, congelado y liofilizado.	83
Tabla 45 — Análisis de varianza (ANVA) de capacidad antioxidante en frutos, congelado y liofilizado.....	85
Tabla 46 — Análisis de varianza (ANVA) de capacidad antioxidante en frutos, congelado y liofilizado.....	122
Tabla 47 — Resultados de la composición nutricional fruto Siraca congelado	123
Tabla 48 — Resultados de la composición nutricional fruto Tankar congelado.....	123
Tabla 49 — Resultados de la composición nutricional fruto Macha macha congelado.....	123
Tabla 50 — Resultados de la composición nutricional fruto Tomatillo congelado	124
Tabla 51 — Resultados de la composición nutricional fruto Aguaymanto congelado	124
Tabla 52 — Resultados de la composición nutricional fruto Siraca liofilizada	124
Tabla 53 — Resultados de la composición nutricional fruto Tankar liofilizada.....	125
Tabla 54 — Resultados de la composición nutricional fruto Macha macha liofilizada.....	125



Tabla 55 — Resultados de la composición nutricional fruto Tomatillo liofilizada	125
Tabla 56 — Resultados de la composición nutricional fruto Aguaymanto liofilizada	126
Tabla 57 — Comparación de medias Tukey, pH	127
Tabla 57 — Comparación de medias solidos solubles totales (SST).....	127
Tabla 59 — Parametro L*	128
Tabla 60 — Parámetro a*	128
Tabla 61 — Parámetro b*	128
Tabla 62 — Porcentaje de humedad.....	129
Tabla 63 — Porcentaje de proteína	129
Tabla 64 — Porcentaje de grasa	130
Tabla 65 — Porcentaje de ceniza	130
Tabla 66 — Porcentaje de fibra.....	131
Tabla 67 — Porcentaje de carbohidratos.....	131
Tabla 68 — Composición de vitamina A	132
Tabla 69 — Composición de vitamina E.....	132
Tabla 70 — Composición de vitamina A	133
Tabla 71 — Composición de Fosforo.....	133
Tabla 72 — Composición de Hierro.....	134
Tabla 73 — Composición de polifenoles totales.....	134
Tabla 74 — Composición de antocianinas totales.....	135
Tabla 75 — Composición de carotenoides totales	135
Tabla 76 — Capacidad antioxidante	136
Tabla 77 — Relación de frutas durante el proceso de liofilización.....	144
Tabla 78 — Parámetros del proceso de liofilización.....	144
Tabla 79 — Parámetros del proceso de liofilización.....	144



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Distribución de la agrobiodiversidad en la región Apurímac	16
Figura 2 — Fruto de Aguaymanto.....	18
Figura 3 — Esquema del fruto zarzamora (Rubus sp.)	23
Figura 4 — Representación tridimensional del espacio de color CIE L*a*b* (CIELAB).....	32
Figura 5 — Etapas de liofilización.....	42
Figura 6 — Diagrama de flujo para la obtención de fruta congelada y liofilizada	47
Figura 7 — pH en frutos congelados.....	57
Figura 8 — Grados °Brix en frutos congelados	58
Figura 9 — Parametro de L* en frutos congelados.....	59
Figura 10 — Parámetro de a* en frutos congelados.....	60
Figura 11 — Parámetros de b* en frutos congelados.....	61
Figura 12 — Parámetros de b* en frutos congelados.....	63
Figura 13 — Porcentaje de proteína en frutos congelados y liofilizados.....	65
Figura 14 — Porcentaje de grasa de frutos congelados y liofilizados	66
Figura 15 — Porcentaje de ceniza en frutos congelados y liofilizados.....	68
Figura 16 — Porcentaje de fibra en frutos congelados y liofilizados	69
Figura 17 — Porcentaje de carbohidratos en frutos congelados y liofilizados	71
Figura 18 — Vitamina A en frutos congelados y liofilizados.....	73
Figura 19 — Vitamina E en frutos congelados y liofilizados	74
Figura 20 — Calcio en frutos congelados y liofilizados	76
Figura 21 — Fosforo en frutos congelados y liofilizados	78
Figura 22 — Hierro en frutos, congelado y liofilizado	79
Figura 23 — Polifenoles totales de frutos congelados y liofilizados	81
Figura 24 — Antocianinas totales de fruto, congelado y liofilizado.....	83
Figura 25 — Carotenoides en frutos, congelado y liofilizado.....	84
Figura 26 — Capacidad antioxidante en frutos, congelado y liofilizado	86
Figura 27 — Recepción de materia prima (frutos andinos)	116
Figura 28 — Selección y clasificación, separándose la parte comestible de tallos, cascara y hojas en su caso	116
Figura 29 — Lavado de frutos andinos con agua ultra pura, previo envasado	117
Figura 30 — Envasado de frutas en bolsas de polietileno transparente con cierre hermético	117
Figura 31 — Cromacidad del fruto Macha macha	118



Figura 32 — Cromacidad del fruto Aguaymanto.....	118
Figura 33 — Cromacidad del fruto Tomatillo.....	119
Figura 34 — Cromacidad del fruto Siraca	119
Figura 35 — Cromacidad del fruto Tankar.....	120
Figura 36 — Autorización para colecta de muestras - SERFOR.....	121



INTRODUCCIÓN

La presente investigación permitió estudiar las características nutricionales y bioactivas de cinco tipos de frutos andinos de la región Apurímac. Apurímac posee una gran biodiversidad biológica, la cual está compuesta de manera importante por los frutos nativos, los cuales constituyen una fuente para la dieta de la población apurimeña, principalmente de poblaciones vulnerables, ya que estos frutos poseen nutrientes esenciales para la salud, a pesar de ser poco conocidos y aprovechados, muchos de los cuales solo tienen presencia local, corriendo el riesgo de perderse su material genético.

Según CONCYTEC (2016), actualmente los recursos de la biodiversidad peruana no están contribuyendo con todo su potencial en el desarrollo económico del Perú y el de las comunidades vinculadas. La biodiversidad amazónica y la agro biodiversidad andina no solo se ven erosionadas por el mal manejo, sino que están siendo subutilizadas y desaprovechadas en su valor potencial, mientras que las poblaciones vinculadas a ellos siguen sumidas en la pobreza, por lo que investigaciones en este rubro va a contribuir con el desarrollo económico de nuestro país; de acuerdo al Plan Bicentenario “Perú hacia el 2021”, al respecto se plantea también como objetivo nacional lograr un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y un ambiente que permita una buena calidad de vida para las personas y al mismo tiempo se propone aprovechar la biodiversidad y los recursos renovables del Perú para impulsar el desarrollo de nuevas actividades económicas inclusivas de alto valor agregado y sostenibles.

Siendo Apurímac una región biodiversa cuya riqueza natural sin embargo no deja de posicionarse dentro de las regiones pobres del Perú con problemas de desnutrición crónica y anemia en personas vulnerables.

Por otro lado, la malnutrición es uno de los grandes problemas en nuestro país asociados principalmente a personas que tienen cierto grado de riesgo como ocurre con las personas vulnerables, que trae consigo consecuencias muy negativas para la salud y la calidad de vida de estas personas en situaciones de riesgo. Investigaciones actuales señalan que el consumo de frutas y verduras, proporcionan nutrientes importantes que ayudan en el requerimiento nutricional de grupos vulnerables como niños, mujeres embarazadas, adultos mayores; además los frutos poseen compuestos nutricionales y bioactivos como polifenoles, carotenoides, antocianinas, entre otros, los cuales están relacionados con la disminución de enfermedades crónica degenerativas ya que tienen grupos funcionales que actúan en la degradación oxidativa de los radicales libres, responsables de la generación de este tipo de enfermedades.

Una alternativa para enfrentar estas enfermedades es la incorporación de alimentos con alto contenido de antioxidantes a la dieta diaria como las frutas y verduras. Bajo ese contexto se



planteó la presente investigación cuyo objetivo general fue: Evaluar el potencial de nutrientes y compuestos bioactivos en frutos andinos, congelados y liofilizados cultivadas en la región Apurímac.



RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el potencial de nutrientes y compuestos bioactivos en frutos andinos, congelados y liofilizados de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), tomatillo (*Cyphomandra betacea*), macha macha (*Pernettya prostrata* (Cav.)), tankar (*Berberis boliviana* L.) y siraca (*Rubus robustus*- P) de la región Apurímac. Para determinar compuestos nutricionales y bioactivos en frutos, congelado y liofilizado, se utilizó la metodología de la AOAC, Norma Técnica Peruana, la capacidad antioxidante por DPPH, polifenoles totales por método espectrofotométrico de Folin Ciocalteu, vitaminas, antocianinas totales, carotenoides totales por método HPLC, minerales según Daniel Harris, (2021). En el congelado, T1 (siraca congelado) sobresalió en contenido de ceniza, P (mineral fósforo) y vitamina E; T5 (macha macha congelado) obtuvo el valor más alto en el contenido de Ca (mineral calcio); T7 (tomatillo congelado) resaltando en el contenido de humedad y vitamina A; T9 (aguaymanto congelado) obtuvo mayor resultado en Fe (mineral hierro) y Grasa. En el liofilizado, el T6 (macha macha liofilizado) sobresalió en contenido de grasa, carbohidrato y Ca; T8 (tomatillo liofilizado) obtuvo mayores valores de contenido en humedad, ceniza, Fe y vitamina E; T10 (aguaymanto liofilizado) se caracterizó por obtener mayores valores de compuestos en P (mineral fósforo) y vitamina A. Al analizar los compuestos bioactivos, se determinó que los frutos liofilizados disminuyó el contenido de polifenoles totales, carotenoides (macha macha, tomatillo, aguaymanto), capacidad antioxidante, compuestos de antocianinas totales y carotenoides presentes en frutos de Siraca y tankar. En el congelado, T1 (siraca congelado) sobresalió en contenido de polifenoles totales; T3 (tankar congelado) obtuvo valores altos en antocianinas totales y capacidad antioxidante; T7 (tomatillo congelado) resaltando en el contenido de carotenoides totales. En el liofilizado, T4 (tankar liofilizado) obteniendo valores altos en polifenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante; T8 (tomatillo liofilizado) y obtuvo mayores valores de contenido en carotenoides totales.

Palabras clave: *Frutos congelados, frutos liofilizados, Composición nutricional, composición bioactiva.*



ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the potential of nutrients and bioactive compounds in frozen and freeze-dried Andean fruits of aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), tomatillo (*Cyphomandra betacea*), macha macha (*Pernettya prostrata* (Cav.)), tankar (*Berberis boliviana* L.) and siraca (*Rubus robustus*-P) from the Apurimac region. To determine nutritional and bioactive compounds in fruits, frozen and lyophilized, the methodology of the AOAC, Peruvian Technical Standard, antioxidant capacity by DPPH, total polyphenols by Folin Ciocalteu spectrophotometric method, vitamins, total anthocyanins, carotenoids by HPLC method was used. , minerals according to Daniel Harris, (2021). In the frozen, T1 (frozen siraca) stood out in content of ash, P (phosphate mineral) and vitamin E; T5 (frozen macha macha) obtained the highest value in Ca content (calcium mineral); T7 (frozen tomatillo) standing out in moisture content and vitamin A; T9 (frozen goldenberry) obtained higher results in Fe (iron mineral) and Fat. In the lyophilized, the T6 (lyophilized macha macha) stood out in fat, carbohydrate and Ca content; T8 (lyophilized tomatillo) obtained higher values of moisture content, ash, Fe and vitamin E; T10 (lyophilized aguaymanto) was characterized by obtaining higher values of compounds in P (phosphate mineral) and vitamin A. When analyzing the bioactive compounds, it was determined that the lyophilized fruits decreased the content of total polyphenols, carotenoids (macha macha, tomatillo, aguaymanto), antioxidant capacity, total anthocyanin compounds and carotenoids present in Siraca and tankar fruits. In the frozen, T1 (frozen siraca) stood out in content of total polyphenols; T3 (frozen tankar) obtained high values in total anthocyanins and antioxidant capacity; T7 (frozen tomatillo) standing out in the content of total carotenoids. In the lyophilized, T4 (lyophilized tankar) obtaining high values in total polyphenols, anthocyanins and antioxidant capacity; T8 (lyophilized tomatillo) and obtained higher values of total carotenoid content.

Keywords: *Frozen fruits, lyophilized fruits, Nutritional composition, bioactive composition.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Siendo Apurímac una región biodiversa cuya riqueza natural no viene siendo aprovechada adecuadamente, debido al desconocimiento de la composición de sus productos, consumo limitado a la zona de producción, deterioro y pérdida de productos por falta de una cadena de valor para su aprovechamiento, a pesar de poseer una variedad de frutas de los cuales se tiene información precaria sobre la composición de sus compuestos bioactivos, funcionales, nutricionales, como son las frutas Macha macha, Tankar, Siraca, Aguaymanto y el Tomatillo. Las mismas que desde tiempos pre-incas ya han sido usados como frutas medicinales, como tintes naturales y usados como frutas nutracéuticas.

Ante la gran demanda de alimentos funcionales se debe estudiar sus componentes bioactivos, nutricionales y de esa manera dar su valor agregado entre los pobladores de la región andina, impulsando su producción para mayor uso alimentario.

Adicionalmente, la región Apurímac está dentro de las 3 a 4 regiones con mayores porcentajes de desnutrición (16,1%) y anemia (47,9%) en grupos poblacionales vulnerables, a pesar de su variada riqueza natural (ENDES, 2020). Frente a este contexto se formula la siguiente pregunta ¿Cuál será la composición nutricional, componentes bioactivos de frutas de la región Apurímac, cuya potencialidad contribuya a disminuir los principales problemas de salud, tales como la desnutrición crónica y anemia en grupos poblacionales vulnerables, a través de su consumo?

1.2 Enunciado del Problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál será el potencial de nutrientes y compuestos bioactivos en frutos andinos, congelados y liofilizados de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), tomatillo (*Cyphomandra betacea*), macha macha (*Pernettya prostrata* (Cav.)), tankar (*Berberis boliviana* L.) y siraca (*Rubus robustus*- P) de la región de Apurímac?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál será la composición nutricional y bioactiva de frutos congelados y liofilizados de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), tomatillo



(*Cyphomandra betacea*), macha macha (*Pernettya prostrata* (Cav.)), tankar (*Berberis boliviana* L.) y siraca (*Rubus robustus*- P) de la región de Apurímac?

- ¿Cuál será el efecto del liofilizado en la composición nutricional y bioactiva en frutos congelados de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), tomatillo (*Cyphomandra betacea*), macha macha (*Pernettya prostrata* (Cav.)), tankar (*Berberis boliviana* L.) y siraca (*Rubus robustus*- P) de la región de Apurímac?

1.2.3 Justificación de la investigación

Según INEI en el informe técnico denominado Evolución de la pobreza monetaria, del año 2018, en la última década en la región Apurímac se ha observado reducción de la pobreza, pasando del 69,5% (2007) al 35,9% (2017); esto se debe a la expansión de la inversión minera, a través de proyectos como Las Bambas, que permitió generar mayores niveles de empleo en la región, en desnutrición crónica está posicionado en el quinto puesto del ranking a nivel nacional con 20% y anemia en el puesto 8 con 54,2%. Según la OMS, cuando la anemia supera el 40% de niños, estamos ante un problema de salud pública, bajo este contexto de altos índices de desnutrición crónica y anemia se busca estrategias de consumo de productos que contengan vitaminas, minerales y ácidos grasos como son los omegas. Algunos de estos compuestos se pueden encontrar en frutas y que mejor si son frutas que crezcan en la misma región Apurímac. Entre las frutas de la región con probables compuestos que ayuden en la salud y alimentación para el poblador, se tiene aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), tomatillo (*Cyphomandra betacea*), macha macha (*Pernettya prostrata* (Cav.)), tankar (*Berberis boliviana* L.) y siraca (*Rubus robustus*- P), las mismas que crecen en forma silvestre y algunas de ellas son usadas para teñir fibras, curar algunos males y como alimento nutracéutico. Sin embargo, actualmente se cuenta con información precaria de compuestos bioactivos, funcionales y nutricionales para estos frutos. Investigaciones realizadas con respecto a estas frutas como es el caso del aguaymanto y el tomatillo ambos tienen alto contenido de vitamina C, esta información es de importancia por la relación mutua que se tiene entre el Hierro y la vitamina C para la prevención de la anemia. Se sabe que existen diversos factores que potencian o inhiben la



absorción del hierro no heme. El potenciador mejor conocido es la vitamina C (ácido ascórbico), puesto que facilita la absorción de hierro a nivel gastrointestinal y permite una mayor movilización de este mineral desde los depósitos. Respecto de las otras frutas en estudio no se ha encontrado mayor información por lo cual se conjetura que probablemente tendrían alto contenido en compuestos bioactivos y propiedades funcionales.

La ejecución de la propuesta permitirá dar a conocer a la población la potencialidad que presentan las frutas andinas de la región Apurímac, siendo esta región biodiversa en cuanto a la cantidad de frutas que crece en sus diferentes geografías, así como los beneficios que se obtendrían al consumir estos productos aprovechando su consumo de acuerdo al tipo de composición que tengan para así mejorar la calidad de vida de la población, y proponer estrategias para futuramente posicionarse en el mercado y atender las demandas nutricionales de la población y productivas del agricultor, contribuyendo con la disminución de los principales problemas de salud, tales como la desnutrición crónica y anemia en grupos poblacionales vulnerables.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.2.1 Objetivo general

Evaluar el potencial de nutrientes y compuestos bioactivos en frutos andinos, congelados y liofilizados de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), tomatillo (*Cyphomandra betacea*), macha macha (*Pernettya prostrata* (Cav.)), tankar (*Berberis boliviana* L.) y siraca (*Rubus robustus*- P) de la región de Apurímac.

2.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la composición nutricional y bioactiva de frutos congelados y liofilizados de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), tomatillo (*Cyphomandra betacea*), macha macha (*Pernettya prostrata* (Cav.)), tankar (*Berberis boliviana* L.) y siraca (*Rubus robustus*- P) de la región de Apurímac.
- Evaluar el efecto del liofilizado en la composición nutricional y bioactiva en frutos congelados de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), tomatillo (*Cyphomandra betacea*), macha macha (*Pernettya prostrata* (Cav.)), tankar (*Berberis boliviana* L.) y siraca (*Rubus robustus*- P) de la región de Apurímac.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.3 Hipótesis general

Los frutos andinos (congelados y liofilizados), aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), tomatillo (*Cyphomandra betacea*), macha macha (*Pernettya prostrata* (Cav.)), tankar (*Berberis boliviana* L.) y siraca (*Rubus robustus*- P) de la región de Apurímac, presentan potencial de nutrientes y compuestos bioactivos.

2.2.4 Hipótesis específicas

- Los frutos congelados y liofilizados de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), tomatillo (*Cyphomandra betacea*), macha macha (*Pernettya prostrata* (Cav.)), tankar (*Berberis boliviana* L.) y siraca (*Rubus robustus*- P) de la región de Apurímac, presentan contenido nutricional y bioactivo.



- El liofilizado tiene efecto en la composición nutricional y bioactiva en frutos congelados de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), tomatillo (*Cyphomandra betacea*), macha macha (*Pernettya prostrata* (Cav.)), tankar (*Berberis boliviana* L.) y siraca (*Rubus robustus*- P) de la región de Apurímac.

2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables de investigación

Variables Fijas		
Variables	Indicador	Índice
Frutos andinos (congelados y liofilizados) de la región Apurímac.	Aguaymanto	
	Tomatillo	
	Macha macha	Gramos (g)
	Tankar	
	Siraca	
Variables de Respuesta		
Variables	Indicador	Índice
Composición Nutricional	Proteína	%
	Humedad	%
	Grasa	%
	Carbohidrato	%
	Ceniza	%
	Fibra	%
	Minerales (calcio, fosforo, hierro,)	mg/100g
	Vitaminas (C, E, A)	mg/100g
Composición bioactiva	Polifenoles totales	mg Eq Ácido Gálico/100g
	Antocianinas totales	mg Cianidina-3Glucosido/100g
	Actividad antioxidante	mg Eq Trolox CI50/100g
	Carotenoides	mg/100g



CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

- a) (SALAS, 2017) En su trabajo de investigación “Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de los frutos silvestres *Gaultheria glomerata* (cav.) Sleumer (machamacha), *Monnina vargassi* Ferreyra (condorpausan), *Vaccinium floribundum* Kunth (alaybilí) y *Rubus roseus* Poir (frambuesa silvestre)”, determinó el nivel de capacidad antioxidante y compuestos bioactivos (fenoles y antocianinas) de los frutos silvestres: machamacha, condorpausan, alaybilí y frambuesa silvestre; el nivel de mayor capacidad antioxidante fue para el fruto frambuesa silvestre 25010.87 ($\mu\text{g Eq}^*$ Trolox/100 g fruto fresco); seguido por Machamacha 23328.90 ($\mu\text{g Eq}^*$ Trolox 100 g fruto fresco), luego alaybilí 22902.90 ($\mu\text{g Eq}^*$ Trolox/100 g fruto fresco) y condorpausan 21924.65 ($\mu\text{g Eq}^*$ Trolox/100 g fruto fresco) que presentaron nivel menor de capacidad antioxidante. Respecto al contenido de fenoles totales el fruto con nivel mayor fue frambuesa silvestre 5370,42 (mg AGE/ 100 g fruto fresco), seguido por machamacha 5187.77 (mg AGE/ 100 g fruto fresco), los frutos silvestres de alaybilí 4817.80 (mg AGE/100 g fruto fresco) y Condorpausan 4707.21 (mg AGE/100 g fruto fresco) resultaron con menor contenido de fenoles totales; en cuanto al contenido de antocianinas totales el nivel alto correspondió al fruto frambuesa silvestre 2013,967 (mg cianidina3-glucosido/100 g fruto fresco), seguido por machamacha 1033,184 (mg cianidina-3-glucosido/100 g fruto fresco), alaybilí 914.875 (mg cianidina3glucosido/100 g fruto fresco) y condorpausan 862,006 (mg cianidina-3glucosido/100 g fruto fresco), estos tres últimos frutos (machamacha, alaybilí y condorpausan) resultaron con menor nivel del contenido de antocianinas totales. Se destaca que el nivel alto de capacidad antioxidante del fruto *Rubus roseus* Poir (frambuesa silvestre) permitió entender su mayor captación de radicales libres, seguido por su alto contenido de fenoles totales y antocianinas totales.
- b) (REPO, y otros, 2008) En su investigación señala que comparando las diferentes frutas en cuanto a su capacidad antioxidante medida por el método DPPH, la papaya de monte presentó el valor más alto ($1936 \pm 228 \mu\text{g Equivalente Trolox/g}$ de fruto); seguido por el tomate de árbol ($853 \pm 52 \mu\text{g Equivalente Trolox / g}$ de tejido); el aguaymanto tuvo un valor de $729 \pm 98 \mu\text{g Equivalente Trolox/g}$ de fruto, y por último la tuna roja $482 \pm 35 \mu\text{g Equivalente Trolox/g}$ de fruto. Mientras que la mayor capacidad antioxidante medida por el método del ABTS fue para la papaya de monte ($2141 \pm 71 \mu\text{g Equivalente}$



Trolox/g de fruto); seguido por el aguaymanto ($1066 \pm 28 \mu\text{g}$ Equivalente Trolox/g de fruto). En cuanto a los compuestos fenólicos, la papaya de monte fue la fruta que presentó mayor contenido de estos compuestos (167 mg de equivalente ácido gálico/g de fruto).

- c) (HUACHUHILLCA, 2017) en su investigación “Efecto de liofilización sobre los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en la pulpa de Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)”, cuantificó los compuestos bioactivos en la pulpa, fresca y liofilizada, por espectrofotometría, capacidad antioxidante usando el reactivo ABTS y propiedades fisicoquímicas. Los compuestos bioactivos en la pulpa fresca reportó $35 \pm 2,41 \text{ b.h}$ ($182,32 \pm 0,39 \text{ b.s}$) mg de ácido ascórbico (AA) /100 g, carotenoides $2,76 \pm 0,15 \text{ b.h}$ ($14,17 \pm 0,62 \text{ b.s}$) mg β -caroteno Equi./100 g y compuestos fenólicos $44,03 \pm 0,29 \text{ b.h}$ ($228,70 \pm 6,94 \text{ b.s}$) mg β caroteno Equi./100 g, asimismo la capacidad antioxidante $1132,27 \pm 26,03 \text{ b.h}$ ($5879,57 \pm 168,27 \text{ b.s}$) μmol Equi. Trolox/100 g, humedad $80,73 \pm 0,64$ por ciento y actividad de agua 0,96, con estas características la pulpa fue concentrada a $16 \text{ }^\circ\text{Brix}$ y sometida a liofilización en un equipo marca LABCONCO modelo 7754040 con temperatura inicial $19,6 \text{ }^\circ\text{C}$, la temperatura de congelación que alcanzó fue $-36 \text{ }^\circ\text{C}$ manteniéndose constante, seguidamente la sublimación alcanzó a $30 \text{ }^\circ\text{C}$ con una presión de vacío $0,110 \text{ mbar}$, el tiempo de liofilización fue 19 horas, en la pulpa liofilizada los compuestos bioactivos reportó $127 \pm 9,7 \text{ mg}$ de AA /100 g, carotenoides $14,17 \pm 0,62 \text{ mg}$ β -caroteno Equi./100 g y compuestos fenólicos $223 \pm 3,02 \text{ mg}$ AGE/100 g, asimismo, la capacidad antioxidante $5581,81 \pm 38,81 \mu\text{mol}$ Equi. Trolox/100 g, con humedad $6,80 \pm 1,05$ por ciento y actividad de agua 0,40, donde se reportó la retención del ácido ascórbico 70.17 por ciento, β -caroteno 41.71 por ciento, compuestos fenólicos 97.70 por ciento y capacidad antioxidante 94,94 por ciento respecto a la pulpa fresca; demostrándose que el proceso de liofilización tiene efecto significativo frente a los compuestos bioactivos disminuyendo su valor y capacidad antioxidante, sin embargo este proceso retiene a los compuestos fenólicos, no evidenciando un efecto significativo.
- d) (BRAUL, y otros, 2016) en su trabajo de investigación “Características farmacognósticas del fruto de *Pernettya prostrata* Cav. (Macha macha) procedente de la región Ayacucho”, estudió las características farmacognósticas, donde se determinaron las características macroscópicas, fisicoquímicas y el tamizaje fitoquímico de los frutos frescos. Los resultados mostraron que los frutos frescos



presentaron diámetro y peso promedio $10 \text{ mm} \pm 0,776$ y $10,1 \text{ g} \pm 0,018$, respectivamente. Asimismo estos frutos tienen color púrpura, textura carnosa, superficie lisa, olor suigéneris, forma circular y consistencia blanda. Las características fisicoquímicas encontradas fueron: grado Brix ($9,8^\circ \pm 0,1$), índice de refracción ($1,347 \pm 0,001$), pH ($5,24 \pm 0,003$), peso seco ($3,02 \text{ g} \pm 0,077$), sólidos totales ($0,44 \text{ g} \pm 0,0027$), cenizas totales ($4,76\% \pm 0,076$), cenizas insolubles en agua ($2,44\% \pm 0,09$), cenizas ácido insolubles ($1,52\% \pm 0,062$) y humedad ($17,2\% \pm 1,19$). Los fitoconstituyentes encontrados fueron: aceites y grasa, lactonas, triterpenos y esteroides, compuestos fenólicos, antocianidinas, flavonoides, catequinas, aminoácidos, azúcares reductores, saponinas y taninos.

- e) (ROJAS, y otros, 2017) En su trabajo de investigación “Determinación de la máxima retención de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el néctar de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.)” establecieron los parámetros de retención en el contenido de ácido ascórbico, compuestos fenólicos, carotenoides totales y capacidad antioxidante presentes en la materia prima. Se determinó el contenido de compuestos bioactivos en la pulpa de tomate de árbol: carotenoides totales $4,27 \text{ mg } \beta\text{-caroteno}/100\text{g}$, vitamina C $28,83 \text{ mg de ácido ascórbico}/100\text{g}$, compuestos fenólicos $100,55 \text{ mg ácido gálico equivalente}/100\text{g}$ y capacidad antioxidante $3,31 \text{ } \mu\text{mol trolox}/\text{g}$ medida por el método DPPH y $4,65 \text{ } \mu\text{mol trolox}/\text{g}$ medida por el método ABTS. Se obtuvo una mayor retención de los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el néctar de tomate de árbol con pH 3,33; 13°Brix , dilución pulpa: agua 1:2,5 y temperatura de pasteurización $99,5^\circ\text{C}$ por un minuto, encontrándose un contenido de carotenoides totales $1,68 \text{ mg } \beta\text{-caroteno}/100\text{g}$, vitamina C $11,45 \text{ mg de ácido ascórbico}/100\text{g}$, compuestos fenólicos $32,96 \text{ mg ácido gálico equivalente}/100\text{g}$ y capacidad antioxidante $1,38 \text{ } \mu\text{mol trolox}/\text{g}$ medida por el método DPPH y $2,00 \text{ } \mu\text{mol trolox}/\text{g}$ medida por el método ABTS.
- f) (TORRES, 2012) en su investigación “Caracterización física, química y compuestos bioactivos de pulpa madura de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Cav.)”, determinaron parámetros físicos (peso, tamaño, fuerza de compresión, humedad) y químicos ($^\circ\text{Brix}$, acidez titulable, pH, proteína, fibra dietaria, cenizas, minerales y bioaccesibilidad de minerales, pectina, compuestos antioxidantes). La caracterización reflejó que los frutos estaban en estado de madurez para su consumo ($^\circ\text{Brix}$ 10,51, pH 3,5, acidez $0,02 \text{ g}/100 \text{ ml}$ y fuerza de compresión $4,32 \text{ Kg}/\text{cm}^2$), con rendimiento de



pulpa 74%. Los resultados del análisis de la pulpa madura reflejan un aporte 30 Kcal/100g, fibra dietaria (4,10g/100g) y valores de fósforo, calcio, magnesio potasio y hierro de 331,32; 21,25; 21,18; 17,03; 7,44 mg/100g respectivamente. Se obtuvo 6,71 y 1,86% de bioaccesibilidad para calcio y hierro. La pectina extraída (1,00 g/100g) resultó ser de alto metoxilo y alto grado de esterificación. La capacidad antioxidante de la pulpa madura (EC50 de 165 g/g DPPH y poder reductor 0,07 mmol Fe +2/100g) fue atribuido a la presencia de ácido ascórbico (23,32 mg/100g), licopeno (1,22 mg/100g), compuestos fenólicos (1,39 mg EAG/ g), antocianinas (0,29 mg cianidina/g) y taninos (0,40 mg catequina/100g).

- g) (FARFAN, 2011) en su investigación “Extracción de antocianinas del fruto de la siraca (*Rubus robustus*- P) por lixiviación y secadas por atomización”, determinó las características fisicoquímicas del fruto de la siraca; largo 1.4 cm, ancho 1,1 cm, Brix 10,5, pH 2,92, acidez 3,21g ácido cítrico/100g de muestra, e índice de madurez 3,27. Así mismo se realizó el análisis químico proximal del fruto de la siraca en estado maduro (color negro), dando como resultado, humedad 87,52%, proteínas 0,64%, grasa 0,58%, cenizas 0,49%, fibra 2,61% y carbohidratos de 9,41%, se obtuvo el colorante y se evaluó la influencia de la temperatura (15°C, 30°C y 40°C) y el pH (3,0;3,5 y 4,5), sobre la cantidad de antocianinas en la etapa de extracción por lixiviación, el sistema de extracción que se utilizó fue agua/etanol (30:70), resultando la más óptima a una temperatura 40°C y pH 3.0. También se evaluó la influencia de la temperatura (180°C y 190°C), y la concentración de encapsulante (3% y 5%), sobre la cantidad de antocianinas en la etapa del secado por atomización, resultando la más óptima a temperatura 180°C y 3% de encapsulante (maltodextrina DE10), otorgando un rendimiento 11.24% como producto final en polvo. La concentración de antocianinas que presentaron los frutos de la siraca, como son en la etapa de lixiviación, maduro, la solución concentrada, así como el colorante en polvo fueron expresados en cianidina-3-glucósido/100mL de muestra, llegando a concluir que el que tuvo mayor concentración de antocianinas fue el fruto maduro 76,871 mg/mL de muestra, la solución concentrada 70,358 mg/mL de muestra, las antocianinas en polvo 67,964 mg/mL de muestra y 16,21 mg/mL de muestra en la muestra producto de la lixiviación.
- h) (ARANIBAR, 2013) En su investigación “Extracción de antocianinas a partir del fruto de Tankar (*Berberis boliviana* L) y determinación del contenido por el método del pH diferencial”, determinó el contenido del pigmento en estudio por el método pH-diferencial, obteniendo como resultado un contenido máximo 1234.38 ± 4.59 mg/100g



de antocianinas en base húmeda. Los parámetros tecnológicos (tiempo, pH y temperatura) adecuados para la extracción de las antocianinas a partir del fruto de tankar (*Berberis boliviana* L.) fueron para un tiempo de 24 horas, pH 4 y temperatura 20°C, se determinó el análisis fisicoquímico de este fruto teniendo como resultado, Humedad (%) 56,11; pH 3,01; Sólidos solubles totales (° Brix) 10,25; Acidez titulable (Expresado en ácido cítrico) 2,86; Índice de madurez (SST/acidez) 3,59.

- i) (TARIN, 2015) en su investigación “Evaluación de la calidad funcional de extractos de mora y fresa liofilizada” evaluaron el efecto de la liofilización y de la adición de goma arábica (1,2%) sobre los principales compuestos bioactivos (fenoles y carotenoides) y la actividad antioxidante de fresa y mora. Los resultados mostraron que la liofilización parece una buena alternativa para obtener un producto en polvo con alto contenido en compuestos bioactivos. La mora presentó mayor contenido en compuestos bioactivos que la fresa, así como mayor actividad antioxidante. En la fresa el procesado no ocasionó cambios significativos en el contenido en fitoquímicos, mientras que en la mora se produjeron pérdidas en los fenoles.
- j) (BAUTISTA, y otros, 2014), en su investigación “obtención de aguaymanto (*Physalis peruviana*) liofilizado” obtuvieron aguaymanto (*Physalis peruviana*) liofilizado, con la finalidad de preservar sus características: fisicoquímicas, nutricionales y organolépticas, para ello se realizaron las siguientes operaciones: lavado con agua potable, selección, retiro de cáscara, desinfección, enjuague con agua potable, cortado en mitades y secado por liofilización. La humedad inicial del fruto en promedio fue 75,56 %, 15,1 °Brix, y humedad final 5,63 %, conservándose la vitamina C en 94 % respecto al fruto fresco. El tiempo de liofilización fue 72,5 horas y alcanzó -30 °C en el punto más bajo y 40 °C en el secado. La incorporación hasta un 20 % del liofilizado en yogurt comercial fue aceptable por el panel de degustadores.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Biodiversidad en Apurímac

La región Apurímac posee una abundante riqueza biológica en términos de especies, genes y ecosistemas que, en conjunto, dan sostenibilidad a los sistemas naturales como al bienestar humano. La variedad de pisos ecológicos, configura diversos escenarios o ecosistemas para el progreso de una variada y abundante vida. La biodiversidad incluye la diversidad dentro de las especies (diversidad genética), entre



especies (diversidad de especies) y entre ecosistemas (diversidad de ecosistemas). La diversidad biológica es imprescindible para el bienestar humano por la variedad de beneficios que proporcionan al hombre, ya que alberga diferentes escalas ecológicas. Su papel incluye garantizar la disponibilidad de materias primas para los diferentes medios de vida. (MALDONADO , y otros, 2014)

3.2.2 Cobertura vegetal de la región Apurímac

La capa de vegetación natural que cubre la superficie de la región, comprende una amplia gama de biomásas con diferentes características que van desde pastizales altoandinos, bosques nativos, matorrales, especies herbáceas y arbustivas entre otros. (MALDONADO , y otros, 2014)

Tabla 2 — Composición de la cobertura vegetal regional

Cobertura vegetal	Superficie (ha, %)	
Bosque nativo	7136,04	0,34
Bosque mixto	18936,10	0,90
Bosque seco	7098,07	0,34
Plantación forestal exótica	17784,47	0,84
Matorral arbolado	1692,64	0,08
Matorral mixto	305730,17	14,48
Estepa	20196,04	0,96
Estepa espinosa	120675,46	5,71
Pastizal	936213,07	44,33
Bofedales	85933,27	4,07
Áreas desnudas o con escasas vegetación	340875,67	16,14
Áreas agrícolas	221062,08	10,47
Laymes	7393,78	0,35
Centros poblados	912,84	0,04
Total	2111706.46	100

Extraído de (MALDONADO , y otros, 2014)

3.2.3 Diversidad cultural y sus saberes para la gestión de la diversidad biológica

Apurímac, como la mayor parte del Perú, posee una enorme riqueza cultural que conservan y gestionan la diversidad biológica regional, la cual expresa la forma de manejo de la tierra, los recursos naturales y cultivos; en la dieta, uso de plantas medicinales, aromáticas, biocidas-repelentes, maderables, forrajeras y en sus expresiones culturales como danzas, historias, cuentos, etc (MALDONADO , y otros, 2014).



3.2.4 Agro biodiversidad

En esta área, Apurímac es privilegiada pues cuenta con pisos ecológicos, cada uno con climas peculiares, que se distribuyen desde los 900 msnm hasta más de 5,000 msnm. A lo largo de la región, son dinámicos. Son parte del patrimonio cultural de las comunidades locales, todos los pobladores reconocen la existencia de 3 zonas (alta, media y baja). Esta distribución de pisos y climas es particularmente importante para la agro biodiversidad, pues ha permitido el desarrollo de variedades y eco tipos de especies comestibles y silvestres adaptadas a cada agro ecosistema (MALDONADO y otros, 2014).

Este elemento se relaciona a una necesidad básica muy importante para la existencia del ser humano: la alimentación, por tanto es necesario que su gestión sea abordada desde una mirada que trascienda el mero hecho conservacionista o proteccionista, por tanto en la región es necesario incursionar en temas como la generación de valor agregado, la ampliación de la producción, la investigación, el desarrollo tecnológico al respecto y también la conservación (MALDONADO y otros, 2014).

3.2.5 Principales características de la agrobiodiversidad regional

En cada provincia resaltan particularidades respecto a la agrobiodiversidad. Por ejemplo en la Figura 1 se aprecia de manera muy resumida las características de las provincias.



Figura 1 — Distribución de la agrobiodiversidad en la región Apurímac

Extraído de (MALDONADO , y otros, 2014)

3.2.6 Anemia en la región Apurímac

La Tabla 3 muestra evaluaciones realizadas por la Dirección Regional de Salud Apurímac (DIRESA) donde reportaron que mayor porcentaje de prevalencia de anemia en niños menores de cinco años se encuentran en las provincias de Cotabambas, seguido por Andahuaylas, Chincheros y la provincia de Grau.

Tabla 3 — Reporte de niños menores de 05 años con anemia por provincias del año 2018

Provincia	Anemia leve	Anemia moderada	Anemia severa	Normal	Total	Total	Prevalencia
Abancay	18	830	346	5	4141	5340	22,5%
Andahuaylas	50	1978	829	3	7759	10619	26,9%
Antabamba	0	63	36	0	614	713	13,9%
Aymaraes	1	134	33	0	1539	1707	9,8%
Chincheros	11	531	245	8	2328	3123	25,5%
Cotabambas	108	859	406	4	2835	4212	32,7%
Grau	4	244	108	1	1059	1416	25,2%
Apurímac	192	4639	2003	21	20275	27130	25,3%

Extraído de (Sistema de Información de Estado Nutricional "SIEN" DIRESA Apurímac (2019))

En la Tabla 4 se muestra el reporte realizado por la Dirección Regional de Salud Apurímac (DIRESA) se observa problemas de madres gestantes con anemia donde las provincias con mayor porcentaje de anemia se encuentran las provincias de Grau y seguido por Antabamba.

Tabla 4 — Reporte de gestantes con anemia por provincias del año 2018

Provincia	Anemia leve	Anemia moderada	Anemia severa	Normal	Tamizados	Total	Prevalencia
Abancay	160	99	1	971	1231	260	21,1%
Andahuaylas	303	145	1	1828	2277	449	19,7%
Antabamba	24	13	0	108	145	37	25,5%
Aymaraes	33	15	0	302	350	48	13,7%
Chincheros	114	78	1	660	853	193	22,6%
Cotabambas	142	112	1	819	1074	255	23,7%
Grau	37	36	0	161	234	73	31,2%
Apurímac	813	498	4	4849	6164	1315	21,3%

Extraído de (Sistema de Información de Estado Nutricional "SIEN" DIRESA Apurímac (2019))



3.2.7 Desnutrición en la región Apurímac

El problema de desnutrición sigue prevaleciendo en la región Apurímac en mayor porcentaje en la provincia de Antabamba, Chincheros y Cotabambas, lo cual sigue siendo una situación crítica, la Tabla 5 muestra el reporte de niños menores de cinco años que sufren con el problema de desnutrición en la región de Apurímac, evaluaciones realizadas por la Dirección Regional de Salud Apurímac (DIRESA) reportaron lo siguiente:

Tabla 5 — Reporte de niños menores de 05 años con desnutrición por provincias del año 2018

Provincia	Desnutrición crónico	Excluido	Normal	Total general	% Desnutrición crónico
Abancay	1256	34	8223	9513	13,2%
Andahuaylas	3336	9	10740	14085	23,7%
Antabamba	248	0	733	981	25,3%
Aymaraes	490	3	1793	2286	21,4%
Chincheros	1388	22	3898	5308	26,1%
Cotabambas	1857	17	5166	7040	26,4%
Graú	487	4	1643	2134	22,8%
Apurímac	9062	89	32196	41347	21,9%

Extraído de (Sistema de Información de Estado Nutricional "SIEN" DIRESA Apurímac (2019))

3.2.8 Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)



Figura 2 — Fruto de Aguaymanto

Extraído de (<http://www.pregonagropecuario.com/cat.php?txt=5489>)

El Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) cuyo fruto se aprecia en la Figura 2, es una planta perteneciente a la familia de las Solanácea, el centro de origen fueron los

Andes peruanos, es una fruta originaria de América del Sur, especialmente del Perú de donde proviene su nombre científico, su historia traspasa la de los períodos incásicos y pre-incásicos, a lo largo de América del Sur. Tradicionalmente ha sido considerada como maleza y se la eliminaba. Recién desde los años 80 ésta fruta empieza a tener un valor económico como cultivo, por sus características de buen aroma, sabor dulce y bondades medicinales. (BRITO, 2009)

(FISCHER, 1995), manifiesta que existen muchos nombres con los que se le conoce y son: Capulí o Moto globo embolsado (Bolivia); Uchuva, Uvilla, Guchuba (Colombia); Capulí, Guinda serrana, Aguaymanto, (Perú); Topo-topo (Venezuela); Capulí o amor en bolsa (Chile); Cereza del Perú (México); Groun/andeancherry, cape gooseberry, husktomto, (Estados Unidos); Alquequenje (España). Taxonomía del Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). En la Tabla 6 se describe la taxonomía del aguaymanto:

Tabla 6 — Taxonomía del Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)

Reino:	Plantae
Clase:	Angiospermae
Subclase:	Dicotyledoneae
Orden:	Tubiflorae
Familia:	Solanaceae
Género:	<i>Physalis</i>
Especie:	<i>peruviana</i> L.
Nombre científico:	<i>Physalis peruviana</i> .
Nombre común:	Aguaymanto, tomatillo, uvilla, uchuva, capulí, etc.

Extraído de (BRITO, 2009)

3.2.8.1 Descripción de la especie *Physalis peruviana* L

El fruto es una baya jugosa de forma globosa u ovoide; diámetro entre 1,25 y 2,5 cm, 4 a 10 g de peso; y contiene en su interior alrededor 100 a 300 semillas pequeñas. La estructura interior del fruto parece a un tomate en miniatura. Presenta un cáliz que cubre completamente el fruto durante todo su desarrollo y maduración, de forma que lo protege de insectos, pájaros, enfermedades y condiciones climáticas adversas (ARAUJO, 2007).

El aguaymanto es redondo ovoide, del tamaño de una uva grande, con piel lisa, ceracea, brillante y de color amarillo, dorado, naranjas o verdes según



la variedad. Su carne es jugosa con semillas pequeñas y suaves que pueden comerse. Cuando la flor cae, el cáliz se expande, formando una especie de capuchón o vejiga muy fina que recubre la fruta. Cuando la fruta está madura, es dulce con ligero sabor agrio. (BRITO, 2009)

3.2.8.2 Color de *Physalis peruviana* L

(CRIOLLO, y otros, 1992), estudiaron la evolución de algunas propiedades físicas del aguaymanto en cultivos de Cundinamarca, encontraron que la piel y la pulpa del aguaymanto cambian de color de manera simultánea y alrededor de los 35 días la baya comienza a cambiar de un color verde-intenso hacia un color amarillo, intensifica alrededor del día 63, mientras que la pulpa presenta una coloración amarilla característica de la madurez de consumo. En el día 84 la coloración se torna naranja, lo cual indica que el fruto está sobremaduro.

3.2.8.3 Características fisicoquímicas del aguaymanto

Fue estudiado las características fisicoquímicas del aguaymanto en diferentes coloraciones del cáliz y sistemas de manejo. Los autores lograron concluir que la cosecha de los frutos de aguaymanto debe realizarse a partir de la fase tres de coloración: es decir, amarillo – verdoso, ya que los frutos presentan los atributos físicos y químicos mínimos de calidad requeridos para su comercialización (CRIOLLO, y otros, 1992).

En la Tabla 7 se observa que los frutos presentaron un alto contenido de humedad ($\geq 80\%$), pH ácido, valor no muy elevado de °Brix, porcentaje de acidez moderadamente bajo y un índice de madurez entre 5,1 y 5,6, los autores revelaron un estado de madurez idóneo para el consumo humano (ARAUJO, 2007).

Tabla 7 — Análisis fisicoquímico del aguaymanto según procedencia

Pruebas	Procedencia			
	Huánuco	Junín	Ancash	Cajamarca
pH	4.0	4.0	4.0	4,0
Humedad	80.95	80.0	81.81	80,04
°Brix	13.5	14.0	14.2	14,3
Acidez (%9	2.4	2.59	2.64	2,8
Índice de madures	5.62	5.40	5.38	5,11

Extraído de (ARAUJO, 2007)



3.2.8.4 Composición nutricional

El aguaymanto es un fruto azucarado y con buen contenido de vitamina A, además de hierro, fósforo, pectinas y almidones. También se encuentra varios ácidos que le dan el carácter ácido y contribuyen a sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales. (TORRES, 2011)

Tabla 8 – Datos bibliográficos de composición nutricional en frutos de aguaymanto

Análisis	TORRES, (2011)	REPO et al., (2012)	TPCA, 2017	FERNANDEZ, (2015)	ERKAYA et al., (2012)
Humedad (%)	79,6	79,8	79,8	79	79,8. – 855
Proteína (%)	1,1	1,9	1,9	1,1	0,3 – 1,5
Grasa (%)	0,4	0	0	0,4	0,15 – 0,5
Ceniza (%)	1	1	1	1	0,7 - 1
Fibra (%)	4,8	3,6	4,9	4,8	0,4 – 4,9
Carbohidratos (%)	13,1	17,3	12,4	13,1	11 – 19,6
Calcio (mg/100g)	7		11	7	2 – 28
Fósforo (mg/100g)	38		38	38	27 – 55,3
Hierro (mg/100g)	1,2		1,24	1,2	0,3 – 1,2
Vitamina C (mg/100g)	26	28,55±0,10	43,3	26	20 – 43
Vitamina A (mg/100g)	1,1		0,44	0,648	
Vitamina E (mg/100g)					

TPCA: TABLAS PERUANAS DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS

F – BH: Fruta fresca – Base húmeda

F – BS: Fruta fresca – Base seca

L – BH: Fruta liofilizada – Base húmeda

L – BS: Fruta liofilizada – Base seca

3.2.8.5 Compuestos bioactivos

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) contiene entre otros nutrientes compuestos bioactivos tales como ácido ascórbico, β -caroteno (provitamina A) y compuestos fenólicos, entre otras vitaminas que podría proporcionar efecto fisiológicamente en la salud, en el funcionamiento del organismo o en el bienestar, mayor que el proporcionado por los nutrientes sencillos que contiene, dado que se conoce que existe un efecto sinérgico entre los compuestos que presenta un alimento con estas características (REPO, y otros, 2008).



En la Tabla 9 se muestran los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante presentes en el fruto y pulpa de aguaymanto.

Tabla 9 — Datos bibliográficos de composición bioactiva en frutos de aguaymanto

Análisis	HUACHUHUILCA, (2017)	REPO et al., (2012)	MALAGA, (2013)	CORTEZ, G. (2015)		
Polifenoles totales (mg Eq AG/100g)	44,03±0,29	228,7±6.94	223,44±3.02	79,23±0,41	55,07±2,65	0,138 ***
Capacidad antioxidante (mg Eq Trolox CI50/100g)	1132,27±26,03**	5879,57±168,27**	5581,81±38,81**	288,95±3,62*	3,96±0,23 *	211,64
Carotenoides totales (mg/100g)	2,73±0,15	14,17±0,62	5,91±0,96	1,77±0,02	2,58±0,44	

*($\mu\text{g eq. trolox/g}$); ** $\mu\text{mol de Equi. Trolox /100 g de muestra}$; ***mgEq AG/L; I: Fruta liofilizada.

3.2.9 Siraca (*Rubus robustus*-P)

BRACK, (1999), lo cita como una planta vivaz e invasiva, con largos tallos flexibles llenos de espinas. Habita en forma silvestre en los valles de climas cálidos a fríos, formando parte de comunidades edáficas de ríos y arroyos. Sus frutos son de color negro y son utilizados para la elaboración de dulces, bebidas y otros productos de interés para la industria alimentaria. La planta presenta al mismo tiempo la floración y los diversos grados de maduración del fruto, hecho inusual en otras plantas.

3.2.9.1 Clasificación botánica

El sistema de clasificación taxonómica de la siraca según Engler y Prantl; modificado por Melcbior en 1994, es como sigue:

Tabla 10 — Taxonomía de la Siraca (*Rubus robustus*- P)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Tribu	Rubeae
Género	<i>Rubus</i>
Subgénero	<i>Rubus</i>
Especie	<i>Robustus</i>
Nombre Científico	<i>Rubus robustus</i> - P
Nombre Común	Siraca, Frambuesa silvestre.

Extraído de (MELCBIOR, 1994)



3.2.9.2 Morfología de la planta

La siraca, perteneciente a la familia rosaceae, es un arbusto espinoso, ramificado que posee ramas arqueadas, tomentosas, hojas alternas pecioladas y espinosas, con flores en inflorescencia terminales blancas, numerosas, cinco sépalos y cinco pétalos, estambres numerosos, con frutos en forma de bayas agregadas de rojos a oscuro cuando está maduro, con drupas monospermas y tipo de fruta agregada (CAJUSTE, y otros, 2000).

Las especies del género *Rubus* se han descrito como fuentes naturales de antocianinas, glucósidos de cianidinas y en algunos casos glucósidos de pelargonidinas. (MORENO, y otros, 2002)

Es una baya formada por pequeñas drupas adheridas a un receptáculo formado por 70 a 100 drupas, dentro de cada drupa hay una semilla y cada fruto posee de 100 a 120 semillas. Los frutos se forman en racimos grandes al final de cada tallo y rama secundaria. (VERMA, y otros, 2014)

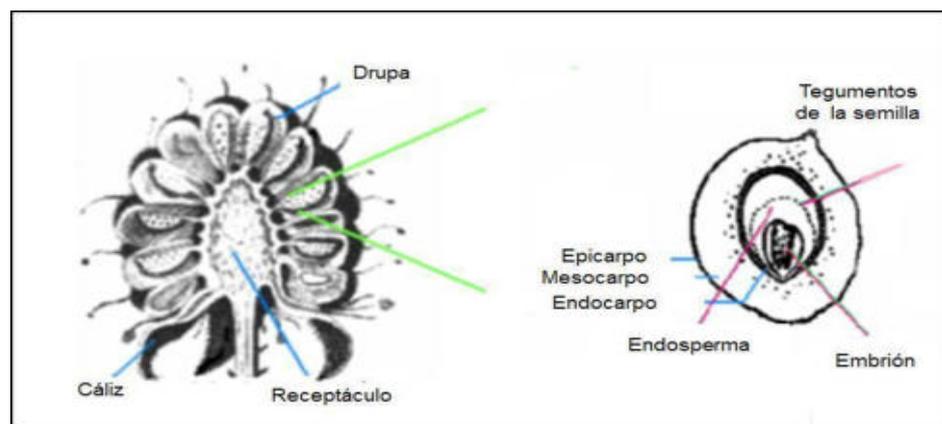


Figura 3 — Esquema del fruto zarzamora (*Rubus sp.*)
Extraído de (VERMA, y otros, 2014)

3.2.9.3 Composición nutricional y bioactiva

La siraca es una fruta con escaso contenido de carbohidratos, es por eso que se describe como una fruta de bajo valor calórico, es una excelente fuente de vitaminas especialmente la vitamina C y A. Estas dos vitaminas convierten a este fruto en un buen antioxidante, además de la abundancia de antocianinas, en la alimentación humana la fruta se ha apreciado mucho desde tiempos remotos a causa de su atractivo aspecto, variedad y utilidad nutritiva (WEBER, 1989).

Tabla 11— Datos bibliográficos de composición nutricional en frutos *Rubus sp*

Análisis	FARFAN (2011)	VALENCIA <i>et al</i> (2013)	CORTES (2014)	Ganhão <i>et al.</i> (2010)	DTU Food (2009)
	<i>Rubus robustus</i> - P	<i>Rubus fruticosus</i> L.	<i>R. ulmifolius</i>	<i>R. ellipticus</i>	<i>R. fruticosus</i>
Humedad (%)	86,83	82,98±0,07	70,77 ± 13,00	64,4 ± 0,25	88,2
Proteína (%)	0,64	0,93±0,01	1,35 ± 0,79	3,68 ± 0,04	1,4
Grasa (%)	0,58	0			
Ceniza (%)	0,49	0,42±0,01	0,85 ± 0,25	1,30 ± 0,05	0,4
Fibra (%)	2,25	2,48±0,02	2,04 ± 1,13		
Carbohidratos (%)	9,41	13,19±0,01	16,06 ± 7,78	4,7	
Calcio (mg/100g)					27
Vitamina C (mg/100g)		14,37±0,11	17,25 ± 7,23		15
Vitamina A (mg/100g)			0,039		

Tabla 12 — Datos bibliográficos de composición bioactiva en frutos *Rubus sp*

Análisis	CORTEZ <i>et al</i> (2020)	FARFAN (2011)	VALENCIA (2015)	CORTES (2014)	SALAS (2017)	TARIN (2015)
	<i>Rubus robustus</i> - P	<i>R. robustus</i> - P	<i>R. fruticosus</i> L.	<i>R. ulmifolius</i>	<i>R. roseus</i>	<i>R. floribundus</i> Kunth
Polifenoles totales (mg Eq AG/100g)	11,60±1,06 ¹	608 ± 336	400,67±3,28		5370,42±3,23	370,04
Antocianinas totales (mg Eq cianidina-3-glucósido/100g)	169,23±6,8 ¹		109,07±0,90	141,9 ± 73	2013,97±20,5	
Capacidad antioxidante (mg Eq Trolox CI50/100g)		4,65 ±2,35	39,02±0,10		25,010±57,01	

¹Análisis de fruto liofilizado.

3.2.10 Tankar (*Berberis boliviana* Lechler)

El tankar es una especie silvestre del Perú, pertenece a la familia Berberidaceae, su fruto es una pequeña baya comestible de color morado. En el Perú existen muchas especies silvestres, una de ellas es *Berberis boliviana* Lechler, que crece especialmente alrededor de los campos de cultivo a maneras de protección, grandes y filudas, sus flores son amarillas y sus frutos morados. Existen información sobre dicha especie en Perú desde tiempos de la conquista, especialmente el cronista



Bermabé Cobo describió a esta planta con el nombre común de quisca - quisca, que significa planta espinosa. (DEL CARPIO, y otros, 2005)

Un análisis preliminar del pigmento determino la presencia de antocianinas. Estos pigmentos fueron consumidos por los hombres a lo largo de incontables generaciones sin causar aparentemente ningún efecto tóxico. Los frutos del Tankar están disponibles en los meses de marzo y abril de cada año y presentan un intenso color morado oscuro. Algunas tradiciones orales cuentan que estos frutos eran utilizados por las ñustas incas como lociones naturales para lavar y cuidar sus cabellos. (DEL CARPIO, y otros, 2005)

3.2.10.1 Taxonomía

Tabla 13 — Taxonomía del tankar (*Berberis boliviana* Lechler)

División	Clasificación
División:	Magnoliophyta (= Angiosperms)
Clase	Magnoliopsida (= Tricolpates- Eudicots)
Familia	Berberidaceae
Género	Berberis
Especie	Berberis boliviana Lechler
Nombre común	En el sur de nuestro país, esta planta se conoce como "Tankar", "Cheqche", "Qeswa cheqche", "Agracejo peruano", "Ailampo", "Uva- uva", "Quisca-quisca

Extraído de (DUEÑAS, 1992)

3.2.10.2 Características morfológicas.

Plantas herbáceas o arbustivas inermes o espinosas, con rizomas arrastrados o gruesos tubérculos, plantas vivaces con hojas simples o compuestas, flores hermafroditas, solitarias o en racimo, ramas erectas acanaladas provistas de espinas largas de 2 a 8 mm con 3 a 5 radios. Su desarrollo varía de acuerdo a la especie, pueden alcanzar de 1 a 2 metros de altura, siendo raro que sean más altas pero pueden ser más bajas. En el género *Berberis*, en las hojas, leño y corteza se encuentra presente el alcaloide berberina (DEL CARPIO, y otros, 2005).

3.2.10.3 Antocianinas del tankar (*Berberis boliviana* Lechler)

El tankar (*Berberis boliviana* Lechler) tiene antocianinas en un promedio de 7 /100 g en el tejido separado de las semillas del fruto seco. Además este



fruto tiene presencia de 5 aglicones: delphinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina. En el tankar (*Berberis boliviana* Lechler) se confirmó la presencia de 10 antocianinas presentes en *Berberis boliviana* Lechler, las cuales son: delphinidina-3-glucósido, delphinidina-3-rutinósido, cianidina-3- glucósido, cianidina-3-rutinósido, petunidina 3-glucósido, petunidina-3-rutinósido, peonidina-3-glucósido, peonidina-3-rutinósido, malvidina-3-glucósido y malvidina-3- rutinósido. La petunidina-3-glucósido es el principal pigmento, en una concentración de 24,43% (DEL CARPIO, y otros, 2005).

3.2.10.4 Composición nutricional y bioactiva

Tabla 14 — Datos bibliográficos de composición nutricional en frutos especie *Berberis*

Análisis	ARAYA (2010)	ROSALES (2015)	TELLO et al.,(2019)	DEL CARPIO (2008)
	<i>Berberis microphylla</i> G.	<i>Berberis lobbiana</i>	<i>Berberis lobbiana</i>	<i>Berberis boliviana</i> L.
Humedad (%)	69,69±1,06	73,96 ± 0,86	80,25 ± 1,11	
Proteína (%)	8,46±0,71	15,42 ± 2,64	3,03 ± 0,14	0,94
Grasa (%)	4,85	0,63 ± 0,22	1,20 ± 0,09	0.52
Ceniza (%)	2,51±0,18	2,69 ± 1,68	2,13 ± 0,12	
Fibra (%)	8,37±1,24	0,50 ± 0,06	3,45±0,258	7,4
Carbohidratos (%)		7,30 ± 0,07	9,89 ± 0,18	39,96

Tabla 15 — Datos bibliográficos de composición bioactiva en frutos especie *Berberis*

Análisis	RUIZ <i>et al</i> (2010)	BARRAGÁN (2017)	ROSALES (2015)	DEL CARPIO (2008)
	<i>Berberis microphylla</i>	<i>Berberis boliviana</i> L.	<i>Berberis lobbiana</i>	<i>Berberis boliviana</i> L.
Polifenoles totales (mg Eq AG/100g)	87±9	978,83±1,42 ¹	89,892±96,79	
Antocianinas totales (mg Eq cianidina-3- glucósido/100g)		978,83±75,39 ¹	24,93±5,04	5001
Capacidad antioxidante (mg Eq Trolox CI50/100g)	74,5±15,9	4902,41±60.63 ¹	8,12±0,89	

¹Análisis de fruto en base seca.



3.2.11 Macha macha *Pernettya prostrata*

3.2.11.1 Familia ericaceae

La familia Ericaceae contiene 125 géneros y 4.500 especies de los cuales en Colombia encontramos 22 géneros y cerca de 270 especies, donde la mayoría se presenta entre los 1.000 y 2.000 m de altitud. Crecen principalmente en páramos y tepuyes, como plantas pioneras y formando frecuentemente un tipo de vegetación característico de ambientes de subpáramo conocido como “el cinturón de ericáceas”. Es una de las familias características de los bosques montanos peruanos, está representada por 22 géneros y 132 especies (Correa, y otros, 1992)

Los metabolitos secundarios más representativos en la familia Ericaceae son: flavonoides, taninos y terpenos. Algunos extractos y compuestos aislados de las especies que la conforman, han presentado propiedades biológicas promisorias como antioxidante, antiinflamatoria, insecticida, antiescabiótica, antimicótica, y actividad anti-VIH (PEDRAZA, y otros, 2004).

3.2.11.2 El género *Pernettya*

Está constituido por un total de 20 especies, 15 de ellas distribuidas en América y las otras cinco en Nueva Zelanda y están restringidas principalmente a bosques nubosos de altura. En Costa Rica *Pernettya prostrata* Cav. (DC) es mono específico y está representado por el “bejuco muela”, “arrayan” o “reventadera”, es común en zonas altas de la vertiente del Pacífico y la vertiente del Caribe, desde los 1000 a los 3820 msnm. En Colombia se conoce popularmente como “reventadera”, “borrachero”, “maíz de perro” o “mortiño venenoso”, la cual es consumida por animales silvestres y domésticos, habitantes de la región (PEDRAZA, y otros, 2004).

3.2.11.3 *Pernettya prostrata* (Cav.)

Pernettya prostrata (Cav.) DC. ‘‘Macha macha’’; es un arbusto pequeño, erecto o subpostrado, de hasta 50 cm de altura. Hojas simples, alternas, elípticas, coriáceas, con la margen crenada y ligeramente revoluta, lámina aproximadamente 0,7-1,7 x 0,3-0,7 cm. con la haz lustrosa, envés verde claro, glabra, base redonda a cuneada, ápice obtuso a subagudo, a veces mucronado. Flores axilares, solitarias tendiendo a agruparse al final de las



ramas, pequeñas, hermafroditas, tubulares, globosas y de color rosado-encendido a rosado blanquecino, ovario súpero, pedicelos glabrescentes o con pelos glandulares rojos. Cáliz 2-36 mm de largo, verde claro; corola 5.6-6.8 mm de largo urceolada-cilíndrica. Tiene 10 estambres. Fruto baya, pequeña, subglobosa, carnosa y de color morado al madurar (PEDRAZA, y otros, 2004).

Cuando se consumen causan intoxicación a una cierta cantidad. Estudios realizados han sugerido que la toxicidad puede ser debida a la presencia de la andrometoxina o grayanotoxina, sustancias presentes en otras especies de la familia. En Panamá la especie botánica *Pernettya prostrata* (Cav.) DC. es una planta medicinal nativa, se utiliza para dolores osteomusculares y como somnífero (PEDRAZA, y otros, 2004).

3.2.11.4 Composición nutricional

Tabla 16 — Datos bibliográficos de composición nutricional en frutos especie *Pernettya*

Análisis	SALAS (2017)	GUTIERRES (2012)	ARAYA (2010)	VALENZUELA (2020)
Humedad (%)	82,74±0,02	83,36	85,69±1,02	
Proteína (%)			5,91±0,26	
Grasa (%)		0,45	2,01±0,36	
Ceniza (%)		0,5	3,25±0,21	
Fibra (%)		2,8		
Carbohidratos (%)		11,11		
Calcio (mg/100g)		100		
Fósforo (mg/100g)		42,22		
Hierro (mg/100g)		0,9		
Vitamina C (mg/100g)		186,2		19,02±0,04

3.2.12 Tomatillo

El tomatillo (*Cyphomandra betacea*) es una planta nativa de América del Sur, de aroma agradable y sabor agridulce, cuya coloración se debe a compuestos antioxidantes como carotenoides, flavonoides y antocianinas. Este frutal, en forma natural, se encuentra en Bolivia, Argentina, Venezuela, Ecuador, Perú, Colombia y dispersos en otros países de la región andina como Chile, norte de Argentina, Ecuador y Bolivia, dónde es producido extensivamente, así como en Brasil y Colombia, con la finalidad de exportar y aprovechar sus frutos comestibles (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2007).



Entre sus varios nombres regionales tenemos: tomate extranjero, tomate granadilla, tomate de monte, sima (Bolivia), pepino de árbol (Colombia), tomate de árbol (Ecuador), tomate cimarrón (Costa Rica) y tomate francés (Venezuela y Brasil). En 1970 se le dio el nombre “tamarillo” que fue adoptado en Nueva Zelanda y que se ha convertido en el nombre comercial estándar para la fruta. (AMAYA, 2006)

El fruto es una baya de forma ovalada, redonda o acorazonada. La cascara es lisa, brillante, de sabor desagradable y de color verde cuando el fruto es joven, al madurar el color varia del amarillo al rojo de acuerdo con la variedad. El mesocarpio es firme, succulento y blando. La placenta que contiene a las semillas, es suave, jugosa, de olor agradable y sabor dulce, de color rojo purpura o amarillo; las semillas son de color blanco amarillento, aplanado y redondas (AMAYA, 2006)

3.2.12.1 Taxonomía

Según AMAYA, (2006) la taxonomía del sachatomate es la siguiente:

Tabla 17—Taxonomía del sachatomate (*Cyphomandra betacea*)

División	Clasificación
Reino	Vegetal
División	Antófitas
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Sinpétala
Orden	Tubiflorales
Familia	Solanaceae
Género	Cyphomandra
Especie	Cyphomandra betacea
Nombre común	Tomatillo, Sachatomate, tomate de árbol

3.2.12.2 Composición química y nutricional

El componente mayoritario del sachatomate es el agua (81-88 %). Este fruto es bajo en calorías y rico en fibra, además contiene vitamina C y B6, carotenos y hierro. En el fruto se pueden encontrar algunos pigmentos como son las antocianinas, flavonas, flavonoles y leucoantocianinas. El sachatomate resalta por sus cualidades medicinales debido a su contenido de compuestos antioxidantes, uno de los principales es la vitamina C (ácido ascórbico), que se encuentra en una proporción entre 19,7 y 57,8 mg/100g.



Atribuyéndole dichas propiedades, gracias a su capacidad antioxidante. Está relacionada con la prevención de enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes, colesterol, artritis, arterioesclerosis, así como con el retraso del envejecimiento. Además, se ha propuesto que el consumo de sachatome fortalece el cerebro y contribuye a curar migrañas y cefaleas severas, debido a que contiene sustancias como el ácido gamma amino butírico, el cual disminuye la tensión arterial, siendo esto beneficioso para personas hipertensas. También se puede utilizar para tratar enfermedades respiratorias y anemia. (REVELO, y otros, 2011)

Tabla 18 — Datos bibliográficos de composición nutricional en fruto tomatillo.

Análisis	<i>Tabla peruana de composición de alimentos, (2017)</i>				
	TORRES (2012)		FERNANDEZ, (2015)	NAVARRO, (2017)	NAVARRO, (2017)
Humedad (%)		87,5			
Proteína (%)	1,78±0,14	1,3	1,50	2,27±0,03	1,78±0,01
Grasa (%)	0,16	0,3	1,30	0,07±0,007	0,06±0,006
Ceniza (%)	0,88±0,01	1,1	1,00	1,03±0,009	1,02±0,009
Fibra (%)	4,10±0,00		4,20	6,19±0,09	9,87±0,21
Carbohidratos (%)	5,36	9,8	10,30		
Calcio (mg/100g)	21,25±3,63				
Hierro (mg/100g)	7,44±3,17				
Vitamina C (mg/100g)	23,32±0,25				

3.2.13 Caracterización fisicoquímica de frutos

3.2.13.1 Sólidos solubles totales (SST)

El contenido de SST está constituido por 80 a 95% de azúcares y la medida de SST se encuentra asociada con los azúcares disueltos en el jugo celular (FISCHER, y otros, 1999); estos autores afirman que la cantidad de azúcares en el fruto depende principalmente de la variedad, del rendimiento asimilatorio de las hojas, de la relación hoja/fruto, de las condiciones climáticas durante el desarrollo del fruto, del estado de desarrollo y de la madurez.



(VELASQUEZ, y otros, 2003), evaluaron que el sabor del fruto está determinado por los azúcares, ácidos orgánicos y compuestos químicos volátiles presentes; cuando el fruto cambia de verde a maduro, el contenido de azúcares se eleva y los ácidos orgánicos disminuyen y desciende también el contenido de almidón mientras que los sólidos solubles aumentan.

AGRONET (2010), sostiene que, entre los métodos químicos, el más conocido a nivel de campo es el de sólidos solubles o °Brix, el cual es un indicador de la cantidad de azúcares que presenta la fruta. Así a mayor cantidad de azúcares, mayor grado de madurez de la fruta.

3.2.13.2 pH

El pH es una escala numérica utilizada para especificar la acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Es el logaritmo negativo en base 10 de la actividad del ion Hidrógeno. El pH de las frutas varía entre 2,5 – 4,5 (la mayor parte de los tipos de fruta 3,0 – 3,5). (RUIZ, 2014)

3.2.13.3 Color

El color es una propiedad de la materia directamente relacionada con el espectro de la luz y que, por lo tanto, puede medirse físicamente en términos de energía radiante o intensidad, y por su longitud de onda. El ojo humano sólo puede percibirlo cuando su energía corresponde a una longitud de onda que oscila entre 380 y 780 nm; de ahí que una definición de color sea “la parte de la energía radiante que el humano percibe mediante las sensaciones visuales que se generan por la estimulación de la retina del ojo” (BADUI, 2006).

El color es una de las principales características de calidad de los alimentos y la principal característica perceptible por el consumidor. Varios pigmentos presentes en los alimentos se correlacionan con el contenido en compuestos bioactivos tales como compuestos fenólicos, carotenoides, betalaínas y vitaminas. Han revelado en varios estudios que su consumo diario promueve la salud de los seres humanos mediante la reducción de los niveles de colesterol, esclerosis coronaria, factores de riesgo cardiovascular, entre otros efectos benéficos. (BADUI, 2006).

El color se describe en términos de valor, que es de claridad u oscuridad de un color, o la cantidad relativa de blanco o negro de un tono. Si el blanco es agregado como incremento a cualquiera de los colores, obtendremos valores



más claros del tono, llamados tintes. El incremento de gris en un tono da por resultado valores más oscuros de tono, conocidos como matices (BLUME, 1994).

El espacio de color $L^* a^* b^*$ (también referido como CIELAB) es uno de los espacios de color más usados para medir la composición cromática de un objeto y es ampliamente utilizado en todos los campos. Es un espacio de color definido por la CIE en 1976 con el fin de reducir uno de los principales problemas del espacio original en color Yxy . En este espacio de color, L^* indica la luminosidad, a^* y b^* las coordenadas de color; la Figura 4 muestra el color en $a^* b^*$ desde el plano horizontal, un valor de L^* constante en la misma figura indica las direcciones de color: $+a^*$ es la dirección del rojo, $-a^*$ es la dirección verde, $+b^*$ es la dirección del amarillo y $-b^*$ es la dirección de azul.

La localización de cualquier color en el espacio CIELAB se determina mediante sus coordenadas de color: L^* , a^* y b^* . L^* representa la diferencia entre la luz ($L^*=100$) y la oscuridad ($L^*=0$). La componente a^* es la saturación representa la diferencia entre el verde ($-a^*$) y el rojo ($+a^*$) y la componente b^* es el ángulo de tono representa la diferencia entre el azul ($-b^*$) y el amarillo ($+b^*$). Si se conocen la coordenadas L^* , a^* y b^* , entonces no solamente el color está descrito, sino que también está localizado en el espacio, (WESTLAND, 2001).

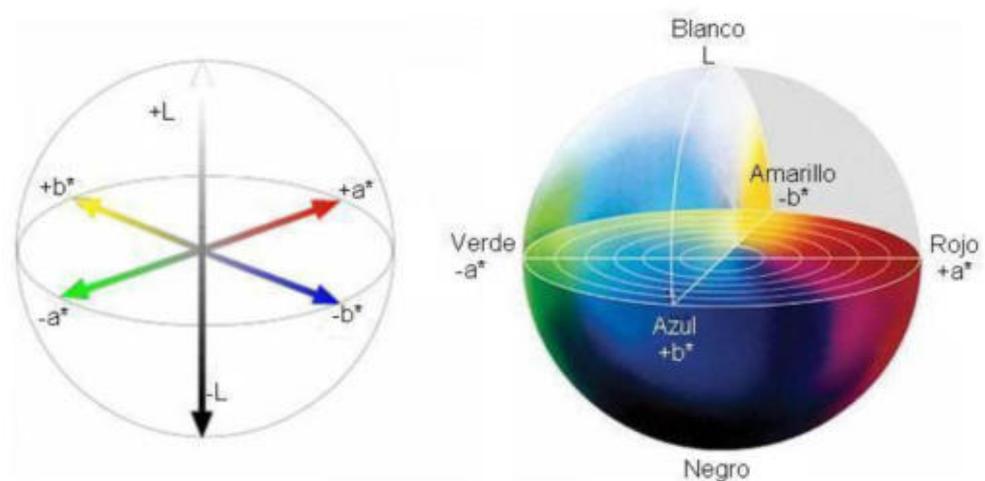


Figura 4 — Representación tridimensional del espacio de color CIE $L^*a^*b^*$ (CIELAB)

Extraído de (Konika Minolta Sensing, 2007)

La Figura 4, detalla la distribución de color de acuerdo a las coordenadas $L^* a^* b^*$, las cuales son coordenadas de color donde: “ L^* ”: diferencial de luminosidad, “ a^* ”: Componente de saturación diferencial entre el verde ($-a^*$) y el rojo ($+a^*$), y b^* : Componente de saturación diferencial entre el azul ($-b^*$) y el amarillo ($+b^*$).

3.2.14 Compuestos nutricionales en frutos

En la composición química general de las frutas, cabe destacar su elevado contenido acuoso y su casi inapreciable contenido graso, así como el hecho de ser buenas fuentes de vitaminas y elementos minerales. Su contenido de proteínas es bajo y dentro de su fracción hidrocarbonada hay que señalar el aporte de fibra alimentaria. Todo ello hace que su consumo sea imprescindible para conseguir una alimentación sana y equilibrada. (RUIZ, 2014)

3.2.14.1 Composición química proximal

a) Humedad

El agua es el componente mayoritario de las frutas frescas y su contenido depende de la disponibilidad de la misma por parte del tejido vegetal en el momento de efectuarse la recolección, de modo, que su contenido acuoso puede verse afectado por las oscilaciones diarias de temperatura, condiciones del suelo, etc. En cualquier caso se trata de contenidos elevados, que oscilan entre el 50% y 90% del peso total del fruto, lo que dificulta la conservación de estos alimentos durante un largo tiempo, haciéndolos un sustrato susceptible de contaminación fúngica. (RUIZ, 2014)

b) Proteína

La cantidad de proteína de las frutas es baja, oscilan entre 0,34 g/100 g (manzana), 0,6 g/100 g (pomelo), 0,68 g/100 g (uva), 0,9 g/100 g (guinda y cereza dulce), 1,13 g/100 g (grosella roja) y 1,30 g/100 g (frambuesa) (SOUCI, y otros, 2008).

c) Grasa

La mayoría de las frutas podrían utilizar la denominación bajo contenido de grasa y sin grasa puesto que muchas no superan los 3 g por 100 g del alimento y en algunos casos no superan el 0,5 g de grasa por 100 g (SOUCI, y otros, 2008). También hay que tener en cuenta que las semillas tienen un mayor contenido de grasa que los frutos, por los



lípidos que se acumulan en el embrión. Por ello, el contenido graso de los frutos que contienen pequeñas semillas comestibles, puede ser más elevado. (RUIZ, 2014)

En algunos frutos encontramos valores que oscilan entre 0,18 g/100 g (plátano), 0,2 g/100 g (naranja), 0,28 g/100 g (uva), 0,30 g/100 g (frambuesa), 0,4 g/100 g (fresa), 0,58 g/100 g (manzana) y 1 g/100 g (zarzamora) (SOUCI, y otros, 2008)

d) Ceniza

La composición, características de las cenizas dependen lógicamente de la naturaleza del alimento; cuya calcinación las ha producido. Así sucede que, en general, los alimentos de origen vegetal, excepto cereales derivados y, además, la leche y derivados generan cenizas de reacción alcalina, mientras que los alimentos de origen animal, excepto leche y además cereales, suministran cenizas ácidas. Además las frutas y vegetales se identifican por ser ricos en minerales, ya que determinando la cantidad de cenizas se podría identificar los tipos de minerales encontrados en ella. (RUIZ, 2014)

e) Fibra

(AACC, 2001), define la fibra como “la parte comestible de los alimentos de procedencia vegetal o los hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y la absorción en el intestino delgado humano, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso y capaz de promover efectos beneficiosos. Químicamente, la fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de las plantas. Fisiológicamente, la fibra dietética promueve efectos beneficiosos como el efecto laxante y/o la disminución de los niveles de colesterol y de glucosa de la sangre”. (RUIZ, 2014)

Las frutas presentan niveles de fibra que oscilan entre 1,6g/100g (naranja y pomelo), 2,02g/100g (manzana), 2,12g/100g (kiwi), 4,68 g/100 g (frambuesa), 4,9g/100g (arándano), 6,78 g/100g (grosella negra) y 23,7 g/100 g los frutos de Rosa canina L., por lo que en muchos casos podrían ser consideradas como buenas fuentes de fibra en la dieta (SOUCI, y otros, 2008)



f) Carbohidrato

Los carbohidratos constituyen más del 90% de la materia seca de los vegetales, siendo el grupo de componentes mayoritario de los frutos. Poseen muchas estructuras moleculares diferentes, tamaños y formas, y exhiben una gran variedad de propiedades físicas y químicas. Por otra parte, son susceptibles de modificaciones químicas y bioquímicas de gran interés para mejorar sus propiedades y para ampliar su uso. En las frutas, esta fracción está formada por almidón, azúcares libres y fibra alimentaria. Nutricionalmente se pueden clasificar en disponibles (almidón y azúcares, que proporcionan energía para el funcionamiento del organismo) y no disponibles (fibra alimentaria). (RUIZ, 2014)

Los carbohidratos disponibles más importantes de las frutas son los azúcares libres, alrededor de 12,4 g/100 g en la piña, 15,2 g/100 g en la uva, 20 g/100 g en el plátano. Estos contenidos incluyen fructosa, glucosa y sacarosa, más abundantes que en las hortalizas, y cuyo contenido aumenta con la maduración de los frutos. (LUNN, y otros, 2007)

3.2.14.2 Vitaminas

Las frutas contienen una gran cantidad de vitaminas A, C y E, y vitaminas del complejo B. Estas vitaminas ayudan a potenciar el sistema inmunológico y reducir la inflamación. También se consideran antioxidantes, que ayudan a combatir los efectos del estrés oxidativo que conducen a las enfermedades crónicas tales como enfermedad cardíaca, diabetes y ciertos cánceres (OLMEDILLA, y otros, 2013).

3.2.14.3 Minerales

Las frutas aportan minerales que son importantes para la salud, en especial el calcio, magnesio y hierro. Además, algunos elementos minerales que forman parte de las frutas, tales como el hierro, cobre, zinc y selenio funcionan como cofactores enzimáticos (CLARK, y otros, 1999). Hay que tener en cuenta que la absorción de estos minerales está influida por diversas sustancias orgánicas. La absorción del calcio se ve favorecida por la vitamina D, y la del hierro por la vitamina C, aunque también hay que tener en cuenta que estos contenidos de minerales no se corresponden a las cantidades que posteriormente serán absorbidas en el tracto digestivo



humano, ya que la presencia de fitatos, oxalatos, así como la fracción de fibra alimentaria presentes en algunos frutos y hortalizas puede reducir su absorción (CLAYE, y otros, 1998).

La cantidad de elementos minerales en las frutas silvestres comestibles es muy variable, ya que depende de numerosos factores, como pueden ser la especie, tipo de suelo, forma de cultivo, condiciones climatológicas, etc. Muchos frutos son ricos en potasio, calcio, magnesio, fósforo, aluminio, hierro, cobre, manganeso. De los elementos minerales, hay que destacar, tanto en los frutos silvestres como en los convencionales, el alto contenido de potasio que suele ser más elevado que el de sodio, y el contenido de calcio, mayor que el de magnesio, aunque estos dos últimos, en algunos casos, se encuentran en proporción similar como es el caso de la piña o la manzana, Del contenido de microelementos en los frutos silvestres y convencionales, en general, el más abundante es el hierro, aunque en algunos casos, como en la zarzamora y arándano, se ve superado por el manganeso. (SOUCI, y otros, 2008).

3.2.15 Compuestos bioactivos en frutos

3.2.15.1 Polifenoles totales

Los compuestos polifenólicos engloban a un amplio grupo de compuestos bioactivos, producto del metabolismo secundario de las plantas. Se caracterizan por poseer anillos aromáticos y dobles enlaces conjugados a partir de los cuales ejercen su acción antioxidante. Están generalmente involucrados en la defensa contra la radiación ultravioleta o agresión de agentes patógenos. También pueden aparecer en formas conjugadas (glicólidos) con uno o varios restos de azúcares unidos a grupos hidroxilo o directamente al anillo aromático, y también pueden encontrarse asociados a otros compuestos (MANACH, y otros, 2004).

En función del número de anillos fenólicos que contienen y de los elementos estructurales que se unen a estos anillos podemos diferenciar dos grupos principales de polifenoles (SCALBERT, y otros, 2000):

- No flavonoides: fenoles simples, taninos hidrolizables, ácidos benzoicos, acetofenonas y ácidos fenilacéticos, ácidos cinámicos, cumarinas, benzofenonas, xantonas, estilbenos, chalconas, ligninas y secoiridoides.



- Flavonoides: están formados por dos anillos aromáticos que están unidos entre sí por tres átomos de carbono que forman un anillo heterocíclico oxigenado. Estos compuestos se diferencian según el número y localización de los grupos hidroxilos, la acilación y/o glucosilación de estos grupos, el grado de insaturación, la existencia de esteros isómeros, etc. A su vez están divididos en subclases: flavonas, flavanonas, isoflavonas, flavonoles, flavanoles (catequinas y proantocianidinas) y antocianidinas.

Las principales fuentes de compuestos polifenólicos son frutas y bebidas, como el vino y el té y en menor proporción verduras, cereales y leguminosas. Algunos compuestos fenólicos están muy extendidos, mientras que otros son específicos de ciertas familias de plantas o se encuentran sólo en ciertos órganos de las mismas o en ciertas etapas de desarrollo. La diversidad de las estructuras está relacionada con una variedad de propiedades, asociada a roles específicos en las plantas, y por lo tanto, su distribución específica. Por ejemplo, las antocianinas son pigmentos de los órganos de la planta azul y rojo y se encuentran en flores y frutas maduras y juegan un papel en la atracción de procesos involucrados en la polinización y en la difusión de la semilla. También son muy comunes en las hojas jóvenes en los que podrían ejercer un efecto disuasorio contra insectos herbívoros. Los flavonoides protegen tejidos de las plantas contra la radiación ultravioleta, mientras que los taninos condensados y los taninos hidrolizables pueden participar en defensa de las plantas contra los herbívoros, hongos y virus, presumiblemente, debido a sus propiedades curtientes de proteínas, y se encuentran en la mayoría de los tejidos de las plantas antes de las fases de desarrollo (CHEYNER, 2012).

Los compuestos fenólicos en una dieta rica en frutas y verduras han atraído la atención de los investigadores debido a sus propiedades protectoras de la salud, que incluyen la disminución del riesgo de enfermedad cardiovascular, cáncer u otras situaciones asociadas con el proceso de envejecimiento (VASCO, y otros, 2009).

Algunos estudios han demostrado que muchos constituyentes polifenólicos dietéticos derivados de plantas son antioxidantes in vitro incluso más eficaces que las vitaminas E o C, y por lo tanto pueden contribuir significativamente a los efectos protectores in vivo (RICE, y otros, 1997).



3.2.15.2 Antocianinas

Las antocianinas son un subgrupo de flavonoides que se encuentran comúnmente en la naturaleza. Están ampliamente distribuidos en frutas y verduras, como las moras, frambuesas, arándanos, fresas, grosellas, bayas de saúco, uva, arándanos rojos, repollo, berenjenas, rábanos rojos y espinacas, aunque son más abundantes en frutas. Son pigmentos disueltos en la savia vacuolar de los tejidos epidérmicos de flores y frutas, a los que aportan un color rosa, rojo, azul o color púrpura. La cianidina es la antocianidina más común en los alimentos, siendo su contenido generalmente proporcional a la intensidad del color, y pudiendo alcanzar valores de hasta 2-4 g/Kg peso fresco en moras o grosellas negras. Estos valores aumentan a medida que la fruta madura. Las antocianinas se encuentran principalmente en la piel, excepto en ciertos tipos de frutos rojos, en los que también se producen en pulpa y hueso (cerezas y fresas) (MANACH, y otros, 2004).

3.2.15.3 Capacidad antioxidante

Según (FENNEMA, 2000), la capacidad o actividad antioxidante es una propiedad de algunas sustancias (antioxidantes), por la cual retrasan el comienzo o reducen la velocidad de oxidación de las sustancias oxidables, inhibiendo la formación de radicales libres en la fase de iniciación o interrumpiendo la cadena de propagación de radicales libres. La eficacia de un antioxidante está relacionada con numerosos factores como la energía de activación, las constantes de velocidad, el potencial de oxidación reducción, la facilidad de destrucción del antioxidante y las propiedades de solubilidad. Adicionalmente, su eficacia se ve influida por su capacidad de retrasar o frenar la reacción en cadena, su volatilidad y su carácter anfifílico.

REPO DE ENCINA (2008), mencionan la madurez influye directamente en el contenido de compuestos bioactivos, dado que se generan durante la madurez procesos de biosíntesis los que generan mayor contenido de carotenoides, compuestos fenólicos, ácido ascórbico, etc.; compuestos bioactivos que al encontrarse en mayor cantidad en el fruto conllevan a dar una mayor capacidad antioxidante al fruto; y como conclusión, la actividad antioxidante se incrementa con la maduración del fruto, encontrando un



aumento en el contenido de fenoles totales, ácido ascórbico, licopeno y β -caroteno en frutales.

Los antioxidantes, que se encuentran de forma natural en el organismo y en algunos alimentos, son sustancias que tienen la capacidad de inhibir la oxidación causada por los radicales libres, actuando a nivel intracelular y otros en la membrana de las células, siempre en conjunto para proteger a los diferentes órganos y sistemas. Por ello podemos decir que existen dos tipos de antioxidantes (STRAIN y BENZIE, 1999):

- Endógenos: son los mecanismos enzimáticos del organismo (catalasa, glutatión peroxidasa, glutatión, superóxidodismutasa y la coenzima Q). Algunas enzimas necesitan cofactores metálicos como cobre, selenio, zinc y magnesio para poder realizar el mecanismo de protección celular.
- Exógenos: son los introducidos por la dieta y deben ser capaces de neutralizar la acción oxidante de la molécula inestable de un radical libre sin perder su propia estabilidad electroquímica. Los antioxidantes exógenos de mayor relevancia presentes en los alimentos son, algunas vitaminas (C, α -tocoferol), carotenoides ó compuestos fenólicos, que previenen la oxidación del colesterol LDL reduciendo el riesgo de alteraciones coronarias, además de tener efecto anticancerígeno al inhibir la formación de sustancias carcinógenas.

También, se pueden clasificar los compuestos antioxidantes en dos grandes grupos según su mecanismo de acción:

- Antioxidantes primarios: son capaces de neutralizar las reacciones en cadena, reaccionando con los radicales libres, convirtiéndolos en compuestos termodinámicamente estables.
- Antioxidantes secundarios: son capaces de actuar retardando el inicio de las reacciones en cadenas formadoras de los hidroperóxidos.

3.2.15.4 Carotenoides Totales

Estos compuestos se encuentran ampliamente difundidos en los vegetales, en forma de pigmentos rojos, naranjas y amarillos. El betacaroteno es el carotenoide más conocido y se puede encontrar casi en todas las frutas de color anaranjado, así como en los vegetales de hojas verdes. El betacaroteno es un precursor de la vitamina A. (PALENCIA, 2010)



Se estima que los carotenoides pro-vitamina A presentes en frutas y hortalizas proporcionan el 30-100% de las necesidades de vitamina A de las poblaciones humanas. El carotenoide hallado más frecuentemente en los tejidos vegetales es el β -caroteno, que a bajas dosis y combinado con vitaminas C y E, ha mostrado una cierta protección frente a procesos neoplásicos en fumadores (TUR MARI, 2013).

El carotenoide también se utiliza como colorante de los alimentos. Tanto las formas naturales como las sintéticas se pueden añadir a los productos alimenticios como aditivo alimentario. Son muchos los factores que influyen en el contenido de carotenoides de las plantas. En algunas frutas, la maduración puede ocasionar cambios drásticos de los carotenoides. La luz estimula la biosíntesis de carotenoides, por lo que el aumento a la exposición solar aumenta su concentración. Otros factores que alteran la presencia y cantidad de carotenoides son el clima y las condiciones de cultivo (RUIZ, 2014).

3.2.16 Liofilización

GÓMEZ et al., (2003), definen la liofilización como una técnica de conservación por deshidratación aplicada a productos químicos, farmacéuticos, médicos, biológicos y alimenticios. El proceso es también llamado criodesecación porque consiste primero en congelar un producto húmedo y luego en vaporizar directamente el hielo a baja presión.

KASPER et al., (2013) mencionan la liofilización un proceso común, pero muy costoso, para lograr el secado de las formulaciones de proteínas con estabilidad a largo plazo. En el pasado, la optimización del proceso típico se ha centrado en las etapas de secado y la etapa de congelación fue más bien ignorado. Sin embargo, la etapa de congelación es un paso igualmente importante en la liofilización, ya que afecta tanto el rendimiento del proceso y la calidad del producto.

3.2.16.1 Etapas de la liofilización

La liofilización consta de tres etapas: congelación, sublimación o secado primario y desorción o secado secundario.

a) Congelación

En la etapa de congelación, el producto es sometido a baja temperatura para que el contenido de agua pase de fase líquida a fase sólida buscando



la redistribución del soluto y una concentración relativa de la congelación parcial del agua, con el fin de facilitar la etapa de secado (Figura 4) (RANGEL, 2004).

Ceballos et al (2008) mencionan. “La congelación es la etapa donde se establece la estructura y las características del producto a obtener después de la etapa de secado, lo cual le da importancia a conocer variables de congelación como la frecuencia, temperatura mínima de congelación, temperatura de la capa de congelación durante el secado, velocidad optima de enfriamiento y temperatura mínima de fusión incipiente”.

b) Sublimación o secado primario

En el secado primario, el producto congelado se calienta bajo condiciones de vacío para retirar el agua por sublimación mientras la fruta se mantiene por debajo del punto eutéctico (AYALA, 2010).

El paso de hielo a vapor requiere gran cantidad de energía que cuando es suministrada en alto vacío la interface de secado se mueve hacia el interior de la muestra y el calor tiene que atravesar capas congeladas (sistemas liofilizados en bandeja, sin granular) o secas (en granulados), generándose un considerable riesgo de fusión del material intersticial o quemar la superficie del producto que ya está seco (Figura 5) (ORREGO, 2008).

c) Desorción o secado secundario

El secado secundario se realiza por evaporación del agua que no se sublima en la etapa de secado primario, donde se eleva la temperatura de la matriz del alimento, para el inicio de esta etapa el producto debe contener menos del 3% del contenido de agua inicial (WELTI et al., 2005).

Las partes secas de la muestra que se liofiliza pueden comenzar su secado secundario aunque haya presencia de hielo en el alimento que se sublima en fase primaria; mientras estas dos fases coexistan, y debido que el hielo que sublima enfría la estructura, permaneciendo controlada la temperatura del alimento (ORREGO, 2003).

En ese momento la velocidad de calentamiento debe disminuir para mantener la temperatura del producto por debajo de 30 – 50 °C, lo que evita el colapso del producto (RAMÍREZ, 2006).



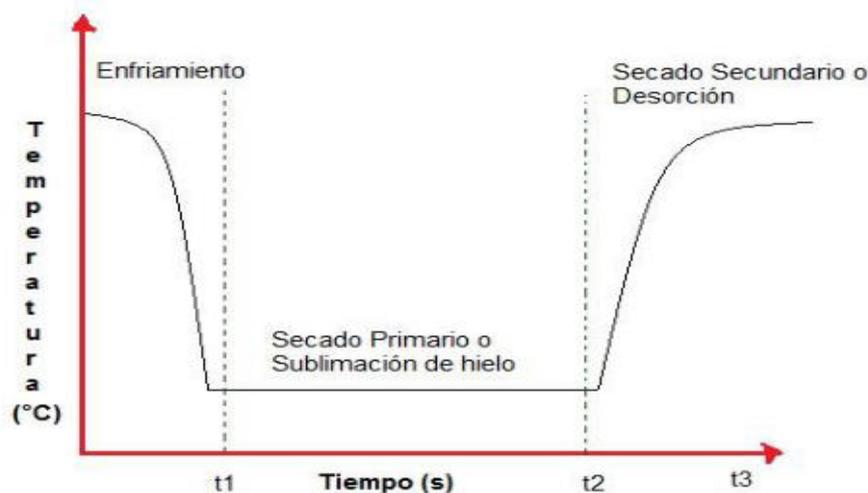


Figura 5 — Etapas de liofilización

Extraído de RAMÍREZ, (2006).

3.2.16.2 Influencia de las condiciones de operación sobre el proceso de liofilización

a) Velocidad de congelación

Puesto que la congelación es una operación previa a la liofilización, la velocidad de congelamiento es determinante en las propiedades del producto seco, dado que influye directamente en el tamaño de poro producido luego de la sublimación de los cristales de hielo (GRAJALES et al., 2005).

La velocidad de congelación lenta produce formación de cristales de hielo voluminosos que después de realizarse la sublimación se transforman en poros, lo cual puede lograr una rápida velocidad de secado (RAMÍREZ, 2011).

b) Flujo de calor

El calor para el calor latente de sublimación del hielo, equivalente a 2838 kJ / kg, procede por conducción a través de la corteza del material seco. En algunos casos, también se conduce a través de la capa congelada desde la parte posterior. Los fenómenos de transferencia de calor y materia durante la liofilización se pueden resumir en términos de difusión por el transporte de vapor de agua durante la sublimación (GEANKOPLIS, 1998).

Los procesos de transferencia de materia y transmisión de calor se producen simultáneamente. Dependiendo de la configuración del sistema de secado, la transmisión de calor tendrá lugar a través de una

capa de producto congelado o a través de una capa de producto seco. Obviamente, la transmisión de calor a través de la capa congelada será rápida; sin embargo, la transmisión de calor a través de la capa de producto seco será lenta debido a la baja conductividad de los sólidos muy porosos sometidos a vacío. En ambas situaciones, la transferencia de materia tendrá lugar a través de una capa del producto seco (SINGH Y HELDMAN, 2001).

c) Temperatura

La temperatura en la liofilización está limitada a la temperatura que se derrite el hielo del material biológico; sin embargo, el operador del liofilizador puede controlar indirectamente la fuente de calor para controlar que la temperatura de la superficie no deteriore el producto, siendo que este depende de la cantidad de calor aplicado, la velocidad de sublimación y la efectividad de remoción de vapor (BARRETO, 1966).

Cuando la temperatura aumenta sin tener en cuenta el tipo de material biológico a liofilizar, puede crearse una capa seca superficial y evitar en flujo de vapor al exterior, por esta razón los tejidos internos forman una superficie esponjosa, lo que se llama colapso (BARBOSA et al., 2000).

d) Presión

La presión de la cámara dependerá de las características físicas del material a liofilizar y de la temperatura a la cual se debe mantener el producto congelado. Si se deja aumentar la presión, la velocidad de sublimación será menor y la temperatura del material aumentará. Al llegar a cierta presión, la liofilización como tal se detiene. Para alcanzar velocidades optimas de secado, la presión total debe ser alrededor de la mitad de la presión de vapor del hielo (BARRETO, 1966).



3.3 Marco conceptual

- a) **Biodiversidad:** Se refiere a toda la vida sobre la Tierra en sus múltiples manifestaciones e interacciones y los procesos que intervienen en diferentes lugares y tiempos (TAKACS, 1997).
- b) **Compuesto bioactivo:** Es toda aquella sustancia que tiene efecto en un organismo vivo. (The American Heritage Medical Dictionary Copyright, 2007) El adjetivo bioactivo procede del griego bios, vida y activus, con energía, y hace referencia a la generación de un efecto o la producción de una reacción en un tejido vivo por interacción con una sustancia. (MOSBY'S MEDICAL DICTIONARY, 2009).
- c) **Alimentos funcionales:** Se consideran funcionales si se demuestra satisfactoriamente que ejerce un efecto beneficioso sobre una o más funciones selectivas del organismo, además de sus efectos nutritivos intrínsecos, de modo tal que resulte apropiado para mejorar el estado de salud y bienestar, reducir el riesgo de enfermedad, o ambas cosas. (OLAGNERO, 2007)
- d) **Carotenoides:** Estos compuestos se encuentran ampliamente difundidos en los vegetales, en forma de pigmentos rojos, naranjas y amarillos. El betacaroteno es el carotenoide más conocido y está presente en casi todas las frutas y hortalizas de color anaranjado, así como en los vegetales de hojas verdes. El betacaroteno es un precursor de la vitamina A. (PALENCIA, 2010)
- e) **Antioxidantes:** Son compuestos usados para retardar el inicio o disminuir la velocidad de la oxidación de las grasas (ALCÁZAR, 2002).
- f) **Compuestos fenólicos:** Existen una gran variedad de compuestos fenólicos con actividad biológica, que contienen uno o más anillos aromáticos y que son constituyentes naturales de los alimentos vegetales y proporcionan en gran medida, el flavor, color y textura. (POKORNY et al., 2001).
- g) **Capacidad antioxidante:** Según FENNEMA et al., (2000), la capacidad o actividad antioxidante es una propiedad de algunas sustancias (antioxidantes), por la cual retrasan el comienzo o reducen la velocidad de oxidación de las sustancias oxidables, inhibiendo la formación de radicales libres en la fase de iniciación o interrumpiendo la cadena de propagación de radicales libres.
- h) **Liofilización:** (ORREDO, 2008), definió la liofilización como un proceso de secado mediante sublimación que se ha desarrollado con el fin de reducir la pérdida de los compuestos responsables de sabor y aroma de los alimentos, los cuales se afectan en gran medida durante el proceso convencional de secado.



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

El presente trabajo de investigación, es de tipo básico, según la naturaleza de los datos es cuantitativo y el nivel de investigación es descriptivo correlacional porque determina el efecto del liofilizado en frutos congelados.

4.2 Diseño de la investigación

4.2.1 Definición de variables

- **VARIABLES INDEPENDIENTES**

Frutos andinos congelados y liofilizados de la región Apurímac (aguaymanto (*Physalis peruviana L.*), tomatillo (*Cyphomandra betacea*), macha macha (*Pernettya prostrata (Cav.)*), tankar (*Berberis boliviana L.*) y siraca (*Rubus robustus- P*)).

- **VARIABLES DEPENDIENTES**

Composición nutricional: proteína, humedad, grasa, carbohidrato, ceniza, fibra, minerales (calcio, fósforo, hierro), vitaminas (C, E, A).

Composición bioactiva: polifenoles totales, antocianinas totales, actividad antioxidante y carotenoides.

4.3 Población y muestra

Se consideró como población de estudio los frutos andinos aguaymanto (*Physalis peruviana L.*), tomatillo (*Cyphomandra betacea*), macha macha (*Pernettya prostrata (Cav.)*), tankar (*Berberis boliviana L.*) y siraca (*Rubus robustus- P*), proveniente de los distritos de Huanipaca y Lambrama, Provincia Abancay como se detalla en la Tabla 19.

La visita y colecta de muestras (frutos andinos) se realizó de acuerdo a los “Lineamientos para el otorgamiento de autorizaciones con fines de investigación científica de flora/o fauna silvestre” del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), que para el presente estudio fue aprobado con Resolución Administrativa N° D000011-2021-MINAGRI-SERFOR-ATFFS-APURIMAC (Ver Anexo 1.C). Inicialmente se realizaron visitas a campo para identificar las zonas de producción de frutos y el estado de madurez de los mismos, posteriormente se realizó la colecta de frutos de mayo a octubre del año 2019.



Las muestras fueron obtenidas mediante un muestreo estratificado al azar, el cual consistió en recolectar las frutas con características óptimas de estado de madurez y coloración, de tamaño homogéneo y sano; una vez recolectadas las frutas con estas características se tomó dos kilogramos de muestra, cantidad requerida para los diferentes análisis. Los frutos permanecieron en condiciones de congelado a -15°C , por un periodo de un año siete meses.

Tabla 19 — Ubicación del lugar de recolección de muestras (frutos andinos de la región Apurímac)

Provincia	Distrito	Comunidad campesina/ Caserío	Ubicación (coordenadas)			Muestras recolectadas
			Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	
Abancay	Lambrama	Siusay	-13.831497°	-72.841951°	3414	Tankar (<i>Berberis boliviana</i> L)
			-13.837448°	-72.854139°	3808	Macha macha (<i>Pernettya Prostrata</i> (Cav))
	Pacobamba	-13.485343°	-72.933137°	3106	Tomatillo (<i>Solanun betaceum</i>)	
		-13.485343°	-72.933137°	3106	Aguaymanto (<i>Physalis peruviana</i>)	
	Huanipaca	Marjupata	-13.502463°	-72.883207°	2776	Siraca (<i>Rubus rubustus</i> P)
		Chanchayllo	-13.504242°	-72.878668°	2760	Siraca (<i>Rubus rubustus</i> P)
Tunaspata		-13.507943°	-72.879982°	2848	Siraca (<i>Rubus rubustus</i> P)	

4.4 Procedimiento

4.4.1 Obtención de fruto congelado y liofilizado

Una vez recolectados los frutos se transportaron al laboratorio de Análisis de Instrumentación de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas. A continuación se muestra el diagrama de flujo para la obtención del fruto congelado y liofilizado.



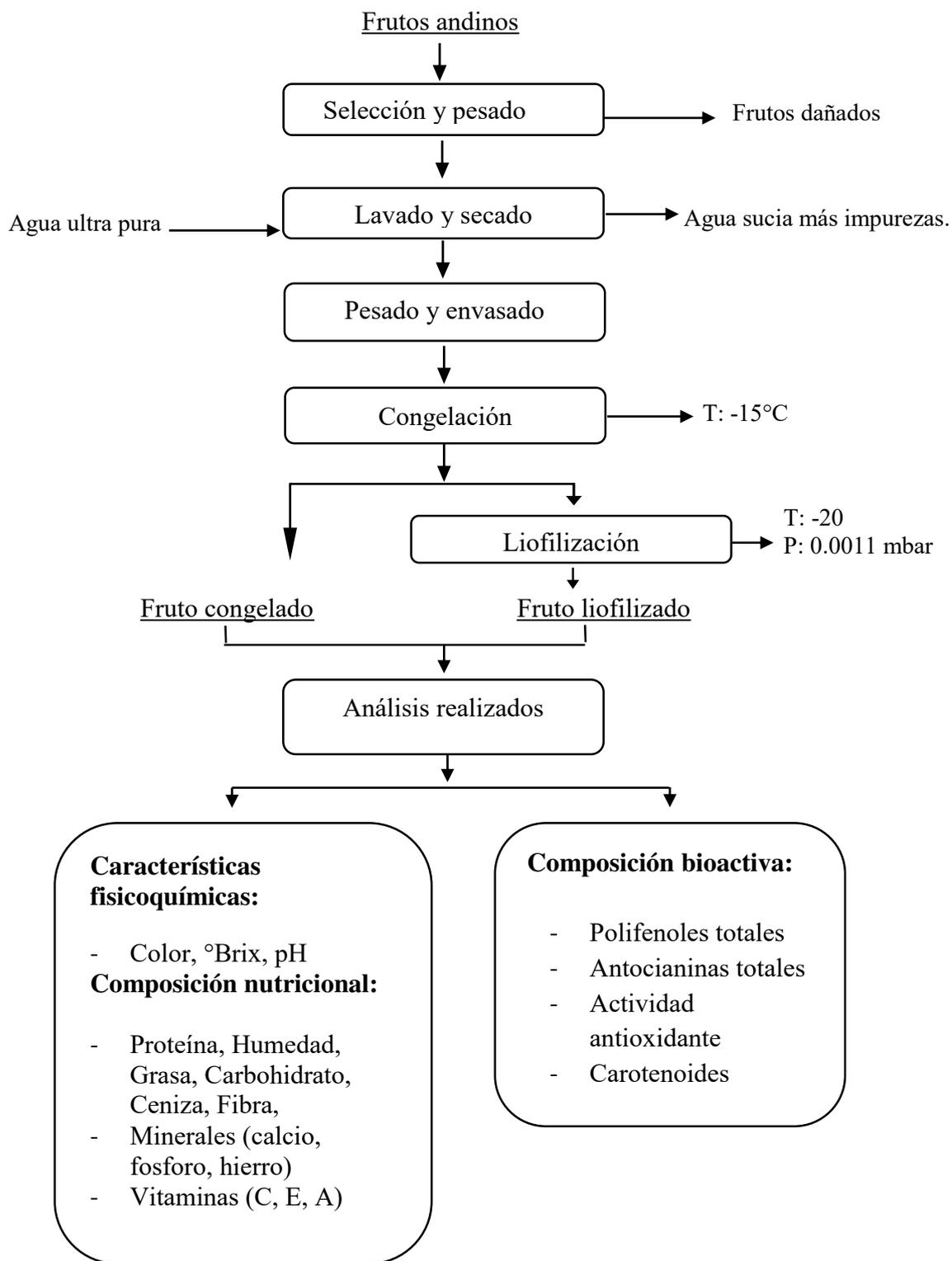


Figura 6 — Diagrama de flujo para la obtención de fruta congelada y liofilizada

4.4.2 Descripción del diagrama de flujo para la obtención de fruto congelado y liofilizado

Una vez recolectados los frutos se transportaron al laboratorio de Análisis de Instrumentación de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas. A continuación se muestra el diagrama de flujo para la obtención del fruto congelado y liofilizado.

a) Selección de materia prima

Los frutos (siraca, tankar, macha macha, tomatillo y aguaymanto) fueron seleccionados en función al color y tamaño, separando los tallos y hojas del fruto.

b) Lavado

El lavado se realizó con abundante agua ultra pura por inmersión y frotamiento suave de los frutos, de manera que se puedan eliminar sustancias y partículas extrañas.

c) Pesado y envasado

Se procedió a pesar los frutos enteros (con piel y semillas) seleccionadas, lavadas y secadas para luego colocarlas en bolsas de polietileno transparente con cierre hermético en presentaciones de 300 gramos por fruto.

d) Congelación

Una vez envasado los frutos se procedió a almacenar en congelación a -15°C para que las condiciones ambientales, tales como la luz o el calor, no degraden el contenido de los compuestos bioactivos y evitar la fermentación del mismo. Los 2kg de frutos en congelación se usaron posteriormente fue destinada el 50% para obtención de extractos congelados y el 50% restante fue liofilizado, para posteriormente determinar los compuestos nutricionales y bioactivos.

e) Análisis de frutos congelados

Los frutos congelados fueron remitidos a laboratorio externo, donde fueron acondicionados (mezclado, licuado, homogenizado, extracción con solvente y otros) previamente según los diferentes análisis.

f) Análisis de frutos liofilizados

Los frutos congelados en almacenamiento fueron descongelados hasta 4°C , mezclados y homogenizados en licuadora, y luego liofilizados en condiciones cámara de vacío a presión 0.0011 mbar, temperatura -20°C y almacenados



25±2°C, protegido de la luz, en empaque de polietileno de baja densidad y sellado al vacío, para su posterior análisis.

4.5 Técnica e instrumentos

Los ensayos de composición nutricional y bioactiva fue realizado en laboratorio externo, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), y el ensayo fisicoquímico en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

4.5.1 Descripción Caracterización fisicoquímica

A partir de los frutos congelados se determinó los parámetros fisicoquímicos, según método:

- AOAC 932.12; Sólidos solubles (Ver anexo 4.A.1)
- AOAC 981.12; pH (Ver anexo 4.A.2)
- CIE 1976 L*a*b*; Color (Ver anexo 4.A.3)

4.5.2 Composición nutricional

De los frutos congelados y liofilizados se determinó la composición nutricional, según las siguientes metodologías:

- NTP 205.037; humedad (Ver anexo 4.B.1)
- AOAC 955.04, proteína total (N x 6,25) (Ver anexo 4.B.2)
- AOAC 920.39; grasa (Ver anexo 4.B.3)
- AOAC 942.05; cenizas (Ver anexo 4.B.4)
- AOAC 962.09; fibra (Ver anexo 4.B.5)
- AOAC 46.1.03; carbohidrato (Ver anexo 4.B.6)
- Espectrofotometría de absorción atómica; minerales calcio, hierro y fosforo (Ver anexo 4.B.7)
- Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC); vitamina A y E. (Ver anexo 4.B.8)

4.5.3 Composición bioactiva

Los componentes bioactivos de los frutos, congelados y liofilizados, se determinó según metodologías:

- Polifenoles totales se determinaron por método espectrofotométrico de Folin Ciocalteau con modificaciones (Ver anexo 4.C.1)
- Antocianinas totales por HPLC (Ver anexo 4.C.2)



- Carotenoides totales por HPLC (Ver anexo 4.C.3)
- Capacidad antioxidante por DPPH (Ver anexo 4.C.4)

4.5.4 Materiales

- Micropipetas Eppendorf 1, 5, 10 ml
- Micropipetas Jencons 100, 200 ul
- Tubos Falcon 15ml IsoLab
- Mortero
- Filtro de Jeringa Millex-HV; 0,45 μ m, PVDF, 33 mm, no estéril Millipore N° LHV033NS
- Viales de vidrio de rosca 8 - 425, ámbar, 2 ml Agilent P/N: 5183-4429
- Tapa rosca 8-425, negros, septa de PTFE rojo/silicona Agilent P/N 5183-4442
- Micropipetas Eppendorf 1, 5, 10 ml
- Vial headspace 20 mL, transparente Agilent P/N: 5183-4474
- Tapa de aluminio con septa PTFE/silicone, 20 mm, Agilent P/N: 5183-4478
- Filtro de Jeringa Millex-HV; 0,45 μ m, PVDF, 33 mm, Millipore N° LHV033NS
- Viales de vidrio de rosca 8-425, transparentes, 2 ml 5183-4428
- Cubetas de Vidrio de 1cm
- Tubos de ensayo
- Fiola de 200 ml
- Papel filtro
- Probeta de 50ml, Pipetas de 10 cc y 5 cc
- Kita sato de 1 L.
- Equipo completo de reflujo
- Crisoles de porcelana, limpias y secas
- Pinzas
- Embudo Busner
- Soporte Universal, Pinzas y Nueces.
- Bureta de 50 ml
- Plumón marcador marca FABER-CASTELL

4.5.5 Reactivos

- Acetonitrilo Merck
- Cloroformo J.T Baker



- Estándar Vitamina A Sigma Aldrich
- Estándar Alfa Tocoferol Sigma y Gamma Tocoferol Santa Cruz
- Ácido Galico Sigma Aldrich
- Etanol J.T. Baker
- Foim Ciocalteu Merck
- Na₂CO₃ Merck
- Trolox Santa Cruz Biotechnology
- DPPH Sigma Aldrich
- Tampón pH 1,0 (cloruro de potasio, 0,025 M)
- Tampón pH 4,5 (acetato de sodio, 0,4 M)
- Solución de Ácido Clorhídrico 1N
- Solución saturada de acetato de Sodio (1300g/L)
- Solución Ácido Ascórbico al 1%, Merck
- Solución Ortofenantrolina al 0.1%, Merck
- Hierro electrolítico Sigma Aldrich
- Ácido sulfúrico (c), 5N, Merck
- Solución tartrato doble de Antimonio y Potasio 0.3g/1000, Merck
- Solución Molibdato de Amonio 40g/1000, Merck
- Etilen Diamino Tetraacético Sódico solución 0.01M (E.D.T.A.)
- Carbonato de Calcio p.a. Sigma Aldrich
- Solución Buffer pH 12 (Hidróxido de Sodio 1N), Merck
- Indicador Murexida en Cloruro de Sodio, Merck
- Hexano puro, Merck
- Ácido sulfúrico concentrado, y solución 0.01N, Merck
- Hidróxido de Sodio concentrado, solución 40% y solución 0.01N, Merck
- Mezcla Oxidante (Bióxido de Selenio y sulfato de Potasio) , Merck
- Indicador mixto (solución Alcohólica de Verde de Bromo cresol y rojo de metilo, Merck
- Ácido Ascórbico, Accustandard
- KH₂PO₄ J.T. Baker
- Agua ultra pura Barnstead tipo I
- 2 Propanol J.T Baker
- Acetona J.T Baker



4.5.6 Equipos

- Liofilizador, marca LABCONCO, modelo 7754040.
- Sensores de temperatura inalámbricos en tiempo real, marca DATA TRACE Laboratorios.
- Colorímetro, marca PCE-CSM 3
- Baño maría, marca Biotron, modelo Electronic termostat Btr-65
- pH-Metro, marca HANNA EDGE® HI2020
- Generador de nitrógeno de alta pureza
- Vortex, marca VWR
- Centrifuga 4000 rpm, marca GreedMed
- Cromatógrafo, marca Agilent serie 1200
- Espectrofotómetro, marca Génesis 20 Thermo Electrón
- Balanza Analítica, marca METTLER TOLEDO
- Estufa termostática, marca MEMMERT, tipo UNE 400, Germany.
- Digestor Kjeldahl, marca LABOR
- Plancha calefactora con termostato, marca IKA RH - KT/C WORKS
- Mufla, marca LINDBERG/BLUR
- Bomba de vacío, marca ARTHUR H. THOMAS CO, TIPO RH B-KT/C
- Espectrofotómetro, modelo 390. serie 001860TN

4.6 Análisis estadístico

Escriba aquí el texto, escriba aquí el texto escriba aquí el texto. Escriba aquí el texto, escriba aquí el texto escriba aquí el texto escriba aquí el texto.

En esta investigación se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial Ax β , el cual se basó en la combinación de 5 niveles (siraca, tankar, macha macha, tomatillo y aguaymanto) de frutos (Factor α) y 2 niveles (congelado y liofilizado) (Factor β). Se tuvo como variables de entrada o dependientes los compuestos nutricionales y bioactivos presentes en los frutos. Las variables independientes en estudio fueron las especies de frutos congelado y liofilizado. Para el análisis estadístico de características fisicoquímicas en frutas congeladas se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA).

Los valores de las compuestos bioactivos y nutricionales se analizaron mediante ANOVA. Los tratamientos se realizaron por triplicado. Para establecer diferencias significativas



entre medias se aplicó la prueba Tukey con una probabilidad $p < 0.05$, un intervalo de confianza del 95% ($\alpha = 0.05$), utilizando el programa INFO STAT versión 2017.

El modelo estadístico empleado en el trabajo de investigación fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor de la variable de respuesta correspondiente a la repetición k del nivel i de α (frutos) al nivel j de β (congelado y liofilizado).

$i = 1, 2, 3, 4, 5$; niveles del factor α (frutos).

$j = 1, 2$; niveles de factor β (congelado y liofilizado).

$k = 1, 2, 3$; repeticiones de las variables de respuesta.

μ = Es la media global

α_i = Es el efecto del nivel i del factor α .

β_j = Es el efecto del nivel j del factor β .

$(\alpha\beta)_{ij}$ = El efecto de la interacción cuando el factor α está al nivel i y el factor β al nivel j .

ε_{ijk} = Error experimental al utilizar el i – ésimo y el j – ésimo, son independientes entre sí.

En la Tabla 20 se muestra la matriz del diseño experimental requerido para el estudio de investigación, donde:

Variables Independientes (frutos congelados y liofilizados) 5×2 niveles de estudio $\times 3$ repeticiones = 30 ensayos, 10 tratamientos.



Tabla 20 — Matriz de diseño experimental DCA con Arreglo Factorial AxB

Tratamiento	V.I (Factor de Estudio)		V.D		Repetición	Ensayos
	Frutos congelados y liofilizados		Composición Nutricional	Compuestos Bioactivos		
T1	Siraca	Congelado	Humedad Proteína Grasas Cenizas Fibra Carbohidrato Calcio Hierro Fosforo Vitamina A Vitamina C Vitamina E	Polifenoles totales Antocianinas totales Capacidad antioxidante Carotenoides totales	3	6
T2		Liofilizado	X	Y	3	
T3	Tankar	Congelado	X	Y	3	6
T4		Liofilizado	X	Y	3	
T5	Macha macha	Congelado	X	Y	3	6
T6		Liofilizado	X	Y	3	
T7	Tomatillo	Congelado	X	Y	3	6
T8		Liofilizado	X	Y	3	
T9	Aguaymanto	Congelado	X	Y	3	6
T10		Liofilizado	X	Y	3	
TOTAL						30

Dónde:

- **X**, Análisis de humedad, proteína, grasas, cenizas, fibra, carbohidrato, calcio, hierro, fósforo, vitamina A, vitamina C y vitamina E.
- **Y**, Análisis de Polifenoles totales, Antocianinas Totales, Capacidad Antioxidante y Carotenoides totales.



4.6.1 Hipótesis estadística (nula y alterna)

a) Frutos

- **Hipótesis Nula:** La composición nutricional y bioactiva de los cinco frutos son similares.

$$H_0: \text{Efecto } A = 0$$

- **Hipótesis Alterna:** Al menos un fruto difiere en la composición nutricional y bioactiva de los demás frutos.

$$H_A: \text{Efecto } A \neq 0$$

b) Frutos congelados y liofilizados

- **Hipótesis Nula:** La liofilización no tiene efecto sobre la composición nutricional y bioactiva de frutos congelados.

$$H_0: \text{Efecto } B = 0$$

- **Hipótesis Alterna:** La liofilización tiene efecto sobre la composición nutricional y bioactiva de frutos congelados.

$$H_A: \text{Efecto } B \neq 0$$

c) Frutos x (congelado y liofilizado)

- **Hipótesis Nula:** La composición nutricional y bioactiva de los cinco frutos, congelado y liofilizado, son similares.

$$H_0: \text{Efecto } AB = 0$$

- **Hipótesis Alterna:** Al menos un fruto procesado, congelado y liofilizado, difiere en la composición nutricional y bioactiva de los demás frutos.

$$H_A: \text{Efecto } AB \neq 0$$

- **Estadístico:** Se utilizó el estadístico Fisher (F) para aceptar o rechazar la Hipótesis Nula y para la comparación de medias de los diferentes frutos procesados, congelado y liofilizado, se empleó Tukey.

- **Nivel de significancia:** El nivel de significancia fue de $p=0.05$.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Ensayos preliminares - características fisicoquímicas de frutos congelados.

Se determinó las características fisicoquímicas de frutos congelados, los resultados se observan en el anexo 2.A y en la Tabla 21 se observa el promedio respecto al pH, °Brix y color.

Tabla 21— Características fisicoquímicas de frutos congelados

Frutos	pH	°Brix	Color		
			L*	a*	b*
Siraca	2,56±0,00	6±0,00	11,19±0,59	48,28±0,94	14,1±0,46
Tankar	2,66±0,00	7±0,00	7,71±0,11	40,98±0,60	15,91±0,18
Macha macha	5,11±0,00	4,53±0,04	23,03±0,87	10,95±0,67	3,24±0,03
Tomatillo	3,71±0,00	9,63±0,04	16,66±1,05	28,38±3,40	17,03±0,59
Aguaymanto	3,71±0,09	10±0,00	20,75±0,43	19,98±0,41	21,82±1,40

Los valores en la tabla representan el promedio de las 5 especies de frutos congelados con 3 repeticiones ± la desviación estándar

a) pH

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a los datos de caracterización fisicoquímica con respecto al pH se observa en la Tabla 22, donde se muestra que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre frutos congelados.

Tabla 22 — Análisis de varianza (ANVA) de pH de frutos congelados

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Fruto	4	12.69	3.17	43262.59	<0.0001
Error	10	0.00073	0.000073		
Total	14	12.69			

Para la comparación de medias de pH de frutos congelados se utilizó la prueba Tukey (Ver Anexo 2.A.1 y Figura 7), el cual se detalla a continuación:

Los cinco frutos estudiados reportan resultados de pH diferentes estadísticamente, donde se observa que el valor mayor de pH lo obtuvo el T5 (macha macha congelado 5,11), seguido por T9 (aguaymanto congelado 3,71) y



T7 (tomatillo congelado 3,43) y los valores menores lo presentaron T3 (tankar congelado 2,66) y T1 (siraca congelado 2,56).

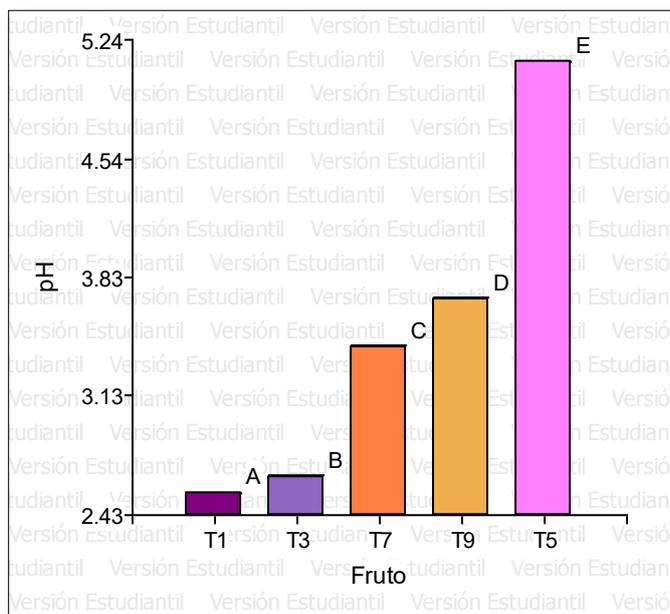


Figura 7— pH en frutos congelados

T1: siraca congelado; T3: tankar congelado; T5: macha macha congelado; T7: tomatillo congelado; T9: aguaymanto congelado

b) Sólidos solubles totales

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a los datos de sólidos solubles totales se muestra en la Tabla 23, donde se observa que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los frutos congelados.

Tabla 23 — Análisis de varianza (ANVA) característica química °Brix en frutos congelados

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	66.24	4	16.56	12420	<0.0001
Error	0.01	10	0.0013		
Total	66.25	14			

Para la comparación de medias de sólidos solubles de frutos congelados se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 2.A.2 y Figura 8), el cual se detalla a continuación:

El valor menor de °Brix de los 5 frutos congelados, corresponde al fruto T5 (macha macha congelado 4,53), seguido por T1 (siraca congelado 6,00) y T3 (tankar congelado 7,00) y los valores mayores presentaron T7 (tomatillo congelado 9,63) y T9 (aguaymanto congelado 10,00).



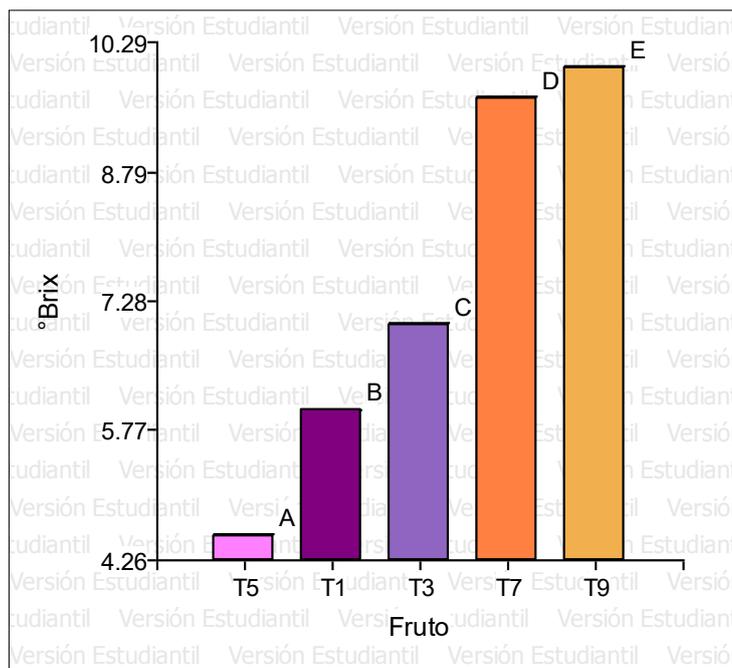


Figura 8 – Grados °Brix en frutos congelados

T1: siraca congelado; T3: tankar congelado; T5: macha macha congelado; T7: tomatillo congelado; T9: aguaymanto congelado

c) Color (parámetro L*)

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a los datos de color L* se muestra en la Tabla 23, donde se observa que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los frutos congelados.

Tabla 24 — Análisis de varianza (ANVA) de color (parámetro L*) en frutos congelados

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	492.55	4	123.14	137.58	<0.0001
Error	8.95	10	0.9		
Total	501.5	14			

Para la comparación de medias de color (parámetro L*) de frutos congelados se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 2.A.3 y Figura 9), el cual se detalla a continuación:

Los frutos congelados con mayor luminosidad (L*) fue el T5 (macha macha congelado 23,03) y T9 (aguaymanto congelado 20,75), seguido por T7 (tomatillo congelado 16,66 y T1 (siraca congelado 11,19), mientras que T3 (tankar congelado 7,11) presento menor luminosidad.



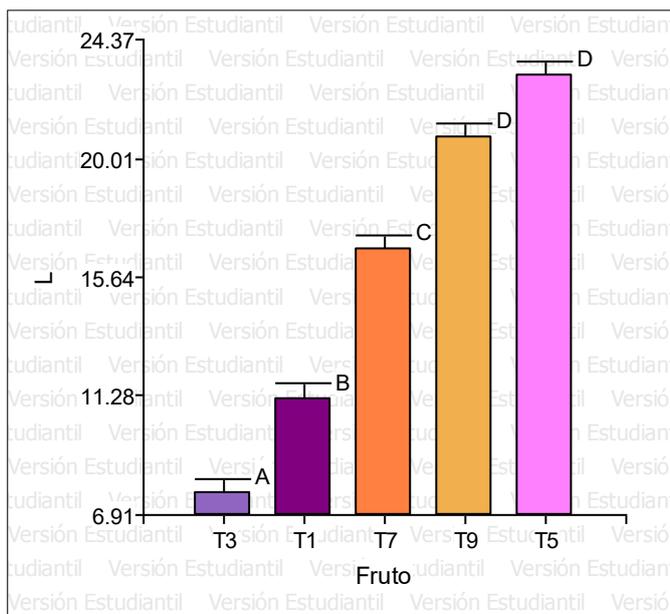


Figura 9 — Parametro de L* en frutos congelados

T1: siraca congelado; T3: tankar congelado; T5: macha macha congelado; T7: tomatillo congelado; T9: aguaymanto congelado

d) Color (parámetro a*)

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a los datos de color a* se observa en la Tabla 25, donde se muestra que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los frutos congelados.

Tabla 25 — Análisis de varianza (ANVA) de color (parámetro a*) en frutos congelados

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	2760.93	4	690.23	137.93	<0.0001
Error	50.04	10	5		
Total	2810.97	14			

Para la comparación de medias de color (parámetro a*) de frutos congelados se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 2.A.3 y Figura 10), el cual se detalla a continuación:

El fruto cuyo valor resultó alto con respecto al indicador a* (variación del color de verde a rojo) fue T1 (siraca congelado 48,23), seguido por T3 (Tankar congelado 40,98), T7 (tomatillo congelado 28,38), T9 (aguaymanto congelado 19,98) y el valor menor presento T5 (macha macha congelado 10,95).



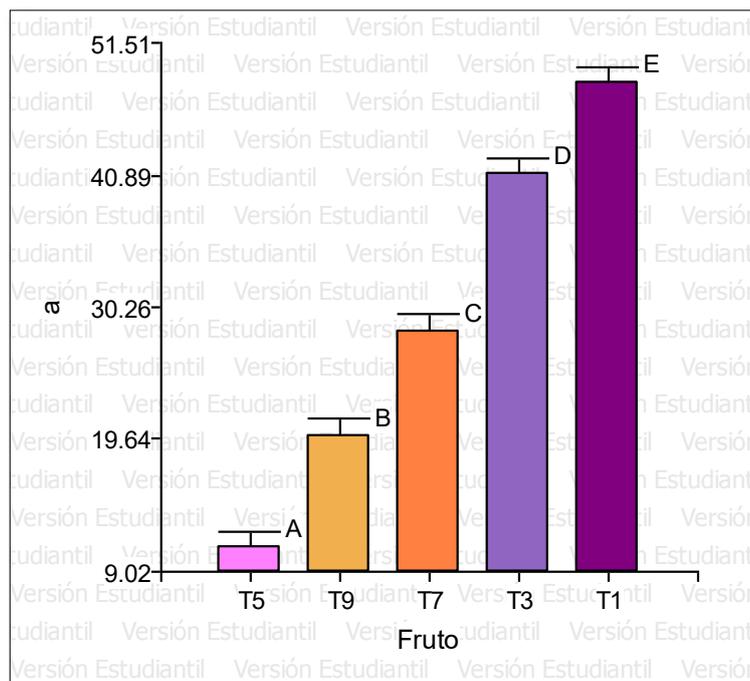


Figura 10 — Parámetro de a* en frutos congelados

T1: siraca congelado; T3: tankar congelado; T5: macha macha congelado; T7: tomatillo congelado; T9: aguaymanto congelado

e) Color (parámetro b*)

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a los datos de color b* se muestra en la Tabla 26, donde se muestra que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los frutos (siraca, tankar, macha macha, tomatillo, aguaymanto) congelado.

Tabla 26 — Análisis de varianza (ANVA) de color (parámetro b*) en frutos congelados

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	566.62	4	141.65	138.23	<0.0001
Error	10.25	10	1.02		
Total	576.86	14			

Para la comparación de medias de color parámetro b* de frutos congelados se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 3.A.3), el cual se detalla a continuación:

El valor b* (indicador de la variación del color de azul a amarillo) fue mayor para el T9 (aguaymanto congelado 21,82) y menor para el T5 (macha macha congelado 3,24). Fue observado ligeras variaciones entre los valores de T1 (siraca congelado 14,10), T3 (tankar congelado 15,91) y T7 (tomatillo congelado 16,66).

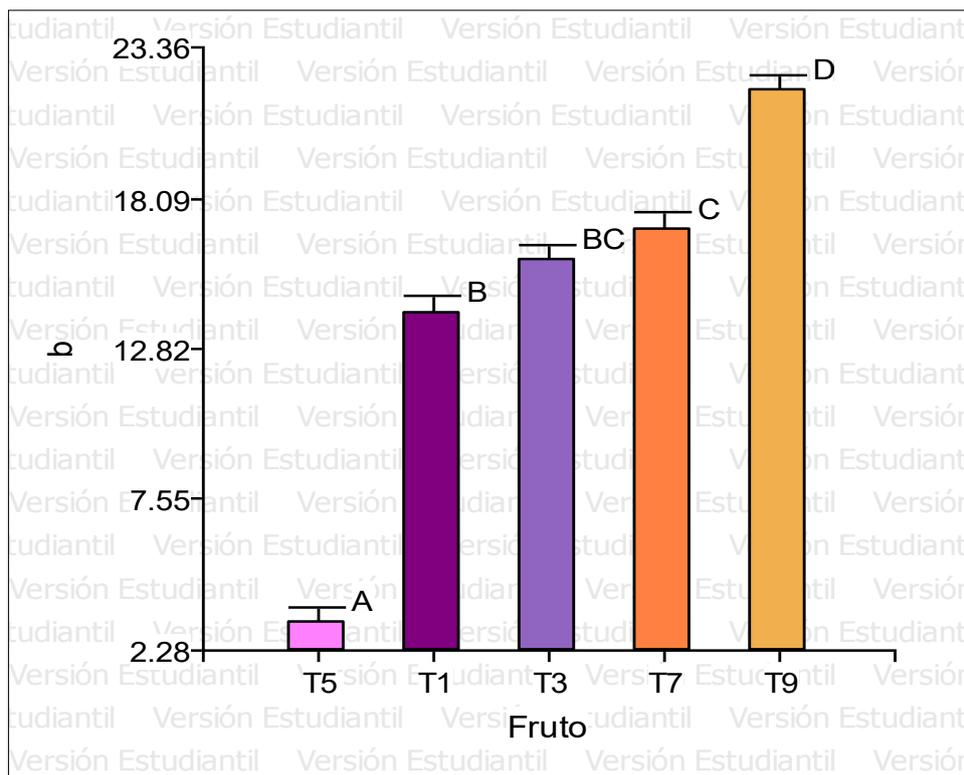


Figura 11 — Parámetros de b* en frutos congelados

T1: siraca congelado; T3: tankar congelado; T5: macha macha congelado; T7: tomatillo congelado; T9: aguaymanto congelado

5.1.2 Composición nutricional de frutos congelados y liofilizados.

5.1.2.1 Análisis proximal (Humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos)

Análisis proximal de los frutos, congelado y liofilizado, los resultados se observan en el anexo 2.B y en las Tablas 27 se presenta el promedio seca (b.s.).

Tabla 27 — Análisis proximal (b.s.) en frutos andinos, congelado y liofilizado

Análisis		Frutos				
		Siraca	Tankar	Machamacha	Tomatillo	Aguaymanto
Proteína (g/100g)	Congelado	6,52±0,16	9,21±0,46	7,00±0,99	6,16±0,47	10,27±0,92
	Liofilizado	5,84±0,25	10,62±0,49	3,95±0,04**	11,42±0,39*	7,42±0,33
Grasa (g/100g)	Congelado	2,22±0,28	2,63±0,17	4,82±0,77	1,86±0,14	4,27±0,15
	Liofilizado	2,38±0,03	4,20±0,07	4,44±0,04*	1,75±0,04**	3,93±0,07
Ceniza (g/100g)	Congelado	3,34±0,31	3,43±0,22	3,48±0,75	5,66±0,85	4,39±0,44
	Liofilizado	3,17±0,05	3,12±0,07	2,96±0,05**	5,48±0,11*	4,9±0,09
Fibra (g/100g)	Congelado	33,77±0,53	34,85±0,56	28,76±2,66	22,62±3,25	30,31±7,24
	Liofilizado	35,90±1,54*	33,10±0,82	29,20±0,82	22,50±0,6**	31,70±0,44
Carbohidratos (g/100g)	Congelado	87,92±0,58	84,74±0,48	84,71±2,30	86,32±1,05	81,07±1,36
	Liofilizado	88,61±0,26	82,06±0,47	88,65±0,05*	81,32±0,47*	83,75±0,49

Los valores en la tabla representan el promedio de 5 especies de frutos, congelado y liofilizado con 3 repeticiones \pm la desviación estándar. (*)Valor más alto entre los frutos congelados y liofilizados. (**)Valor más bajo entre los frutos congelados y liofilizados

a) Humedad

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a los datos de porcentaje de humedad se observa en la Tabla 28, donde se muestra que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre frutos (siraca, tankar, macha macha, tomatillo, aguaymanto), entre fruto (congelado y liofilizado) y el efecto de interacción de ambos.

Tabla 28 — Análisis de varianza (ANVA) porcentaje de humedad en frutos, congelado y liofilizado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Frutos	226.25	4	56.56	106.62	<0.0001
FC*FL	48571.69	1	48571.69	91561.35	<0.0001
Frutos*(FC*FL)	181.82	4	45.46	85.69	<0.0001
Error	10.61	20	0.53		
Total	48990.37	29			

FC: Frutos Congelados

FL: Frutos Liofilizados



Para la comparación de medias del porcentaje de humedad en frutos, congelado y liofilizado, se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 3.B.1 y Figura 12), la cual se detalla a continuación:

Entre los frutos congelados la T1 (siraca congelado 75,13%) presento el valor más bajo y T6 (macha macha congelado 88,89%) y T7 (tomatillo congelado 89,275) los valores más altos, no habiendo diferencias entre ambos frutos, este mismo comportamiento fue observado para T9 (aguaymanto congelado 82,42%) y T3 (tankar congelado 82,50%), con respecto a los frutos liofilizados, observándose valores bajos, T2 (siraca liofilizado 2,65%), T6 (macha macha liofilizado 2,66%), T10 (aguaymanto liofilizado 3,08%), T4 (tankar liofilizado 3,28%) y T8 (tomatillo liofilizado 4,17%).

El liofilizado tuvo efecto estadístico significativo en relación al porcentaje de humedad de frutos congelados, disminuyéndose considerablemente.

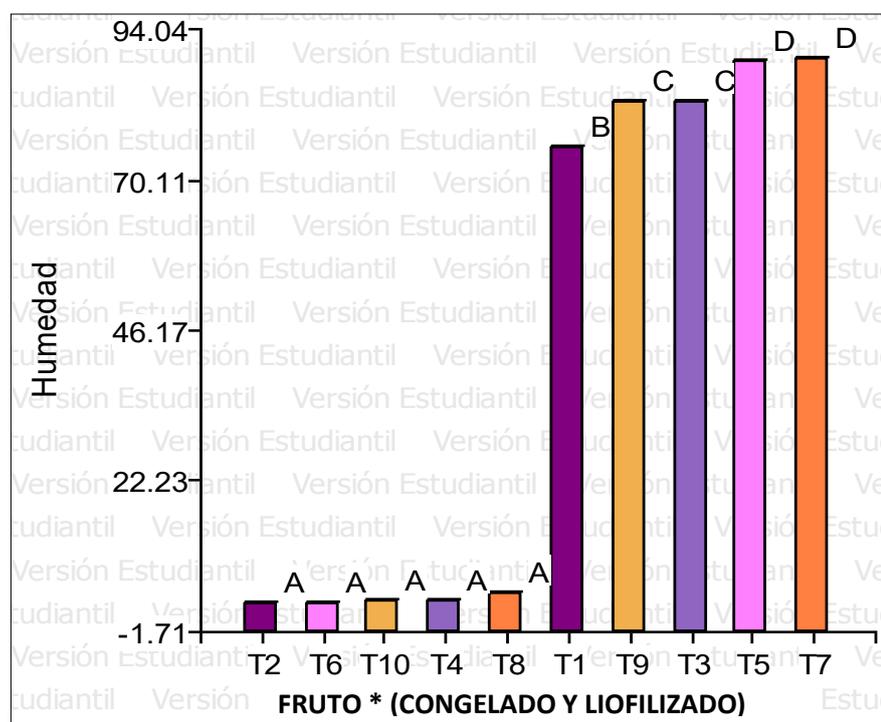


Figura 12 – Parámetros de b* en frutos congelados

T1: siraca congelada; T2: siraca liofilizado; T3: tankar congelado; T4: tankar liofilizado; T5: macha macha congelado; T6: macha macha liofilizado; T7: tomatillo congelado; T8: tomatillo liofilizado; T9: aguaymanto congelado; T10: aguaymanto liofilizado



b) Proteína

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a los datos de proteína se observa en la Tabla 29, existiendo diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los frutos (siraca, tankar, macha macha, tomatillo, aguaymanto), entre efecto de interacción de ambos y entre fruto (líoofilizado y congelado) una diferencia significativa ($p > 0,05$).

Tabla 29 — Análisis de varianza (ANVA) de proteína de frutos, congelado y líoofilizado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	60.84	4	15.21	261.54	<0.0001
FC*FL	322.56	1	322.56	5546.95	<0.9193
Fruto*(FC*FL)	62.14	4	15.53	267.15	<0.0001
Error	1.16	20	0.06		
Total	446.69	29			

FC: Fruto Congelado

FL: Fruto Líoofilizado

Para la comparación de medias del porcentaje de proteína en fruto, congelado y líoofilizado, se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 3.B.2 y Figura 13), el cual se detalla a continuación:

Los porcentajes de proteína para los frutos líoofilizados fueron 11,42% y 10,62% para T8 (tomatillo líoofilizado) y T9 (tankar líoofilizado) respectivamente, que destacaron por alto contenido de proteína entre los demás frutos líoofilizados, T10 (aguaymanto líoofilizado 7,42%), T2 (siraca líoofilizado 5,84%) y T6 (macha macha líoofilizado 3,95%) que presento el menor porcentaje. Respecto a los frutos congelados el T9 (aguaymanto congelado 10,27%), T1 (siraca congelado 6,51%), T7 (tomatillo congelado 6,16%) y T3 (tankar congelado 9,21%) presentaron valores mayores, con ligeras variaciones entre ellos, observando también que T5 (macha macha congelado 0,77%) presentó el valor menor.

Los frutos líoofilizados han tenido mayor significancia en el porcentaje de proteína, resaltándose que los frutos líoofilizados tuvieron valores más altos que los congelados.



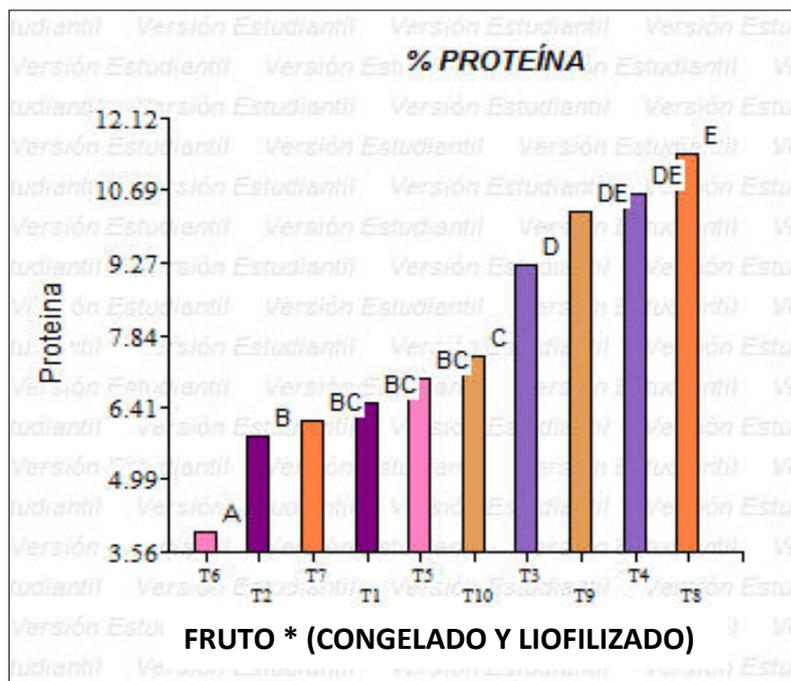


Figura 13 — Porcentaje de proteína en frutos congelados y liofilizados

T1: siraca congelada; T2: siraca liofilizado; T3: tankar congelado; T4: tankar liofilizado; T5: macha macha congelado; T6: macha macha liofilizado; T7: tomatillo congelado; T8: tomatillo liofilizado; T9: aguaymanto congelado; T10: aguaymanto liofilizado

c) Grasa

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a los datos del porcentaje de grasa se observa en la Tabla 30, existiendo diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los frutos (siraca, tankar, macha macha, tomatillo, aguaymanto), entre efecto de interacción de ambos y entre fruto (liofilizado y congelado) una diferencia significativa ($p > 0,05$).

Tabla 30 — Análisis de varianza (ANVA) del porcentaje de grasa de frutos, congelado y liofilizado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	44.28	4	11.07	7.96	0.0005
FC*FL	29.17	1	29.17	20.96	0.0825
Fruto*(FC*FL)	25.43	4	6.36	4.57	0.0088
Error	27.83	20	1.39		
Total	126.7	29			

FC: Fruto Congelado
FL: Fruto Liofilizado

Para la comparación de medias del porcentaje de grasa en frutos, congelado y liofilizado, se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 3.B.3 y Figura 14), el cual se detalla a continuación:



Los frutos que obtuvieron menor porcentaje de grasa fueron T7 (tomatillo congelado 1.86%) y T3 (tankar congelado 2,63%), y los que presentaron mayor valor fueron T4 (tankar liofilizado 4,2%), T6 (macha macha liofilizado 4.4%) y T5 (macha macha congelado 4,82%). Observándose ligeras variaciones del porcentaje de grasa entre los tratamientos T5 (macha macha congelado 4,82%), T6 (macha macha liofilizada 4,44%), T9 (Aguaymanto congelado 4,27%), T4 (tankar liofilizado 4,20%) y T10 (aguaymanto liofilizado 3,93), así mismo respecto a los tratamientos T8 (tomatillo liofilizado), T7 (tomatillo congelado), T2 (siraca congelado), T1 (siraca liofilizada) y T3 (tankar congelado).

El porcentaje de grasa en los frutos de macha macha, aguaymanto y tankar liofilizado se vio reflejado en el incremento del porcentaje de grasa.

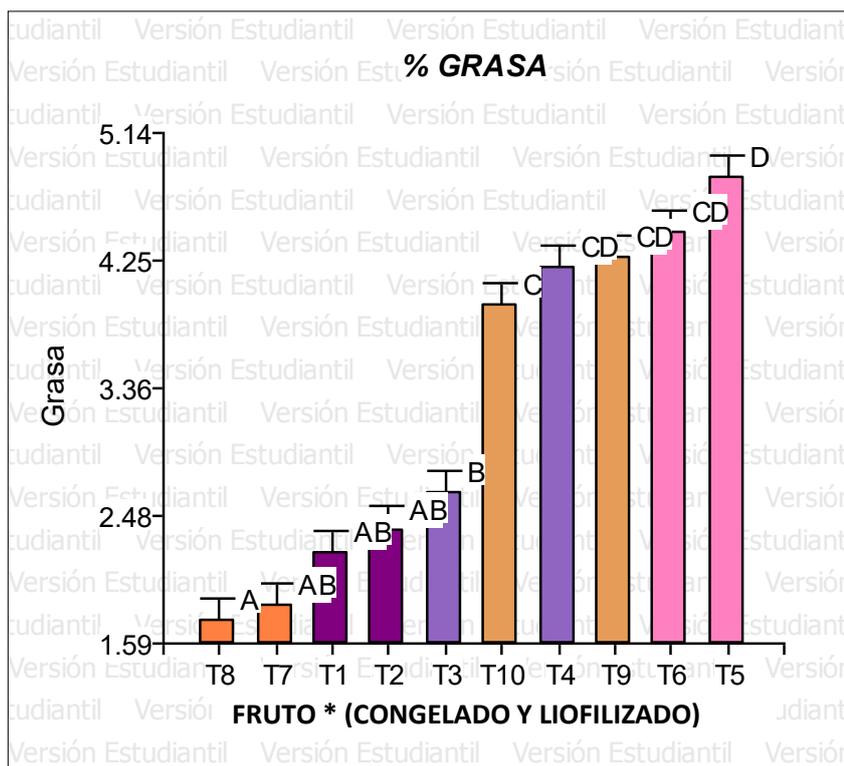


Figura 14 – Porcentaje de grasa de frutos congelados y liofilizados

T1: siraca congelada; T2: siraca liofilizado; T3: tankar congelado; T4: tankar liofilizado; T5: macha macha congelado; T6: macha macha liofilizado; T7: tomatillo congelado; T8: tomatillo liofilizado; T9: aguaymanto congelado; T10: aguaymanto liofilizado



d) Ceniza

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a los datos de porcentaje de ceniza se observa en la Tabla 31, existiendo diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los frutos (siraca, tankar, macha macha, tomatillo, aguaymanto), una diferencia significativa ($p > 0,05$) entre fruto (liofilizado y congelado) y entre efecto de interacción de ambos y entre fruto (liofilizado y congelado).

Tabla 31 — Análisis de varianza (ANVA) del porcentaje de grasa de frutos, congelado y liofilizado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	9.08	4	2.27	535.09	<0.0001
FC*FL	81.18	1	81.18	19146.4	<0.3790
Fruto*(FC*FL)	7.85	4	1.96	462.84	<0.2887
Error	0.08	20	4.20E-03		
Total	98.19	29			

FC: Fruto Congelado

FL: Fruto Liofilizado

Para la comparación de medias del porcentaje de ceniza en frutos, congelado y liofilizado, se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 3.B.4 y Figura 15), el cual se detalla a continuación:

El T7 (tomatillo congelado 5,66%) y T8 (tomatillo liofilizado 5,48 %) tuvieron los valores más altos con respecto al porcentaje de ceniza, seguido por T10 (aguaymanto liofilizado) y T9 (aguaymanto congelado). El T6 (macha macha liofilizado 2,96%) presentó el valor más bajo de ceniza. Los tratamientos T4 (tankar liofilizado 3,12%), T2 (siraca liofilizado 3,34%), T1 (siraca congelado 3,17%), T3 (tankar congelado 3,43%), T5 (macha macha congelado 3,48%) presentaron valores de ceniza similares.

Como se puede apreciar en la Figura 15, el efecto de la liofilización presentó no presentó mucha diferencia con respecto a los frutos congelados.



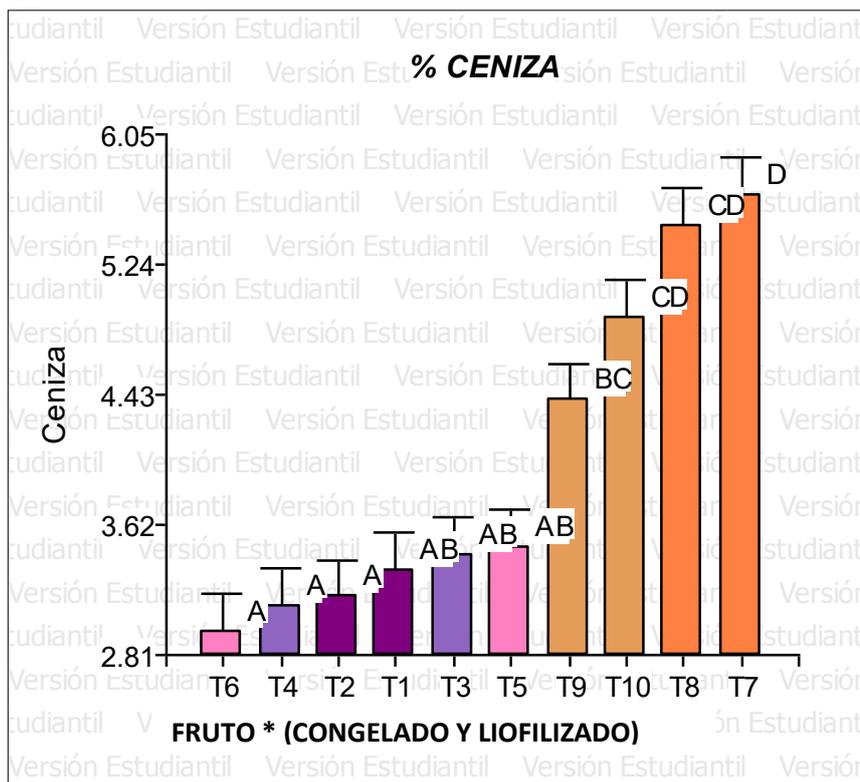


Figura 15 – Porcentaje de ceniza en frutos congelados y liofilizados

T1: siraca congelada; T2: siraca liofilizado; T3: tankar congelado; T4: tankar liofilizado; T5: macha macha congelado; T6: macha macha liofilizado; T7: tomatillo congelado; T8: tomatillo liofilizado; T9: aguaymanto congelado; T10: aguaymanto liofilizado

e) Fibra

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a los datos de porcentaje en fibra se observa en la Tabla 32, evidenciando que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los frutos (siraca, tankar, macha macha, tomatillo, aguaymanto), una diferencia significativa ($p > 0,05$) entre fruto (liofilizado y congelado) y entre efecto de interacción de ambos y entre fruto (liofilizado y congelado).

Tabla 32 — Análisis de varianza (ANVA) porcentaje de fibra en frutos, congelado y liofilizado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	323	4	80.75	133.08	<0.0001
FC*FL	4838.7	1	4838.7	7974.65	<0.6791
Fruto*(FC*FL)	54.63	4	13.66	22.51	<0.7744
Error	12.14	20	0.61		
Total	5228.46	29			

FC: Fruto Congelado
 FL: Fruto Liofilizado

Para la comparación de medias del porcentaje de fibra en frutos, congelado y liofilizado, se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 2.B.5 y Figura 16), el cual se detalla a continuación:

El que obtuvo alto porcentaje de fibra fue T2 (siraca liofilizado 35,9%), igualmente presentaron valores mayores T4 (tankar liofilizado 33,1%) y T10 (aguaymanto liofilizado 31,7%) no difiriendo entre sí. Mientras que el fruto con valor menor fue T8 (tomatillo liofilizado 22,5%). T7 (tomatillo congelado 22,62%). En los frutos congelados T3 (tankar congelado 34,85%) presento mayor porcentaje de fibra. Se observó ligeras variaciones entre los tratamientos T5 (macha macha congelado) y T6 (macha macha liofilizada), T9 (aguaymanto congelado) y T10 (aguaymanto liofilizado) no difirieron entre sí.

El porcentaje de fibra en frutos congelados fue afectado ligeramente con el proceso de liofilización, esto se vio reflejado en el incremento mínimo del porcentaje de fibra en frutos liofilizados.

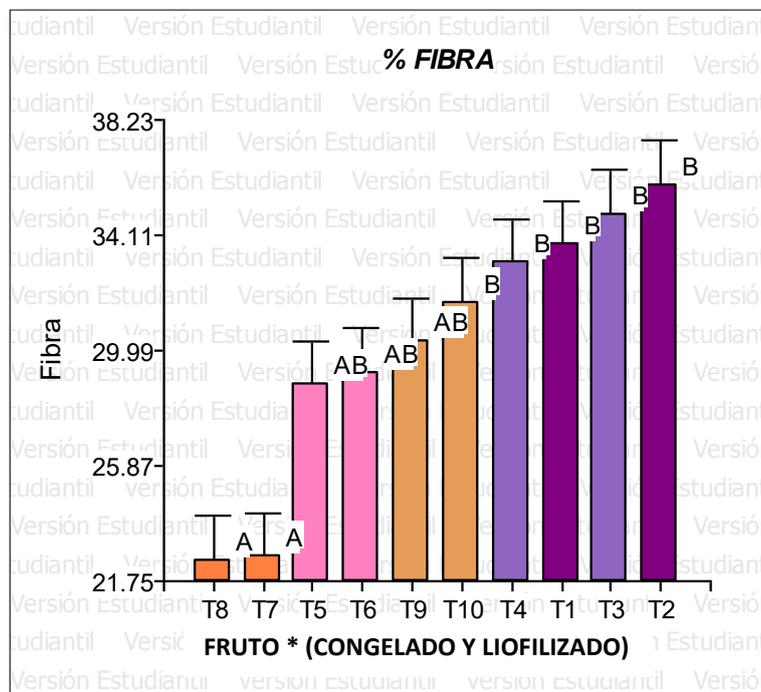


Figura 16 — Porcentaje de fibra en frutos congelados y liofilizados

T1: siraca congelada; T2: siraca liofilizado; T3: tankar congelado; T4: tankar liofilizado; T5: macha macha congelado; T6: macha macha liofilizado; T7: tomatillo congelado; T8: tomatillo liofilizado; T9: aguaymanto congelado; T10: aguaymanto liofilizado



f) Carbohidrato

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a los datos de porcentaje de carbohidrato se observa en la Tabla 33, donde se muestra que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los frutos (siraca, tankar, macha macha, tomatillo, aguaymanto), entre los fruto (lío filizado y congelado) diferencia significativa ($p > 0,05$) y el efecto de la interacción de ambos diferencia significativa ($p < 0,05$).

Tabla 33—Análisis de varianza (ANVA) del porcentaje de carbohidrato en frutos, congelado y lío filizado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	334.04	4	83.51	156.35	<0.0001
FC*FL	37624.54	1	37624.54	70443.87	<0.8378
Fruto*(FC*FL)	162.87	4	40.72	76.23	<0.0001
Error	10.68	20	0.53		
Total	38132.13	29			

FC: Fruto Congelado

FL: Fruto Lío filizado

Para la comparación de medias del porcentaje de carbohidrato en frutos, congelado y lío filizado, se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 3.B.6 y Figura 17), el cual se detalla a continuación:

En frutos lío filizados las medias de carbohidratos para T6 (macha macha lío filizado 88,65%) y T2 (siraca lío filizado 88,61%) fueron mayores y similares, en relación a los tratamientos congelados T9 (aguaymanto congelado 81,07%). Se observó ligeras variaciones entre los tratamientos T9 (aguaymanto congelado 81,07%), T8 (tomatillo lío filizado 81,32%), T4 (tankar lío filizado 82,06%), igualmente entre los tratamientos T8 (aguaymanto lío filizado 83,75%), T5 (macha macha congelado 84,71%) y T3 (tankar congelado 84,74%). Los frutos lío filizados tuvieron mínima significancia en el porcentaje de carbohidratos con respecto a los frutos congelados.



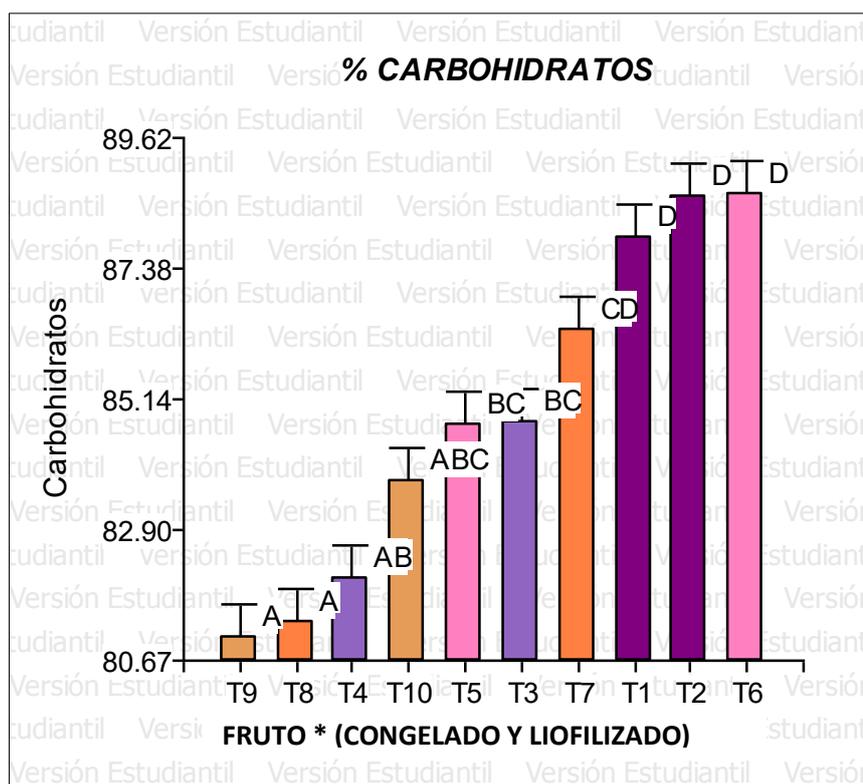


Figura 17 – Porcentaje de carbohidratos en frutos congelados y liofilizados

T1: siraca congelada; T2: siraca liofilizado; T3: tankar congelado; T4: tankar liofilizado; T5: macha macha congelado; T6: macha macha liofilizado; T7: tomatillo congelado; T8: tomatillo liofilizado; T9: aguaymanto congelado; T10: aguaymanto liofilizado

5.1.2.2 Vitaminas

La composición de vitamina de los frutos, congelados y liofilizados, se presenta en base húmeda (b.h.) y base seca (b.s.), Tabla 34.

Tabla 34—Composición de vitaminas (b.s.) en frutos, congelado y liofilizado

Frutos	Vitamina A (mg/100g)		Vitamina E (mg/100g)	
	Congelado	Liofilizado	Congelado	Liofilizado
Siraca	3.23±0.14	1,36±0,10	21.57±9.54	6,83±0,23
Tankar	5.59±0.10	3,64±0,58	14.07±0.37	4,11±0,14**
Macha macha	0.41±0.06	0,31±0,02**	19.89±2.48	5,71±0,04
Tomatillo	125.87±16.67	89,94±0,36	41.04±5.30	17,38±0,09*
Aguaymanto	75.45±3.72	176,24±0,64*	14.79±1.42	6,73±0,91

Los valores en la tabla representan el promedio de 5 especies de frutos con dos frutos (liofilizado y congelado) con 3 repeticiones ± desviación estándar

(*)Valor más alto entre fruto, congelado y liofilizado

(**)Valor más bajo entre fruto, congelado y liofilizado



a) Vitamina A

El análisis de varianza (ANVA) de los datos de vitamina A se observa en la Tabla 35, mostrando diferencia significativa ($p < 0,05$) entre frutos (siraca, tankar, macha macha, tomatillo, aguaymanto), entre fruto (lío filizado y congelado) y el efecto de interacción de ambos.

Tabla 35 — Análisis de varianza (ANVA) de Vitamina A en frutos, congelado y lío filizado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	42916.16	4	10729.04	119985.65	<0.0001
FC*FL	17723.11	1	17723.11	198202.13	<0.0001
Fruto*(FC*FL)	30935.49	4	7733.87	86489.9	<0.0001
Error	1.79	20	0.09		
Total	91576.55	29			

FC: Fruto Congelado

FL: Fruto Lío filizado

Para la comparación de medias de vitamina A en frutos, congelado y lío filizado, se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 3.C.1 y Figura 18), el cual se detalla a continuación:

En la interacción fruto congelado y lío filizado, se observó que T10 (aguaymanto lío filizado 176,24 mg/100g) y T8 (tomatillo lío filizado 89,96 mg/100g) presentaron valores mayores y el tratamiento T5 (macha macha congelado 0,41 mg/100g) y T6 (macha macha lío filizada 0,31mg/100g) fue el valor menor. En los frutos lío filizados T6 (macha macha lío filizado 0,31 mg/100g), T2 (siraca lío filizado 1,35 mg/100g) y T4 (tankar lío filizado 3,64 mg/100g) presentaron menor contenido de vitamina A. Los frutos congelados T7 (tomatillo congelado 125,87 mg/100g) y T9 (aguaymanto congelado 75, 45 mg/100g) presentaron valores mayores y similares entre sí. El lío filizado tuvo efecto estadístico significativo en relación al contenido de vitamina A de frutos congelados, esto se vio reflejado en la disminución de vitamina A.



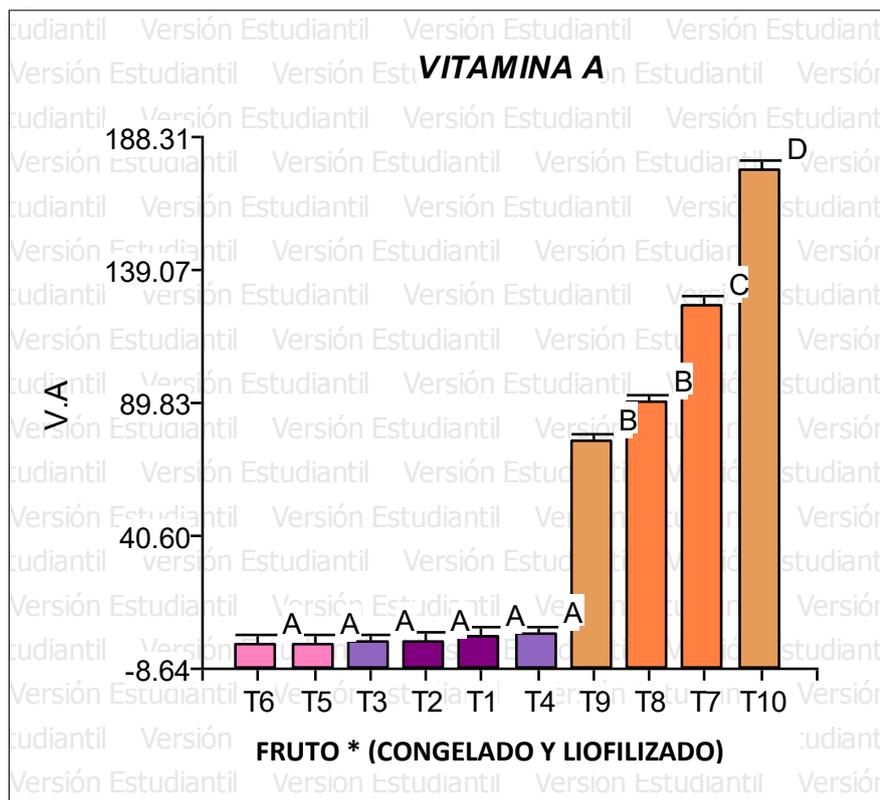


Figura 18 – Vitamina A en frutos congelados y liofilizados

T1: siraca congelada; T2: siraca liofilizado; T3: tankar congelado; T4: tankar liofilizado; T5: macha macha congelado; T6: macha macha liofilizado; T7: tomatillo congelado; T8: tomatillo liofilizado; T9: aguaymanto congelado; T10: aguaymanto liofilizado

b) Vitamina E

El análisis de varianza (ANVA) de los datos de vitamina E se observa en la Tabla 36, mostrando diferencia significativa ($p < 0,05$) entre frutos (siraca, tankar, macha macha, tomatillo, aguaymanto), entre fruto (liofilizado y congelado) y el efecto de interacción de ambos.

Tabla 36 – Análisis de varianza (ANVA) de vitamina E en frutos, congelado y liofilizado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	220.88	4	55.22	80.07	<0.0001
FC*FL	169.78	1	169.78	246.2	<0.0001
Fruto*(FC*FL)	136.27	4	34.07	49.4	<0.0001
Error	13.79	20	0.69		
Total	540.72	29			

FC: Fruto Congelado
 FL: Fruto Liofilizado

Para la comparación de medias de vitamina E en frutos, congelado y liofilizado, se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 3.C.2 y Figura 19), el cual se detalla a continuación:



El tratamiento con alto contenido de vitamina E fue T7 (tomatillo congelado 41,04 mg/100g) y el de bajo contenido T3 (tankar congelado 2,46 mg/100g). En los frutos congelados, T1 (Siraca congelado 21,57 mg/100g) y T6 (macha macha congelado 19,89 mg/100g) presentaron valores mayores y similares entre sí. En los frutos liofilizados el tratamiento T4 (tankar liofilizado 4,11 mg/100g) obtuvo el valor más bajo. Se observó ligeras variaciones entre los tratamientos T10 (aguaymanto liofilizado 6,73 mg/100g), T2 (siraca liofilizado 6,83 mg/100g) y T6 (macha macha liofilizada 5,71 mg/100g), igualmente T10 (aguaymanto congelado 14,79 mg/100g), T7 (tomatillo liofilizado 17,38 mg/100g), T6 (macha macha congelada 19,89 mg/100g) y T2 (siraca congelado 21,57 mg/100g) no difirieron entre sí.

Los frutos liofilizados tuvieron mayor significancia en el contenido de vitamina E, resaltándose que los frutos liofilizados tuvieron valores más bajos que los congelados.

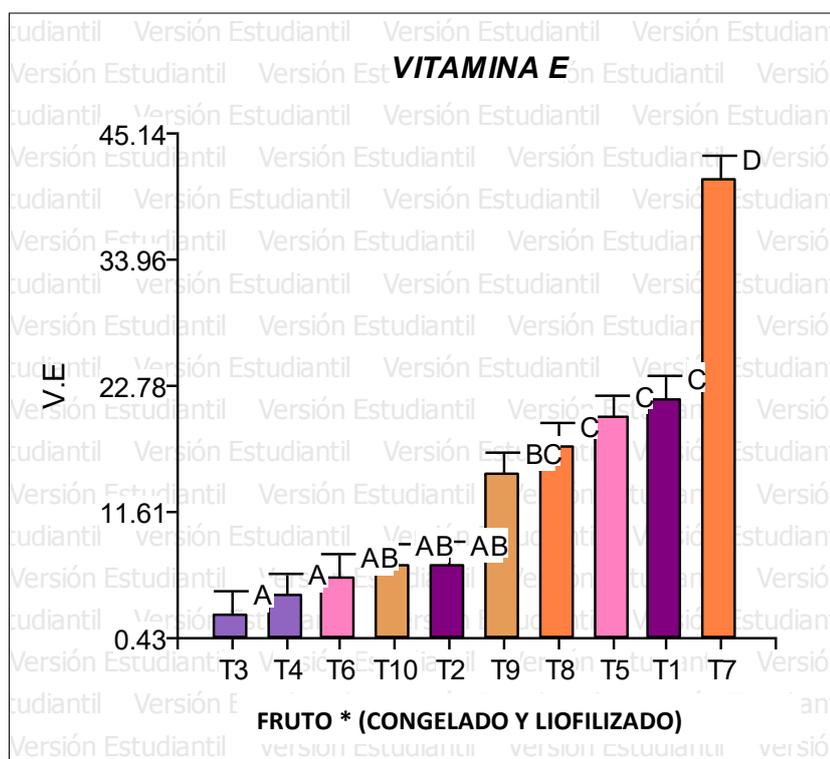


Figura 19 — Vitamina E en frutos congelados y liofilizados

T1: siraca congelada; T2: siraca liofilizado; T3: tankar congelado; T4: tankar liofilizado; T5: macha macha congelado; T6: macha macha liofilizado; T7: tomatillo congelado; T8: tomatillo liofilizado; T9: aguaymanto congelado; T10: aguaymanto liofilizado



5.1.2.3 Minerales

Los minerales en frutos, congelados y liofilizados cuyos resultados se observan en el anexo 2.B y en las Tablas 39 y 40 se presentan el promedio en base húmeda y base seca.

Tabla 37 — Composición de minerales (b.s.) en frutos, congelado y liofilizado

Frutos	Calcio (mg/100g)		Fosforo (mg/100g)		Hierro (mg/100g)	
	Congelado	Liofilizado	Congelado	Liofilizado	Congelado	Liofilizado
Siraca	74,40±1,03	58,6±1,54*	41,25±2,24	38±1,73	2,13±0,33	1,8±0,04
Tankar	16,55±1,65	11,2±0,36**	34,35±3,10	32,6±0,6	1,25±0,37	1,3±0,07**
Macha macha	196,08±88,95	228,7±3,11	23,61±10,75	21,3±1,04**	3,63±1,65	3,46±0,18
Tomatillo	47,78±28,37	38±1,08	33,21±18,19	30,9±1,61	4,42±2,42	4,3±0,11*
Aguaymanto	38,71±2,02	43,6±0,72	35,30±1,94	42,9±0,26*	6,38±7,66	2,0±0,18

Los valores en la tabla representan el promedio de 5 especies de frutos y fruto (congelado y liofilizado) con 3 repeticiones ± la desviación estándar

(*)Valor más alto entre fruto, congelado y liofilizado

(**)Valor más bajo entre congelado y liofilizado

a) Calcio

El (ANVA) para los datos de calcio se observa en la Tabla 38, donde se muestra que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre frutos (siraca, tankar, macha macha, tomatillo, aguaymanto) existe diferencia significativa ($p > 0,05$), entre fruto (liofilizado y congelado) y el efecto de interacción de ambos existe diferencia significativa ($p < 0,05$).

Tabla 38 — Análisis de varianza (ANVA) de calcio en frutos, congelado y liofilizado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	53055.81	4	13263.95	7605.13	<0.0001
FC*FL	31855.42	1	31855.42	18264.89	<0.5552
Fruto*(FC*FL)	38679.28	4	9669.82	5544.37	<0.0001
Error	34.88	20	1.74		
Total	123625.39	29			

FC: Fruto Congelado

FL: Fruto Liofilizado

Para la comparación de medias de calcio en frutos, congelado y liofilizado, se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 3.D.1 y Figura 20), el cual se detalla a continuación:



El fruto macha macha presento valor alto de calcio en congelado y liofilizado, T6 (macha macha liofilizado 228,7 mg/100g) y T5 (macha macha congelado 196,08 mg/100g); y el fruto tankar presento los valores más bajos, T4 (tankar liofilizado 11,2 mg/100g) y T3 (tankar congelado 16,55 mg/100g). Se muestra ligeras variaciones entre los tratamientos T8 (tomatillo liofilizado 38 mg/100g) y T9 (aguaymanto congelado 38,71 mg/100g), también en los tratamientos T10 (aguaymanto liofilizado 43,60 mg/100g), T7 (tomatillo congelado 47,78 mg/100g); este comportamiento también fue observado para los tratamientos T1 (siraca congelado 74,40 mg/100g) y T2 (siraca liofilizado 59,30 mg/100g). Los frutos liofilizados tienen mayor significancia en el contenido del mineral calcio, observándose que los frutos liofilizados tuvieron valores más relativamente bajos que los congelados a diferencia del fruto macha macha que en el proceso de liofilización se obtuvo el mayor valor.

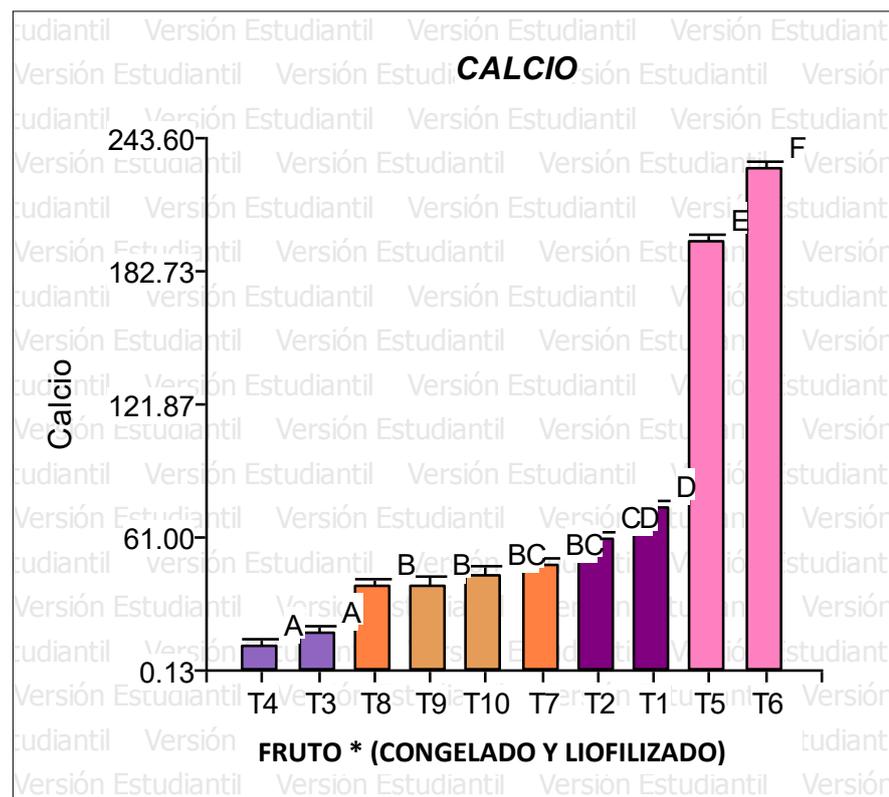


Figura 20 — Calcio en frutos congelados y liofilizados

T1: siraca congelada; T2: siraca liofilizado; T3: tankar congelado; T4: tankar liofilizado; T5: macha macha congelado; T6: macha macha liofilizado; T7: tomatillo congelado; T8: tomatillo liofilizado; T9: aguaymanto congelado; T10: aguaymanto liofilizado



b) Fosforo

El (ANVA) aplicado a los datos de fosforo se observa en la Tabla 39, donde se muestra que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre frutos (siraca, tankar, macha macha, tomatillo, aguaymanto) donde se muestra que existe diferencia significativa ($p > 0,05$), entre fruto (liofilizado y congelado) y el efecto de interacción de ambos donde existe diferencia significativa ($p < 0,05$).

Tabla 39 — Análisis de varianza (ANVA) de fosforo en frutos, congelado y liofilizado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	654.79	4	163.7	217.76	<0.0001
FC*FL	5640.57	1	5640.57	7503.35	<0.6180
Fruto*(FC*FL)	244.41	4	61.1	81.28	<0.0001
Error	15.03	20	0.75		
Total	6554.8	29			

FC: Fruto Congelado

FL: Fruto Liofilizado

Para la comparación de medias del contenido de fosforo en frutos, congelado y liofilizado, se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 3.D.2 y Figura 21), el cual se detalla a continuación:

El liofilizado tuvo efecto sobre el contenido de fósforo en el fruto de aguaymanto teniéndose valores en el T10 (aguaymanto liofilizado 42,90 mg/100g) con respecto a T9 (aguaymanto congelado 35,30 mg/100g). Se observa que los valores más altos T10 (aguaymanto liofilizado 42,9 mg/100g), T1 (siraca congelado 41,25 mg/100g), T2 (siraca liofilizado 38 mg/100g) y con respecto a los valores bajos encontrados en los tratamientos T5 (macha macha congelado 23,61 mg/100g) y T6 (macha macha liofilizado 21,30 mg/100g), y similares entre sí. Los tratamientos que presentaron valores similares también fueron T8 (tomatillo liofilizado 30,90 mg/100g), T4 (tankar liofilizado 32,60 mg/100g), T7 (tomatillo congelado 33,21 mg/100g), T3 (tankar congelado 34,35 mg/100g), T10 (aguaymanto congelado 35,30 mg/100g) y el T2 (siraca liofilizado 38 mg/100g).

El contenido del mineral fosforo en frutos congelados se vio afectado de forma mínima por el liofilizado, a diferencia del fruto aguaymanto que en el proceso de liofilización se obtuvo el mayor valor.



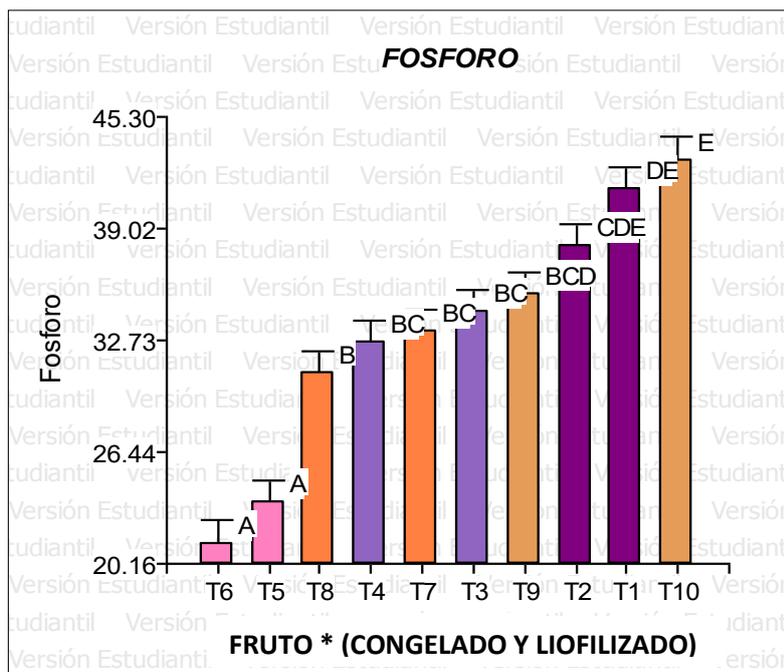


Figura 21 — Fosforo en frutos congelados y liofilizados

T1: siraca congelada; T2: siraca liofilizado; T3: tankar congelado; T4: tankar liofilizado; T5: macha macha congelado; T6: macha macha liofilizado; T7: tomatillo congelado; T8: tomatillo liofilizado; T9: aguaymanto congelado; T10: aguaymanto liofilizado

c) Hierro

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a los datos de hierro se observa en la Tabla 40, donde se muestra que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre frutos (siraca, tankar, macha macha, tomatillo, Aguaymanto), se muestra que existe diferencia significativa ($p > 0,05$) entre fruto (liofilizado y congelado) y el efecto de interacción de ambos.

Tabla 40 — Análisis de varianza (ANVA) de hierro en frutos, congelado y liofilizado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	9.68	4	2.42	12	<0.0001
FC*FL	30.6	1	30.6	151.78	<0.2799
Fruto*(FC*FL)	10.72	4	2.68	13.3	<0.4764
Error	4.03	20	0.2		
Total	55.04	29			

FC: Fruto Congelado, FL: Fruto Liofilizado

Para la comparación de medias de hierro contenido en frutos, congelado y liofilizado, se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 3.D.3 y Figura 22), el cual se detalla a continuación:

Los frutos liofilizados tuvieron disminución de hierro con respecto a los frutos. Los tratamientos que obtuvieron alto contenido de hierro fueron T9 (aguaymanto congelado 6,38 mg/100g) seguido por T7 (tomatillo congelado 4,42 mg/100g), T8 (tomatillo liofilizado 4,30 mg/100g), con valores similares entre sí; seguido por los tratamientos T5 (macha macha congelado 3,63 mg/100g), T6 (macha macha liofilizado 3,46 mg/100g). Los tratamientos T3 (tankar congelado 1,25 mg/100g) presento el valor más bajo de hierro, seguido por T4 (tankar liofilizado 1,30 mg/100g), T1 (Siraca liofilizado 1,80 mg/100g); se observó ligeras variaciones de hierro entre los tratamientos y T10 (aguaymanto liofilizado 2 mg/100g).

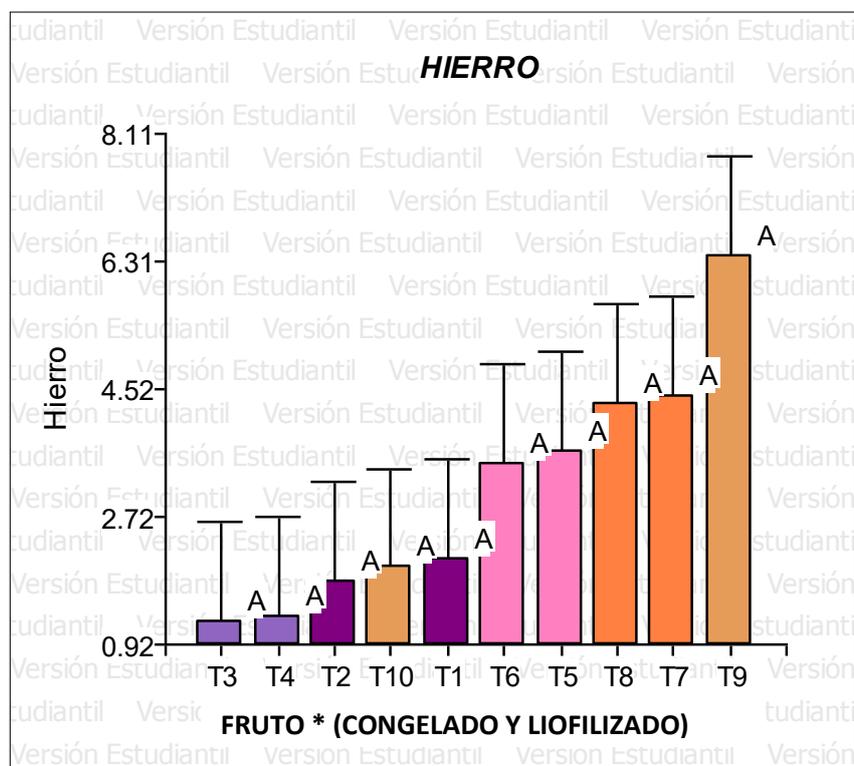


Figura 22 — Hierro en frutos, congelado y liofilizado

T1: siraca congelada; T2: siraca liofilizado; T3: tankar congelado; T4: tankar liofilizado; T5: macha macha congelado; T6: macha macha liofilizado; T7: tomatillo congelado; T8: tomatillo liofilizado; T9: aguaymanto congelado; T10: aguaymanto liofilizado



5.1.3 Composición bioactiva de frutos congelados y liofilizados.

La composición bioactiva de frutos congelados y liofilizados, cuyos resultados se observan en el anexo 2.C y el promedio en base húmeda y base seca tabla 41.

Tabla 41 — Composición bioactiva (b.s.) de frutos, congelado y liofilizado

Análisis		Frutos				
		Siraca	Tankar	Machamacha	Tomatillo	Aguaymanto
Polifenoles Totales (mg Eq AG/100g)	Congelado	403.23±15.38	554.3±18.01	433.22±46.30	601.98±81.33	73.45±1.15
	Liofilizado	165,77±2,16	206,59±1,89*	164,13±1,04	144,59±1,97	66,3±1,11**
Antocianinas Totales (mg Eq cianidina-3-glucósido/100g)	Congelado	23,96±4,33	121,78±4,33	1,44±0,00		
	Liofilizado	2,90±0,01	5,42±0,04*	1,01±0,001**	-----	-----
Carotenoides Totales (mg/100g)	Congelado	30,61±1.95	53.78±31.57	0.41±0.06	476.50±63.50	107.09±5.04
	Liofilizado	4,32±0,12	4,32±0,12	0,31±0,02**	357,85±2,13*	272,95±2,51
Capacidad antioxidante mg Eq Trolox CI50/100g	Congelado	61.14±2.06	467.21±15.94	208.23±24.13	232.59±30.27	134.12±5.09
	Liofilizado	232,19±1,74	277,91±0,25**	82,69±0,32	54,83±0,91*	107,46±0,46

Los valores en la tabla representan el promedio de 5 especies de frutos y fruto (congelado y liofilizado) con 3 repeticiones ± la desviación estándar

(*)Valor más alto entre fruto congelado y liofilizado

(**)Valor más bajo entre fruto congelado y liofilizado

a) Polifenoles totales

El (ANVA) aplicado a los datos de polifenoles totales se observa en la Tabla 42, donde se muestra que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre frutos (siraca, tankar, macha macha, tomatillo, aguaymanto), entre fruto (liofilizado y congelado) y el efecto de interacción de ambos.

Tabla 42 — Análisis de varianza (ANVA) de polifenoles totales de frutos, congelado y liofilizado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	43467.95	4	10866.99	6211.15	<0.0001
FC*FL	54235.2	1	54235.2	30998.73	<0.0001
Fruto*(FC*FL)	4512.73	4	1128.18	644.82	<0.0001
Error	34.99	20	1.75		
Total	102250.87	29			

FC: Fruto Congelado, FL: Fruto Liofilizado



Para la comparación de medias de polifenoles totales en frutos, congelado y liofilizado, se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 3.E.1 y Figura 23), el cual se detalla a continuación:

El tratamiento con alto contenido de polifenoles totales fue T7 (tomatillo congelado 601,98 mg Eq AG/100g), igualmente presentaron valores mayores T3 (tankar congelado 554,64 mg Eq AG/100g), T5 (macha macha congelado 433,22 mg Eq AG/100g) T1 (siraca congelado 405,49 mg Eq AG/100g), mientras que los tratamientos con valores intermedios fueron T4 (tankar liofilizado 206,59 mg Eq AG/100g), T2 (siraca liofilizado 165,77 mg Eq AG/100g), T6 (macha macha liofilizado 164,13 mg Eq AG/100g) y T8 (tomatillo liofilizado 144,59 mg Eq AG/100g); los valores más bajos presentaron los tratamientos T10 (aguaymanto liofilizado 66,30 mg Eq AG/100g) y T9 (aguaymanto congelado 73,45 mg Eq AG/100g) respectivamente. El proceso de liofilizado tuvo un efecto de descendencia con respecto a los valores obtenidos en frutos congelados.

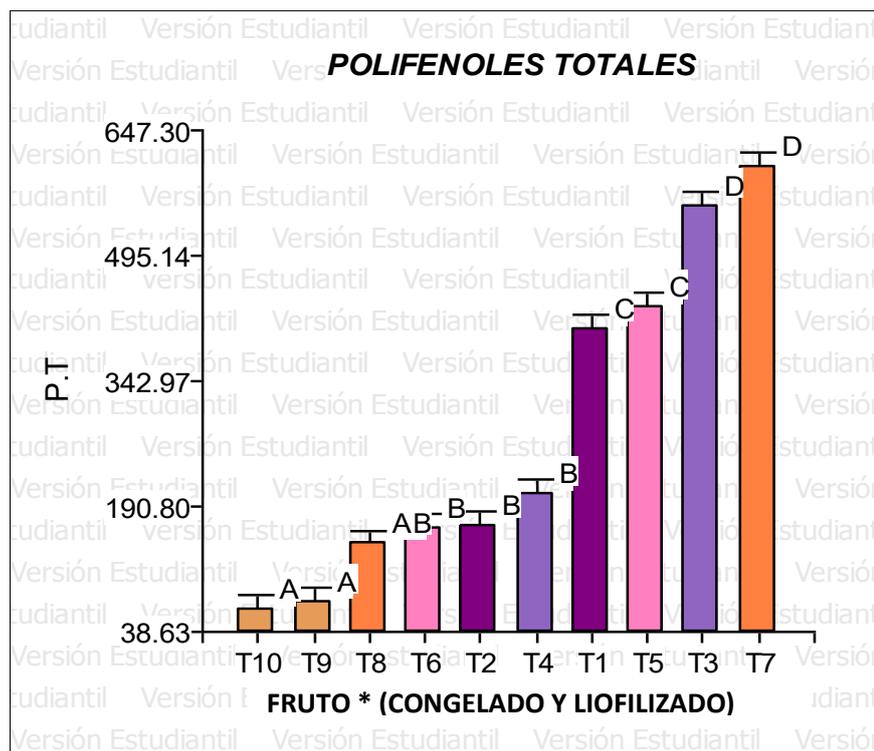


Figura 23 — Polifenoles totales de frutos congelados y liofilizados

T1: siraca congelada; T2: siraca liofilizado; T3: tankar congelado; T4: tankar liofilizado; T5: macha macha congelado; T6: macha macha liofilizado; T7: tomatillo congelado; T8: tomatillo liofilizado; T9: aguaymanto congelado; T10: aguaymanto liofilizado

b) Antocianinas totales

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a los datos de antocianinas totales, se observa en la Tabla 43, donde existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre frutos (siraca, tankar, macha macha, tomatillo, aguaymanto), entre fruto (liofilizado y congelado) y el efecto de interacción de ambos.

Tabla 43 — Análisis de varianza (ANVA) de antocianinas totales en fruto, congelado y liofilizado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	793.41	2	198.35	267045.55	<0.0001
FC*FL	105.89	1	105.89	142560.47	<0.0001
Fruto*(FC*FL)	262.34	4	65.58	88297.72	<0.0001
Error	0.01	20	7.40E-04		
Total	1161.65	29			

FC: Fruto Congelado, FL: Fruto Liofilizado

Para la comparación de medias de antocianinas totales en frutos, congelado y liofilizado, se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 3.E.2 y Figura 24), el cual se detalla a continuación:

El tratamiento T3 (tankar congelado 121,78 mg Eq cianidina-3-glucósido/100g) presento valor mayor y T6 (macha macha liofilizado 1,01 mg Eq cianidina-3-glucósido/100g) el valor menor, seguido por T2 (siraca liofilizado 2,90 mg Eq cianidina-3-glucósido/100g) y T4 (Tankar liofilizado 5,42 mg Eq cianidina-3-glucósido/100g), los valores intermedios tuvieron los tratamientos T1 (siraca congelado 23,96 mg Eq cianidina-3-glucósido/100g) y T5 (macha macha congelado 12,77 mg Eq cianidina-3-glucósido/100g). Se observó un efecto del proceso de liofilización con respecto a la reducción de antocianinas totales en el fruto del tankar.



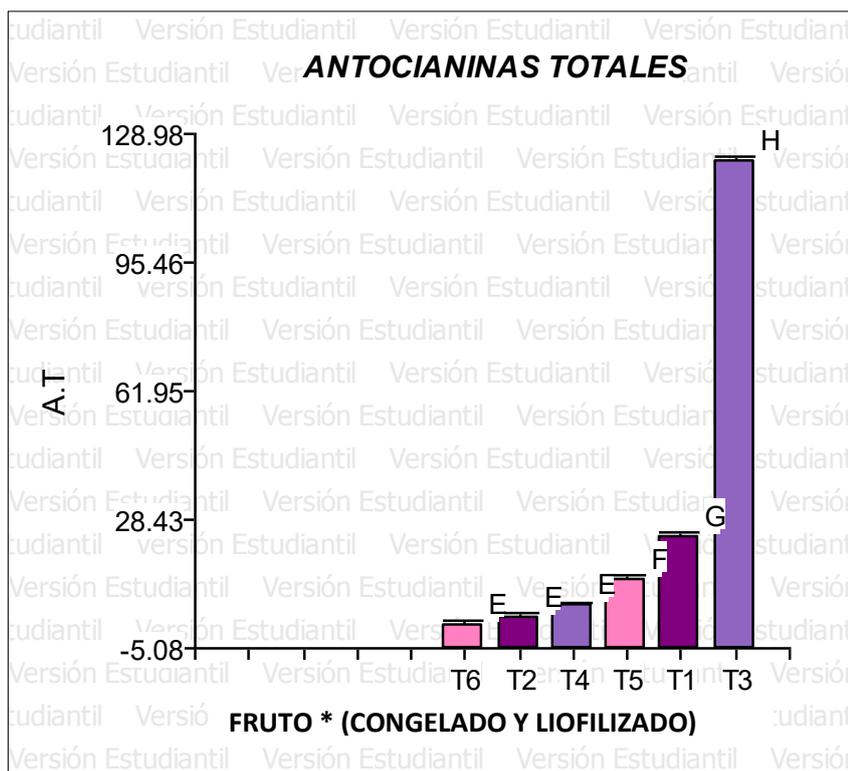


Figura 24 — Antocianinas totales de fruto, congelado y liofilizado

T1: siraca congelada; T2: siraca liofilizado; T3: tankar congelado; T4: tankar liofilizado; T5: macha macha congelado; T6: macha macha liofilizado

c) Carotenoides totales

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a los datos de carotenoides totales, se observa en la Tabla 44, donde existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre frutos (siraca, tankar, macha macha, tomatillo, aguaymanto), entre fruto (liofilizado y congelado) y el efecto de interacción de ambos.

Tabla 44 — Análisis de varianza (ANVA) de carotenoides en frutos, congelado y liofilizado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	220149.64	4	55037.41	13117	<0.0001
FC*FL	91853.44	1	91853.44	21891.32	<0.0001
Fruto*(FC*FL)	146753.05	4	36688.26	8743.87	<0.0001
Error	83.92	20	4.2		
Total	458840.05	29			

FC: Fruto Congelado, FL: Fruto Liofilizado

Para la comparación de medias de carotenoides en frutos, congelado y liofilizado, se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 3.E.3 y Figura 26), la cual se detalla a continuación:



El liofilizado incremento los carotenoides totales en el fruto del aguaymanto T10 (aguaymanto liofilizado 272,95 mg/100g) con respecto a T9 (aguaymanto congelado 107,09 mg/100g). Sin embargo, disminuyo en los tratamientos T4 (tankar liofilizado 4,32 mg/100g) y T2 (siraca liofilizado 4,32 mg/100g). En los frutos congelados T7 (tomatillo congelado 476,50 mg/100g) presento el valor mayor, seguido por T9 (aguaymanto congelado 107,09 mg/100g), T3 (tankar congelado 53,78 mg/100g) y T1 (siraca congelado 30,61 mg/100g); y T6 (macha macha liofilizado 0,31 mg/100g), T5 (macha macha congelado 0,05 mg/100g) presento el valor menor respectivamente.

Los valores de carotenoides totales del liofilizado tuvo efectos estadísticos significativos comparados con los frutos congelados en la disminución, en la Figura 25 se observa el fruto tuvo mayo efecto en el liofilizado, incrementándose considerablemente.

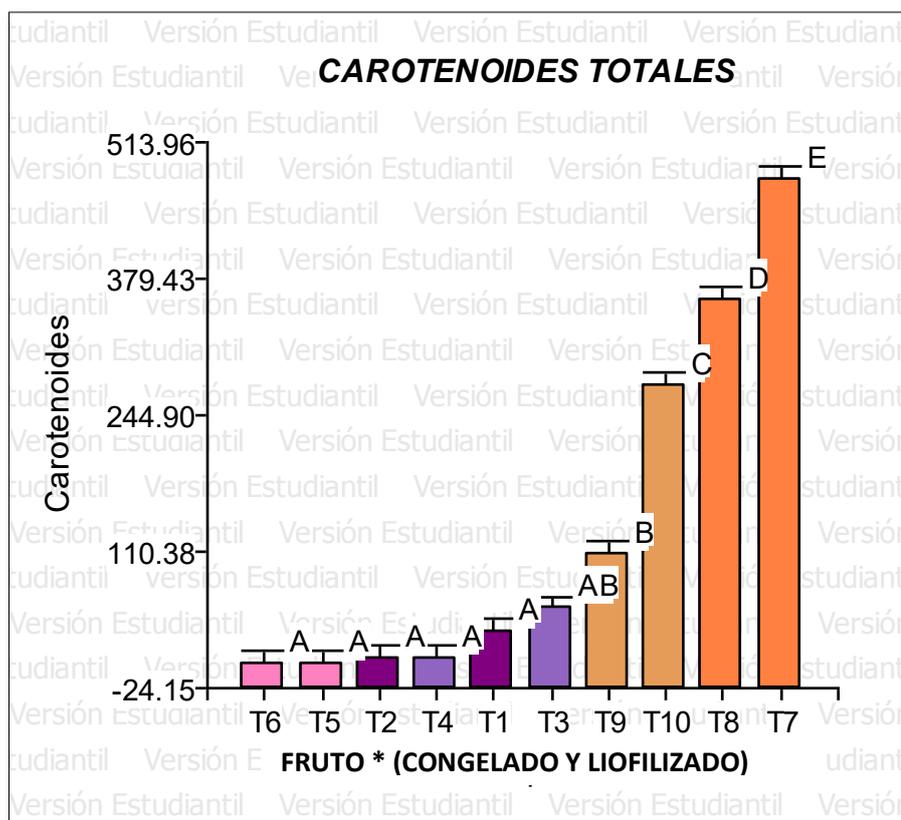


Figura 25 — Carotenoides en frutos, congelado y liofilizado

T1: siraca congelada; T2: siraca liofilizado; T3: tankar congelado; T4: tankar liofilizado; T5: macha macha congelado; T6: macha macha liofilizado; T7: tomatillo congelado; T8: tomatillo liofilizado; T9: aguaymanto congelado; T10: aguaymanto liofilizado.



d) Capacidad antioxidante

El análisis de varianza (ANVA) aplicado a los datos capacidad antioxidante, se observa en la Tabla 49, donde se muestra que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre frutos (Siraca, Tankar, Macha macha, Tomatillo, Aguaymanto), entre los fruto (liofilizado y congelado) y el efecto de la interacción de ambos.

Tabla 45 — Análisis de varianza (ANVA) de capacidad antioxidante en frutos, congelado y liofilizado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Fruto	82083.66	4	20520.91	46275.9	<0.0001
FC*FL	103382.44	1	103382.44	233133.63	<0.0001
Fruto*(FC*FL)	42276.57	4	10569.14	23834.06	<0.0001
Error	8.87	20	0.44		
Total	227751.54	29			

FC: Fruto Congelado, FL: Fruto Liofilizado

Para la comparación de medias de capacidad antioxidante de frutos, congelado y liofilizado, se utilizó la prueba de Tukey (Ver Anexo 3.E.4 y Figura 25), el cual se detalla a continuación:

El fruto de tankar obtuvo los valores más altos en los tratamientos T3 (tankar congelado 467,21 mg Eq Trolox CI50/100g) y T4 (tankar liofilizado 277,91 mg Eq Trolox CI50/100g), seguido por T7 (tomatillo congelado 232,58 mg Eq Trolox CI50/100g), T2 (Siraca liofilizado 232,19 mg Eq Trolox CI50/100g) y T5 (macha macha congelado 208,23 mg Eq Trolox CI50/100g). con respecto a los tratamientos con valores menores en capacidad antioxidante fueron T8 (tomatillo liofilizado 54,83 mg Eq Trolox CI50/100g), T1 (siraca congelado 61,14 mg Eq Trolox CI50/100g) y T6 (macha macha liofilizado 82,70 mg Eq Trolox CI50/100g); el fruto aguaymanto obtuvo valores intermedios con respecto al poder de capacidad antioxidante teniendo los valores en los tratamientos T9 (aguaymanto congelado 134,12 mg Eq Trolox CI50/100g) y T10 (aguaymanto liofilizado 107,46 mg Eq Trolox CI50/100g) presentaron capacidad antioxidante similar. El proceso del liofilizado disminuyó los valores de capacidad antioxidante con respecto a los frutos congelados.



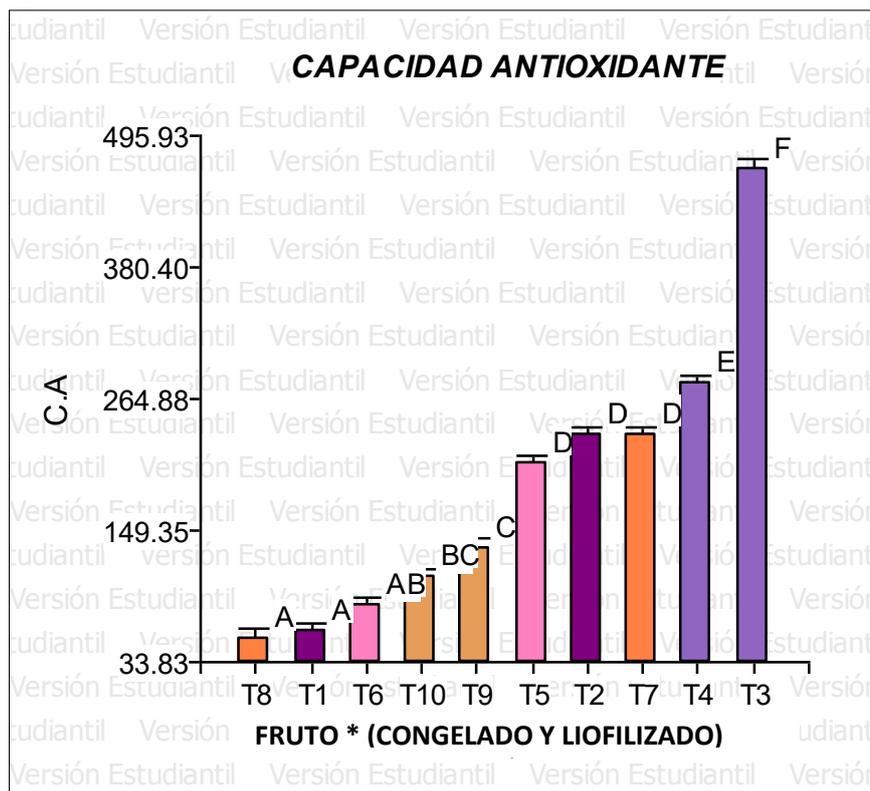


Figura 26 – Capacidad antioxidante en frutos, congelado y liofilizado

T1: siraca congelada; T2: siraca liofilizado; T3: tankar congelado; T4: tankar liofilizado; T5: macha macha congelado; T6: macha macha liofilizado; T7: tomatillo congelado; T8: tomatillo liofilizado; T9: aguaymanto congelado; T10: aguaymanto liofilizado



5.2 Contrastación de hipótesis

Hipótesis General: Los frutos andinos (congelados y liofilizados), aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), tomatillo (*Cyphomandra betacea*), macha macha (*Pernettya prostrata* (Cav.)), tankar (*Berberis boliviana* L.) y siraca (*Rubus robustus*- P) de la región de Apurímac, presentan potencial de nutrientes y compuestos bioactivos.

La hipótesis general para su contrastación se compone de la siguiente manera:

a) Composición fisicoquímica

Hipótesis secundaria 1:

Existen diferencias significativas en el contenido de humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra, carbohidratos de cinco frutos congelados y liofilizados.

Contrastación de la hipótesis secundaria 1:

Ho: La composición nutricional, bioactiva de los 5 frutos, congelados y liofilizados, son similares. $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_5$

Ha: Al menos un fruto congelado y liofilizado de los frutos andinos difiere en la composición nutricional y bioactiva.

$$\mu_1 \neq \mu_k$$

Según las tablas (29, 30, 31, 32, 33 y 34) de Análisis de varianza de composición fisicoquímica de frutos, congelado y liofilizado, son similares porque el grado de significancia es mayor que 0,05; entonces se rechaza la Ha.

La hipótesis secundaria 1, queda así:

Existe similitud en la composición nutricional de las cinco frutas congeladas y liofilizadas.

b) Composición de vitaminas

Hipótesis secundaria 2:

Existen diferencias de contenido de vitamina A y vitamina E de cinco frutos, congelados y liofilizados.

Contrastación de la hipótesis secundaria 2:

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_5$$

$$\mu_1 \neq \mu_k$$

Según las tablas (35, 36) de Análisis de varianza de composición de vitaminas en frutos, congelado y liofilizado, son similares significativas porque el grado de significancia es mayor que 0,05, entonces se acepta la hipótesis nula.

La hipótesis secundaria 2 queda así:



Existe similitud en la composición de vitaminas de las cinco frutas congeladas y liofilizadas.

c) Composición de minerales

Hipótesis secundaria 3:

Existen diferencias significativas en el contenido del mineral Ca, P y Fe en cinco frutos, congelado y liofilizado.

Contrastación de la hipótesis secundaria 3:

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_5$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_k$

Según las tablas (38, 39 y 40) de Análisis de varianza de composición de minerales en frutos, congelado y liofilizado, no existen diferencias significativas porque el grado de significancia es mayor que 0,05.

La hipótesis secundaria 3 queda así:

La composición de minerales de los cinco frutos, congelado y liofilizado son similares.

d) Composición de polifenoles totales

Hipótesis secundaria 4:

Existen diferencias significativas en el contenido de polifenoles totales, antocianinas totales, carotenoides totales y capacidad antioxidante en cinco frutos, congelado y liofilizado.

Contrastación de la hipótesis secundaria 4:

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_5$

Ha: $\mu_1 \neq \mu_k$

Según las tablas (46, 47, 48 y 49) de Análisis de varianza de composición bioactiva en frutos, congelado y liofilizado, existe diferencias significativas porque el grado de significancia es menor que 0,05.

La hipótesis secundaria 4 queda así:

Existen diferencias significativas en la composición bioactiva en cinco frutos, congelado y liofilizado y rechazamos la Ho.



5.3 Discusión

A partir de los resultados obtenidos se procede a la evaluación de los mismos según detalle:

5.3.1 Características fisicoquímicas

a) pH

El valor de acides activa del tratamiento T1 (siraca congelado) fue similar al pH (2,60) relatado por (YANAHULLCA, 2019) y pH (2,61) citado por (ZUOLETA, 2017) para siraca en estado fresco. Sin embargo, difirió del valor (3,4±0,02) para siraca en estado fresco relatado por (VALENCIA, y otros, 2013). El tratamiento T3 (tankar congelado) difirió del valor pH (3,37±0,25) para fruto *Berberis lobbiana* (ROSALES, 2015) en estado maduro. Probablemente estas diferencias de valores son influenciadas por las especies del fruto, condiciones de suelo y clima y presencia de ácidos orgánicos durante el proceso de maduración (ZUOLETA, 2017), (ROSALES, 2015).

b) Sólidos solubles totales

Los °Brix del tratamiento T1 (siraca congelado) difirió del valor (9,6±0,27°Brix) relatado por (YANAHULLCA, 2019) en frutos frescos siraca, y fue cercano a los valores (6,53±1,29°Brix) y (8,11±1,39°Brix) para los estados de madurez 5 y 6 relatados por (MORENO, y otros, 2016), clasificación que utilizó la tabla de color de mora de Castilla. Los °Brix 4,53±0,04 del tratamiento T5 (macha macha congelado) fue diferente al valor (9,8±0,1) reportado por (BRAUL, 2016) en fruto fresco. Los tratamientos T7 (tomatillo congelado) y T9 (aguaymanto congelado) con °Brix 10,00 difirió de los valores 11,00°Brix y 13,80°Brix relatado por (FERNADEZ, y otros, 2020) para frutos frescos de Tomatillo y Aguaymanto respectivamente.

Las diferencias observadas entre los diferentes frutos y con respecto a los valores encontrados en la literatura pueden ser explicadas por la acumulación de solutos en las vacuolas, puesto que a medida que avanza el proceso de maduración en el fruto, estos solutos son convertidos en azúcares (MORENO, y otros, 2016), situación que también fue observada en el estudio de (AYALA, y otros, 2013) quienes encontraron un aumento de SST de estado 5 al estado 6 en mora de Castilla. Los valores menores de sólidos solubles observado en los frutos en estudio podría deberse al periodo de congelación que permanecieron los mismos. (MEGIA et al., 2006) observó disminución en los sólidos solubles del fruto Arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) durante el almacenamiento



congelado por seis meses, debido a la fermentación de los carbohidratos por procesos anaerobios.

c) Color

(CEPEDA, 2019) y (CHEN, y otros, 2007) describen que la coordenada a^* está asociado a los colores (- verde, + rojo), b^* (-azul, + amarillo) y L^* (luminosidad). En nuestro estudio los tratamientos T1 y T3 presentaron baja luminosidad, debido a que el oscurecimiento de la superficie de las frutas analizadas bajó el nivel de luminosidad (L^*). Los tratamientos T9 (aguaymanto congelado) y T7 (tomatillo congelado) presentaron luminosidad intermedia entre los grupos y el T5 (macha macha congelado) se caracterizó por alta luminosidad. Los valores encontrados para las coordenadas de los tratamientos T9 (aguaymanto congelado) y T7 (tomatillo congelado) difirieron de los valores encontrados en la literatura L^* : 60.11 ± 0.71 ; a^* : 40.77 ± 0.6 ; b^* : 59.73 ± 0.63 y L^* $47,62$; a^* $29,59$; b^* $32,84$ en los frutos frescos de aguaymanto (DIAZ, 2018) y tomatillo (NAVARRO, 2017) respectivamente. Es decir que el fruto Aguaymanto en estudio fue más oscuro, estas diferencias estarían relacionadas con la variedad y condiciones de cultivo. (VELASQUEZ, 2019) relato diferencias entre los valores de cromacidad para dos ecotipos de aguaymanto en estado fresco L^* : $51,43 \pm 4,79$; a^* : $19,23 \pm 0,59$; b^* : $55,83 \pm 1,53$ para el ecotipo cajamarquino y L^* : $56,70 \pm 4,72$; a^* : $24,37 \pm 1,26$; b^* : $58,06 \pm 2,40$ para el ecotipo Acomayo, acotando que las diferencias encontradas estarían relacionadas a la variedad y los factores eco fisiológicos. Los valores para las coordenadas de los tratamientos T3 (tankar congelado) y T1 (siraca congelado) difirieron de valores encontrados en la literatura para frutos oscuros similares al tankar, tales como, fruto fresco Arrayan L^* $17,28$; a^* $0,78$; b^* $2,31$ (Luma apiculata) (CEPEDA, 2019); pulpas de Arándano y Cassis L^* $1,67 \pm 0,14$, a^* $11,66 \pm 0,89$, b^* $2,87 \pm 0,24$ y L^* $1,50 \pm 0,01$, a^* $11,15 \pm 0,06$, b^* $2,59 \pm 0,02$ respectivamente (BUSSO, 2016) y fruto Mora (*Rubus glaucus* Benth) L^* 35 ; a^* $-3,43$; b^* $-33,84$ (RINCON, y otros, 2015). El color de los frutos en estudio, Tankar y Siraca, se inclinó más al parámetro a^* (rojo intenso) cuando comparado con el color del fruto Mora (*Rubus glaucus* Benth) que tendió al parámetro b^* (espectro azul) (RICON et al., 2015), es decir que los frutos Tankar y Siraca presentaron una tonalidad más clara, diferencias que estarían relacionadas con la variedad y falta de luminiscencia del fruto (CEPEDA, 2019). Situación similar fue relatado por (BUSSO, 2016) en su estudio



“Estabilidad de polifenoles y caracterización físico-química y sensorial en pulpas de frutos rojos en relación a los procesos tecnológicos para la obtención de alimentos e ingredientes alimenticios”, considerando el parámetro a^* , asociado al color rojo, como el parámetro más importante para todos los berries, cuya disminución a través del tiempo de almacenamiento indica el cambio de tono rojizo y brillante a tonos pardos, opacos y amarrados.

5.3.2 Composición fisicoquímica

a) Humedad

(AMORES 2011) relata que el proceso de liofilizado tiene efecto sobre el contenido de humedad en frutos congelados, disminuyendo el contenido de humedad debido a la pérdida de agua libre durante la deshidratación por liofilización. Este efecto sucede durante las programaciones de calentamiento en la sublimación, donde afecta significativamente el % de humedad en frutos congelados. El fruto Siraca congelado en estudio difirió de valores encontrados en la literatura para frutos frescos, 86.83% (FARFAN, 2011), 82.82 ± 0.03 y 82.60 ± 0.02 (YANAHUILLCA, 2019) en dos variedades de siraca respectivamente, a pesar que ambos estudios citados consideran frutos de la misma región Apurímac de donde proceden los frutos en estudio. Estas diferencias serían atribuidas al estado de madurez así como al tiempo transcurrido durante la cosecha de los frutos (HUACHUHILLCA, 2017).

Los porcentajes de humedad de los tratamientos T1 (siraca congelado) y T2 (siraca liofilizado) fueron similares al estudio realizado por (AMORES, 2011) “Evaluación nutritiva y nutracéutica de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por deshidratación en microondas y secador en bandejas”, citando un promedio de humedad 83,7% en mora fresca y 2,2%, mora liofilizada. Situación similar fue relatado por (MUÑOZ, 2010) en su estudio “Obtención de pulpa de frambuesa liofilizada y aplicación en yogur como colorante y saborizante natural” obteniendo valores $83,5 \pm 0,6$ en fruto fresco y $6,9 \pm 1,2$ en fruto liofilizado. Ambos autores citan pérdida de agua libre y por tanto mayor concentración de solutos lo que permite un prolongado tiempo de vida útil para frutos liofilizados. La humedad del fruto tankar congelado en estudio, difirió ligeramente de valores encontrados en la literatura para frutos frescos, en especies *Berberis laurina* y *Berberis lobbiana* con porcentajes de $80,25 \pm 1,11$ (SOBRANO, 2019) y 73.96 ± 0.86 (ROSALES, 2015).



El porcentaje de humedad del fruto macha macha congelado en estudio, difirió de valores encontrados en la literatura para frutos frescos, $82,74 \pm 0,02$ % (SALAS, 2017) y $84,76$ % (LLINPE, 2017). El contenido de humedad del fruto Tomatillo congelado en estudio fue próximo del valor encontrado en la Tabla Peruana de Composición de Alimentos para tomatillo fresco $87,5$ % (MINSA/INSTITUTO NACIONAL DE SALUD, 2017). El contenido de humedad del fruto Aguaymanto congelado en estudio fue ligeramente superior al valor $79,8$ % para Aguaymanto fresco reportado en la Tabla Peruana de Composición de Alimentos y (REPO, y otros, 2008). La variación de resultados en el fruto, fresco y congelado, es atribuido a la humedad relativa del aire en que se encuentra la muestra antes de ser congelada y del tiempo de exposición a esas condiciones ambientales, originado formación de escarcha o gotas de agua en la superficie del fruto durante la congelación (MENDEZ, y otros, 2008). Los contenidos de humedad de los tratamientos T9 (aguaymanto congelado) y T10 (aguaymanto liofilizado), fue próximo a $80,73\%$ en Aguaymanto fresco y difirió del valor $8,8\%$ para aguaymanto liofilizado (HUACHUHULLCA, 2017). Las diferencias existentes son atribuidas a la pérdida de agua libre en la deshidratación por liofilización, así como estado de madurez, tiempo transcurrido de cosecha previo al análisis.

b) Proteína

(AMORES 2011) relata que el proceso de liofilizado tiene efecto sobre el contenido de proteína en frutos congelados, incrementando su contenido. Este efecto sucede porque a medida que progresa la liofilización el agua disminuye y los solutos se concentran, lo que indica que el valor nutritivo del liofilizado se incrementa.

El porcentaje de Proteína del fruto siraca congelado en estudio, difirió de valores encontrados en la literatura para frutos frescos, $0,93 \pm 0,01\%$ (VALENCIA, y otros, 2013) y $0,64\%$ (FARFAN, 2011). Estas diferencias serían atribuidas por el lugar y las distintas condiciones ambientales en el momento de recolección, como puede ser la disponibilidad de agua, luz solar (RUIZ, 2014). Los porcentajes de proteína de los tratamientos T1 (siraca congelado) y T2 (siraca liofilizado) difirieron del estudio realizado por (AMORES, 2011) “Evaluación nutritiva y nutracéutica de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por deshidratación en microondas y secador en bandejas”, citando



un valor promedio en proteína 8,6% en mora fresca y 10,5% en mora liofilizada, incrementándose el porcentaje en 1,2 veces, menor en relación al observado en el presente estudio donde el proceso de liofilizado disminuyó 1,11 veces. Las diferencias encontrados en los valores del fruto liofilizado fueron atribuidas al estado de madurez y el tiempo transcurrido de cosecha (HUACHUHUILLCA, 2017). El porcentaje de Proteína $1,61 \pm 0,04\%$ del fruto Tankar congelado en estudio (bh), fue próximo al valor encontrado en la literatura para fruto fresco (*Berberis laurina*), $0,96 \pm 2,64\%$ (bh) (ROSALES, 2015). El porcentaje de proteína del fruto macha macha congelado en estudio, fue próximo al valor reportado en la literatura para frutos frescos, 0,897 % (LLINPE, 2017). El contenido de proteína del fruto tomatillo congelado en base seca y húmeda en estudio difirió de los valores 1,50%, 2,27% (FERNANDEZ, y otros, 2020) y 1,27% (NAVARRO, 2017) para tomatillo fresco. Estas diferencias serian atribuidas por el lugar y las distintas condiciones ambientales en el momento de recolección, como puede ser la disponibilidad de agua, la luz solar (RUIZ, 2014). El contenido de proteína del fruto Aguaymanto congelado en base húmeda ($1,8 \pm 0,07$) en estudio fue similar al valor 1,9 % para aguaymanto fresco reportado en la Tabla Peruana de Composición de Alimentos y (REPO, y otros, 2008). Sin embargo (FERNANDEZ, 2015) y (OREGON, 2020) reportaron datos de proteína en fruto fresco en base húmeda 1,1 % y $0,26 \pm 0,01\%$ respectivamente. La variación de resultados en el fruto, fresco y congelado, es probablemente atribuido por la especie, lugar de procedencia, distintas condiciones ambientales de recolección disponibilidad de agua y la luz solar (RUIZ, 2014). Realizando comparaciones de los valores de proteína del presente estudio con bibliografía observamos que el fruto congelado tuvo valores próximos en relación al fruto fresco. La congelación representa para muchos alimentos el mejor método de conservación a largo plazo, disminución de la temperatura y disminución de la actividad acuosa, conservando las características del alimento (DE MICHELLIS, 2019).

c) Grasa

(AMORES 2011) relata que el proceso de liofilizado tiene efecto sobre el contenido de grasa en frutos congelados, incrementando su contenido. Este



efecto sucede porque las grasas son insolubles en agua y con la pérdida de humedad se concentran y aumentan su contenido.

El porcentaje de grasa del fruto Siraca congelado en estudio, fue similar al de valores encontrados en la literatura para frutos frescos 0.58% (FARFAN, 2011).

Los porcentajes de grasa de los tratamientos T1 (siraca congelado) y T2 (siraca liofilizado) difirieron del estudio realizado por (AMORES, 2011) “Evaluación nutritiva y nutracéutica de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por deshidratación en microondas y secador en bandejas”, citando un valor promedio en grasa 2,4% en mora fresca y 3,6% en mora liofilizada, incrementándose el porcentaje en 1,5 veces, menor en relación al incremento observado en el presente estudio para Siraca (2,38%). Las diferencias encontrados en los valores del fruto liofilizado fueron atribuidas al estado de madurez y el tiempo transcurrido de cosecha (HUACHUHUILLCA, 2017). Así mismo las diferencias encontradas en los valores del fruto congelado del presente estudio con respecto al estudio de (AMORES, 2011) para Mora fresca estarían relacionados con el área geográfica y estado de madurez.

Reportes de porcentaje de grasa en frutos frescos de especies *Berberis laurina* y *Berberis lobbiana* fueron $1,20 \pm 0,09\%$ (SOBRANO, 2019) y $0,63 \pm 0,22\%$ (ROSALES, 2015), cuyos valores fueron cercanos en el fruto congelado en estudio (2,63%).

(LLINPE, 2017) reportó datos de grasa en fruto macha macha fresco 0,53 %, el cual difiere al fruto congelado en estudio ($4,82 \pm 0,05$), observándose que el fruto congelado conservó mejor el contenido de grasa en fruto fresco. (DE MICHELLIS, 2019) indica que la congelación representa para muchos alimentos el mejor método de conservación a largo plazo, debido a que la velocidad de la mayoría de las reacciones químicas queda notablemente reducida. Sin embargo, la única que evoluciona más rápidamente es la de oxidación de grasas o lípidos, los cuales se liberan con rapidez una vez descongelados. (SURCO, 2017) señala que se debe tener en cuenta que las frutas contienen ácidos orgánicos de forma libre o combinada que están disueltos en las vacuolas de las células que al eliminar el agua se concentrarían. La Tabla Peruana de Composición de Alimentos reporta porcentaje de grasa en fruto Tomatillo fresco 0,3%, similar al resultado obtenido en el presente



estudio, $0,2\pm 0,04\%$ en base húmeda. Sin embargo (NAVARRO, 2017) reporta datos de grasa en fruto fresco (b.s.) $0,07\%$ y $0,06\%$ proveniente de dos lugares de procedencia, valores que son menores a lo determinado (b.s.) en el presente estudio $1,86\pm 0,14\%$ para Tomatillo congelado. Esta diferencia probablemente se deba al estado de madurez, el tiempo transcurrido de cosecha y el momento del análisis (HUACHUHILLCA, 2017).

La Tabla Peruana de Composición de Alimentos, (REPO, y otros, 2012), (FERNANDEZ, y otros, 2020) y (OREGON, 2020) reportaron datos de grasa en fruto fresco que oscilan $0,0\%$ y $0,72\%$, próximo a los valores de grasa $0,75\pm 0,04\%$ en fruto congelado (b.h) del presente estudio, observándose que la congelación no afectó el contenido de grasa en fruto fresco.

d) Ceniza

(AMORES 2011) relata que el proceso de liofilizado presentó efecto sobre el contenido de ceniza en frutos congelados, incrementando su contenido. Este aumento en el liofilizado se debe al proceso de deshidratación, conforme va progresando el contenido de agua disminuye permitiendo que los elementos minerales se encuentren en mayor concentración.

El porcentaje de ceniza $0,83\pm 0,07\%$ (b.h) del fruto siraca congelado en estudio, difirió de valores encontrados en la literatura para frutos frescos, $0,42\pm 0,01\%$ (b.h) (VALENCIA, y otros, 2013) y $0,49\%$ (b.h.) (FARFAN, 2011). Estas diferencias serían atribuidas al lugar de procedencia de los frutos y las distintas condiciones ambientales en el momento de recolección, como puede ser la disponibilidad de agua, luz solar (RUIZ, 2014).

Los porcentajes de ceniza de los tratamientos T1 (siraca congelado) y T2 (siraca liofilizado) fueron similares del estudio realizado por (AMORES, 2011) “Evaluación nutritiva y nutracéutica de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por deshidratación en microondas y secador en bandejas”, citando un valor promedio en ceniza $3,6\%$ en Mora fresca y $4,8\%$ en Mora liofilizada, incrementándose el porcentaje en 1,3 veces, en relación al presente estudio para siraca ($3,34\%$) (b.s). Las diferencias encontrados en los valores del fruto liofilizado fueron atribuidas al estado de madurez y el tiempo transcurrido de cosecha (HUACHUHILLCA, 2017). Así mismo las diferencias encontradas en los valores del fruto congelado del presente estudio con respecto al estudio



de (AMORES, 2011) para Mora fresca estarían relacionados con el área geográfica y estado de madurez.

Reportes de porcentaje de ceniza en frutos frescos de especies *Berberis laurina* y *Berberis lobbiana* fueron $2,13 \pm 0,12\%$ (SOBRADO, 2019) y $2,69 \pm 1,68\%$ (ROSALES, 2015), cuyos valores fueron mayores del fruto congelado en estudio ($3,43 \pm 0,04\%$). Estas diferencias serían atribuidas a la especie, el lugar de procedencia y las distintas condiciones ambientales en el momento de recolección, como puede ser la disponibilidad de agua, luz solar (RUIZ, 2014). (LLINPE, 2017) reportó datos de ceniza en fruto macha macha fresco $0,47\%$ (b.h), próximo al fruto congelado en estudio, observándose que la congelación no afectó el contenido de ceniza en fruto fresco.

La Tabla Peruana de Composición de Alimentos reporta porcentaje de ceniza en fruto tomatillo fresco $1,1\%$, próximo al resultado obtenido en el presente estudio, $0,60 \pm 0,02\%$ (b.h). Sin embargo (NAVARRO, 2017) y (FERNANDEZ, y otros, 2020) reportan datos de ceniza en fruto fresco (b.s.) $1,03\%$, $1,02\%$ proveniente de dos lugares de procedencia y $1,00\%$ respectivamente, valores que son menores a lo determinado (b.s.) en el presente estudio $5,66 \pm 0,85\%$ para tomatillo congelado. Esta diferencia probablemente se deba al estado de madurez, el tiempo transcurrido de cosecha y el momento del análisis (HUACHUHILLCA, 2017).

La Tabla Peruana de Composición de Alimentos, (REPO, y otros, 2012), (FERNANDEZ, y otros, 2020) y (OREGON, 2020) reportaron datos de ceniza en fruto aguaymanto fresco que oscilan $0,82\%$ y $1,00\%$, próximo a los valores de ceniza en fruto congelado del presente estudio, observándose la de congelación no afectó el contenido de ceniza en fruto fresco.

Hay que destacar la escasez de datos bibliográficos disponibles sobre el contenido de ceniza en frutos silvestres tankar, macha macha, tomatillo y aguaymanto en condiciones congelado y liofilizado. Sin embargo, existe literatura científica para frutos frescos, y realizando comparaciones con la bibliografía observamos que el fruto congelado tuvo valores próximos de ceniza en relación al fruto fresco. (DE MICHELLIS, 2019) indica que la congelación representa para muchos alimentos el mejor método de conservación a largo plazo, debido a que la velocidad de la mayoría de las reacciones químicas queda notablemente reducida.



e) **Fibra**

(AMORES 2011) relata que el proceso de liofilizado tiene efecto sobre el contenido de fibra en frutos congelados, incrementando su contenido. Este aumento en el liofilizado se debe a que a medida que el agua va eliminándose, la concentración de solutos es mayor desplazándose hacia la superficie del alimento.

El porcentaje de fibra del fruto Siraca congelado en estudio, difirió de valores encontrados en la literatura para frutos frescos $2,48 \pm 0,02\%$ (VALENCIA, y otros, 2013) y $2,25\%$ (FARFAN, 2011). Estas diferencias serían atribuidas al lugar de procedencia y las diferentes condiciones ambientales en el momento de recolección, como puede ser la disponibilidad de agua, luz solar (RUIZ, 2014). El mayor contenido de fibra en la Siraca en relación a los demás frutos en estudio se ve fortalecido por lo relatado por (AMORES, 2011) quien sostiene que este fruto podría usarse en la dieta alimenticia, no únicamente como alimento nutritivo, sino también como alimento nutraceutico. Los porcentajes de fibra de los tratamientos T1 (siraca congelado) y T2 (siraca liofilizado) difirieron del estudio realizado por (AMORES, 2011) “Evaluación nutritiva y nutraceutica de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por deshidratación en microondas y secador en bandejas”, citando en promedio $28,2\%$ de fibra en Mora fresca y $30,5\%$ en Mora liofilizada, incrementándose el porcentaje en la misma proporción, menor en relación al incremento observado en el presente estudio para Siraca (4,2 veces). Las diferencias encontradas en los valores del fruto liofilizado podrían ser atribuidas al estado de madurez y el tiempo transcurrido de cosecha (HUACHUHUILICA, 2017). Así mismo las diferencias encontradas en los valores del fruto congelado del presente estudio con respecto al estudio de (AMORES, 2011) para Mora fresca estarían relacionados con el área geográfica y estado de madurez.

Reportes de porcentaje de fibra en frutos frescos de especies *Berberis laurina* y *Berberis lobbiana* fueron $3,45 \pm 0,26\%$ (b.h) (SOBRADO, 2019) y $0,50 \pm 0,06\%$ (b.h) (ROSALES, 2015), cuyos valores difirieron del fruto congelado en estudio *Berberis boliviana* ($6,10 \pm 0,26\%$) (b.h). Estas diferencias podrían ser atribuidas a la especie, el lugar de procedencia y las distintas condiciones ambientales en el momento de recolección, como puede ser la disponibilidad de agua, luz solar (RUIZ, 2014). Se observó que el fruto



congelado en estudio obtuvo mayor contenido de fibra comparado al fruto fresco, este incremento podría deberse a la congelación que provocaría aumento de la concentración de los solutos presentes en productos (MARQUEZ, 2014).

El contenido de fibra $2,40 \pm 0,17\%$ (b.h.) y $22,62 \pm 3,25\%$ (b.s.) del fruto tomatillo congelado en estudio difirió de los valores (b.s.) 6,19% y 9,87% para dos ecotipos relatado por (NAVARRO, 2017) y 4,20% (b.h.) citado por (FERNADEZ, y otros, 2020) para tomatillo fresco. Estas diferencias estarían relacionadas con el área geográficas, distintas condiciones ambientales en el momento de recolección, disponibilidad de agua, la luz solar (RUIZ, 2014).

La Tabla Peruana de Composición de Alimentos y (FERNADEZ, y otros, 2020) reportaron datos de fibra en fruto Aguaymanto fresco 4,8% (b.h.) y 4,9% (b.h.), próximo a los valores de fibra $5,30 \pm 1,13\%$ (b.h.) en fruto congelado del presente estudio, observándose que la congelación no afectó el contenido de fibra en fruto fresco.

f) **Carbohidratos**

El contenido de fibras en el fruto congelado no fue significativo por el proceso de liofilización. Según (AMORES 2011) el efecto del proceso de liofilización sobre carbohidratos es mínima, sin embargo la estructura porosa de los frutos lo hace accesible al oxígeno, provocando a largo plazo alteraciones por oxidación de sus lípidos si no se mantiene el producto en un envase adecuado. (CORTES, 2014) indica que los carbohidratos constituyen más del 90% de la materia seca de los vegetales, siendo el grupo de componentes mayoritario de los frutos, esta fracción está formada por almidón, azúcares libres y fibra alimentaria.

El porcentaje de carbohidrato $21,87 \pm 0,90\%$ (b.h.) del fruto Siraca congelado en estudio, difirió de valores encontrados en la literatura para frutos frescos, $13,19 \pm 0,01\%$ (b.h.) (VALENCIA, y otros, 2013) y 9,41% (b.h.) (FARFAN, 2011). Estas diferencias serían atribuidas por el lugar, estado de madurez, condiciones ambientales en el momento de recolección, disponibilidad de agua, luz solar (CORTES, 2014). Asimismo la diferencia de valores en fruto congelado y fresco podría deberse porque congelación provoca el aumento de la concentración de los solutos presentes en productos e inversamente del descenso de la temperatura, la velocidad de las reacciones aumenta, a pesar de la disminución de la temperatura de acuerdo con la ley de acción de masas



(MARQUEZ, 2014). En los frutos de zarzamora el componente mayoritario después del agua, son los carbohidratos (CORTES, 2014).

Reportes de porcentaje de carbohidrato en frutos frescos del genero Berberis fueron $9,89 \pm 0,18\%$ (b.h.) para (SOBRANO, 2019) y $7,30 \pm 0,07\%$ (b.h.) para (ROSALES, 2015), realizando las comparaciones observamos que el fruto congelado en estudio reportó valor mayor que los frutos frescos, esta diferencia probablemente se deba al efecto de congelado, provocando el aumento de la concentración de los solutos (MARQUEZ, 2014).

El porcentaje de carbohidrato en fruto macha macha congelado difirió ligeramente de los valores obtenidos en fruto fresco $11,11\%$ (b.h.) para (CORTES, 2009) y $13,33\%$ (b.h.) para (LLIMPE, 2017), la variabilidad de este parámetro, puede atribuirse al hecho de ser altamente dependiente del grado de madurez de los frutos (RUIZ, 2014).

La Tabla Peruana de Composición de Alimentos reporta porcentaje de carbohidrato en fruto tomatillo fresco $9,8\%$ (b.h.), y $10,30\%$ (b.h.) para (FERNADEZ, y otros, 2020) similar al resultado obtenido en el presente estudio $9,27 \pm 1,30\%$ (b.h.).

La Tabla Peruana de Composición de Alimentos, (FERNADEZ, y otros, 2020) y (OREGON, 2020) reportaron datos de carbohidrato en fruto fresco $17,3\%$, $13,1\%$ (b.h.) y $16,30 \pm 0,75\%$ (b.h.) respectivamente, difiriendo ligeramente del valor obtenido en el presente estudio $14,26 \pm 0,91\%$. La alta variabilidad de carbohidrato en frutos silvestres, puede atribuirse al hecho de ser altamente dependiente del grado de madurez de los frutos, y también de estar influenciado por su contenido de agua, como se puede apreciar en las muestras de este mismo estudio, (RUIZ, 2014).

g) Vitaminas

El contenido promedio de vitaminas es mayor en frutos congelados, sin embargo el fruto aguaymanto tuvo mayores valores en el proceso de liofilización, el proceso de liofilización en alimentos se ha considerado como el mejor método de deshidratación que además de preservar algunos componentes como minerales y vitaminas (MARQUEZ, 2007). Situación que fue observada en los tratamientos de:

El contenido de vitamina A del fruto siraca congelado en estudio, valores encontrados en la literatura para frutos frescos, $0,31$ mg Eq. Betacaroteno $0,053$ mg Eq. Retinol/100g para Mora castilla (NAVEDA, 2013) y $0,001$ mg Eq.



Retinol para fruto Frambuesa (MOREIRAS, 2013). (RUIZ, 2014) indica que otros constituyentes del fruto genero *Robus* son las vitaminas A, C y E. En la literatura científica no se encontró contenido de vitamina, A y E para los frutos tankar y macha macha tratamientos T3 (tankar congelado) y T4 (tankar liofilizado), probablemente por ser un fruto silvestre de la región poco estudiado. La Tabla Peruana de Composición de Alimentos reporta el contenido de vitamina A en Tomatillo fresco el valor de 0,3mg/100g (b.h.), y (AMAYA, y otros, 2006) el valor de 0,15mg/100g (b.h.), observándose que el valor del fruto congelado en estudio es mayor en contenido de vitamina A. Según referencia de La Tabla Peruana de Composición de Alimentos reporta el contenido de vitamina A en Aguaymanto fresco el valor de 0,44mg/100g (b.h.), y (MALAGA, 2013) el valor de 0,65 mg/100g (b.h.), observándose que el valor del fruto congelado es mayor en contenido de vitamina A.

De acuerdo a los valores encontrados en los frutos (congelado y liofilizado), se observa que el proceso liofilizado conserva e incrementa el contenido de vitamina A, (ARROYO, y otros, 2018) indica en su estudio titulado “Frutas y Hortalizas: Nutrición y Salud en la España del S. XXI”, su mecanismo de acción es inhibir la actividad del crecimiento de un grupo de células carcinógenas, ayudando a proteger ante el cáncer de colon, próstata, mama y pulmón. En este mismo estudio se encontró que los carotenoides son moduladores en diversas vías de señalización en la proliferación celular y la apoptosis.

El contenido de vitamina E del fruto siraca congelado en estudio, los valores encontrados en la literatura para frutos frescos, 13,3 mg/100g (b.h.) para mora castilla (NAVEDA, 2010) y (RUIZ, 2014) indica que otros constituyentes del fruto genero *Robus* son las vitaminas A, C y E. En la literatura científica no se encontró contenido de vitamina, E para los frutos tankar y macha macha, aguaymanto y tomatillo, probablemente por ser un fruto silvestre de la región poco estudiado.

De acuerdo a los valores encontrados en los frutos (congelado y liofilizado), se observa que el proceso liofilizado conserva e incrementa el contenido de vitamina E, (BRAVO, y otros, 1976) menciona en su estudio realizado “Vitamina E”, tiene diversas funciones metabólicas, entre ellas tal vez el más importante y mejor estudiado es el papel protector de las membranas biológicas, ya sea evitando la oxidación de sus componentes celulares



esenciales o evitando la formación de productos tóxicos de oxidación como los peróxidos de ácidos grasos no saturados, actuando así como estabilizador de la estructura lipídica de los tejidos.

h) Minerales

El proceso de liofilización incrementó el contenido de minerales en relación a los frutos congelados, este aumento se debe a que según progresa la deshidratación, el contenido de agua disminuye permitiendo que los elementos minerales se encuentren en mayor concentración (AMORES, 2011).

Se observa que el fruto macha macha presentó valores mayores en liofilizado y congelado en contenido del mineral calcio, donde el proceso de liofilizado incrementó el contenido de calcio en 10,53 veces en relación al fruto congelado. Según (CORTES, 2009) el consumo de fruto de *Pernettya prostrata* produjo aumento de calcio en suero sanguíneo en las ratas utilizadas, además obteniendo el valor de 210 mg/100g (b.s.) próximo a lo reportado en este estudio 228,7 mg/100g (b.s.) de Calcio en fruto liofilizado y fruto congelado 196,08 mg/100g (b.s.). Los tratamientos liofilizados con alto contenido de Fosforo fueron el T10 (agauymanto liofilizado) con $42,9 \pm 0,26$ mg/100g, seguido por T2 (siraca liofilizado) $38 \pm 1,73$ mg/100g, y en los tratamientos congelados con valor significativo de mineral Fósforo fue el T1 (Siraca congelado) $41,25 \pm 0,38$ mg/100g, (RUIZ, 2014) indica que se encontraron en niveles superiores Ca y Mg en los frutos de zarzamora que en otros frutos del mismo género. Los valores más altos de Hierro en frutos liofilizados corresponden T8 (tomatillo liofilizado) con $6,38 \pm 0,11$ mg/100g, en el grupo de tratamientos congelados con valor alto de Hierro fue T9 (Aguaymanto congelado) $6,38 \pm 1,38$ mg/100g, siendo este resultado próximo a 1,2mg/100g de Hierro Reportados por (FERNANDEZ, 2020), (TORRES, 2011) y La Tabla Peruana de Composición de Alimentos al resultado obtenido 1,14 mg/100g (b.h.). La liofilización tuvo efecto sobre el contenido de minerales en frutos congelados, AMORES (2011) sustenta que este aumento en el liofilizado se debe a que según progresa la deshidratación, el contenido de agua disminuye permitiendo que los elementos minerales se encuentren en mayor concentración.

La cantidad de elementos minerales en las frutas silvestres comestibles es muy variable, ya que depende de numerosos factores, como pueden ser la especie, tipo de suelo, forma de cultivo, condiciones climatológicas, etc. (RUIZ, 2014).



Los micronutrientes pueden variar ampliamente dependiendo de las condiciones ambientales, como las precipitaciones, la humedad y el suelo, que pueden influir en estos niveles, ya que podrían inducir la respuesta de la planta a situaciones fisiológicas de estrés, en el que los minerales podrían actuar como cofactores que regulan las vías metabólicas del vegetal (PEÑUELAS, y otros, 2008).

5.3.3 Compuestos bioactivos

a) Polifenoles totales

Se observa que los frutos tankar y siraca presentaron valores mayores, en liofilizado y congelado en contenido de polifenoles totales. El proceso de liofilización en alimentos se ha considerado como el mejor método de deshidratación (MARQUÉS, y otros, 2007).

El fruto congelado de Siraca difirió de los frutos frescos de siraca cuyo valores fueron $5370,42 \pm 3,23$ (mg Eq AG/100g) 2019), $1560,48 \pm 4,97$ (mg Eq AG/100g) (Siraca negra) y $(1452,07 \pm 2,79)$ (mg Eq AG/100g) (Siraca roja) reportados por (SALAS, 2017) y (YANAHULLCA, 2019) respectivamente.

(BARRAGÁN, 2018) reportó que el contenido de polifenoles totales en fruto fresco de tankar tuvo valor de $978,83 \pm 1,42$ (mg Eq AG/100g) (b.s.), siendo muy significativo a los valores obtenidos en el congelado y liofilizado ($554,64$ mg Eq AG/100g y $206,59$ mg Eq AG/100g).

(SALAS, 2017) reportó que el contenido de polifenoles totales en fruto fresco de macha macha tuvo valor de $5187,77 \pm 5,64$ (mg Eq AG/100g), siendo muy significativo a los valores obtenidos en el congelado y liofilizado.

Valores obtenidos en fruto liofilizado por (TITO, 2019) reportó el valor $682,1$ (mg Eq AG/100g), realizando las comparaciones observamos que los resultados obtenidos en el presente estudio fue inferior a la literatura citada, igualmente (REPO, y otros, 2012) y reportaron resultados en fruto fresco de tomatillo los valores fueron $130 \pm 0,8$ (mg Eq AG/100g) (b.h.) y $62,71$ (mg Eq AG/100g) (b.h.) respectivamente, siendo muy significativo a los valores obtenidos en el congelado y liofilizado.

Los valores obtenidos en este estudio en fruto de aguaymanto difirieron significativamente a los valores obtenidos por (HUACHUHULLCA, 2017) obteniendo valores de $43,03$ (mg Eq AG/100g) en fruto fresco y $228,70$ (mg Eq AG/100g) en fruto liofilizado, obteniéndose en este estudio valores mayores como aguaymanto liofilizado $66,30$ (mg Eq AG/100g) y aguaymanto



congelado 73,45(mg Eq AG/100g). Los estudios realizados por (OREGON, 2020) y (REPO, y otros, 2012) obtuvieron resultados 62.93 ± 4.81 mg Eq AG/100g y 79.23 ± 0.41 mg Eq AG/100g, respectivamente, en frutos de aguaymanto, cuyo valores son cercanos en comparación del fruto congelado. (DE MICHELIS, 2019) Indica si se almacenara con muchas oscilaciones de temperatura se produciría un fenómeno que se denomina recristalización, originando alteraciones en las estructuras de los tejidos.

b) Antocianinas totales

De acuerdo a los reportes obtenidos observamos que el proceso de liofilización disminuyo el contenido de antocianinas totales en frutos congelados.

El fruto tankar se identificó con valor mayor de antocianinas totales en los dos procesos de estudio, seguido por el fruto Siraca y el fruto que obtuvo el valor menor en fruto congelado y liofilizado fue macha macha. El efecto de los tratamientos T1 (siraca congelado) y T2 (siraca liofilizado), similar fue el efecto del liofilizado en los valores reportados por (AMORES, 2011) donde obtiene valores de fruto fresco de mora 773 (mg Eq cianidina-3-glucósido/100g) (b.s.) y 1645,5 (mg Eq cianidina-3-glucósido/100g) (b.s.) en fruta liofilizada por el método HPLC, realizando las comparaciones observamos que el fruto Tankar congelado tuvo el valor menor con respecto al fruto de la Mora.

El tratamiento T3 (tankar congelado) resulto con valores similares a (BARRAGAN, 2018) obtuvo el valor de 978.83 (Eq cianidina-3-glucósido/100g) de fruto fresco por método pH diferencial, también obtuvo valores para el fruto mio mio en estado congelado el cual tuvo el valor 1102.88 (Eq cianidina-3-glucósido/100g) (b.s.) por el método de HPLC, realizando las comparaciones el fruto en estudio difirió significativamente obteniendo el valor menor. El tratamiento T5 (macha macha congelado) resulto el valor $12,77 \pm 0,003$ mg Eq cianidina-3-glucósido/100g mayor con respecto al liofilizado $1,01 \pm 0,001$ (mg Eq cianidina-3-glucósido/100g) T6 (macha macha liofilizado).

Realizando comparaciones con bibliografía observamos que el fruto congelado afectó en el contenido de antocianinas totales de los frutos en estudio, este efecto probablemente se deba al tiempo de almacenamiento (congelación rápida y oscilaciones de temperatura) y transporte de fruto (más de 24 horas) donde ocurrió el descongelado de las frutas, produciendo en ellos



cambios indeseables como la recristalización, deterioro de tejidos y otros. (MARQUEZ, 2014) en su estudio titulado “Refrigeración y congelación de alimentos: Terminología, definiciones y explicaciones”, menciona que las velocidades de congelación muy elevadas pueden provocar en algunos alimentos, tensiones internas que pueden causar el agrietamiento o rotura de sus tejidos. (MEGIA, y otros, 2006) en su estudio titulado “Cambios físicos, químicos y sensoriales durante el almacenamiento de congelado de la pulpa de arazá *Eugenia stipitata* Mc Vaughn)” menciona que la descongelación de la pulpa (que afectan la integridad de la célula y produce pérdida los compartimentos celulares). Como resultado final, se disminuye la capacidad de retención de agua de los componentes celulares.

c) Carotenoides Totales

Se observa que los frutos aguaymanto y tomatillo fueron quienes resultaron contenido alto de carotenoides totales en liofilizado y congelado, sin embargo los frutos congelados de siraca y tankar el contenido de carotenoides disminuyó en el proceso de liofilización.

(ROQUE, 2012) reporta el contenido de carotenoides totales en fruto fresco de tomatillo de dos provincias diferentes de la región Junin cuyo valores fueron 63 ± 0.01 mg/100g y 31.4 ± 0.2 mg/100g (b.h.), cuyo valores como promedio se encuentran cercanos a los obtenidos en fruto congelado cuyo valor fue $50,54 \pm 0,23$ mg/100g (b.h.), (HERRERA, 2018) muestra resultado de carotenoides totales en tomatillo proveniente de la región de Junín cuyo valor es 62.22mg/100g (b.h.), el cual resultado ser de mayor valor al obtenido en el presente estudio. Son muchos los factores que influyen en el contenido de carotenoides de las plantas, las diferencias encontradas se podrían deber al estado de maduras ya que puede ocasionar cambios drásticos de los carotenoides, la luz estimula la biosíntesis de carotenoides, por lo que el aumento a la exposición solar aumenta su concentración, otros factores que alteran la presencia y cantidad de carotenoides son el clima y las condiciones de cultivo (RUIZ, 2014)

(HUACHUHULLCA, 2017) reportó contenido de Carotenoides (β - caroteno) en la pulpa fresca y liofilizada de aguaymanto, cuyo valores fueron 2,73 (mg β – caroteno Equi. /100 g de muestra) y 5,91 (mg β – caroteno Equi. /100 g de muestra) respectivamente, desde hace varias décadas se sabe que los carotenoides juegan funciones importantes en la fotosíntesis y fotoprotección



de los tejidos vegetales y tomando un papel muy importante en la alimentación humana, los frutos ricos en carotenoides tienen las características de tener el color amarillo-naranja, ya que los cloroplastos se descomponen durante la senescencia de las plantas (RUIZ, 2014).

Hay que destacar la escasez de datos bibliográficos disponibles sobre composición de carotenoides totales en frutos silvestres de siraca, tankar y macha macha sin que ninguno de ellos presente una composición nutricional y bioactiva completa de estos frutos, sin embargo se observa mediante el resultado de este estudio la potencialidad con respecto al contenido de carotenoides totales en el congelado que a su vez tienen a tener un efecto negativo en cuanto a la reacción del componente en el proceso de liofilización.

d) Capacidad antioxidante

Se identificó que el fruto tankar liofilizado y congelado fue quien reportó alto valor potencial de capacidad antioxidante en comparación a los otros frutos estudiados. El liofilizado aumenta el valor del potencial de capacidad antioxidante del fruto siraca.

Según (VALENCIA y GUEVARA, 2013) reportan que la actividad antioxidante de zarzamora fue 217.66 ± 0.58 mg Eq Trolox CI50/100g (b.s.), (YANAHUILLCA, 2019) reporta que el potencial de capacidad antioxidante en frutos frescos de Siraca fue 240.7 ± 4.2 (b.s.), cuyo valores muestran cercanías con resultados obtenidos en la fruta liofilizada del siraca $232,19$ mg Eq Trolox CI50/100g.

(SALAS, 2017) realizó análisis del potencial de capacidad antioxidante en fruto fresco de macha macha donde obtuvo valores de 23.328 ± 43 mg Eq Trolox CI50/100g, cuyo resultado es menor al obtenido en el fruto congelado de Macha macha con valor de $208,23 \pm 0,13$ mg Eq Trolox CI50/100g.

Resultados obtenidos 35.57 mg Eq Trolox CI50/100g, evaluados por (HERRERA, 2018).

Según (OBREGON, 2020) el potencial de capacidad antioxidante en aguaymanto de fruto fresco fue $23.3 \pm 7,07$ mg Eq Trolox CI50/100g, comparando con los resultados obtenidos en aguaymanto congelado, observamos que el fruto congelado tuvo mayor capacidad antioxidante de $134 \pm 0,21$ mg Eq Trolox CI50/100g, la variabilidad de este parámetro, puede atribuirse al hecho de ser altamente dependiente del grado de madurez de los frutos (RUIZ, 2014).



Realizando comparaciones con bibliografía observamos algunas diferencias en resultados obtenidos por otros investigadores, probablemente la congelación afecto los resultados certeros en comparación a frutos frescos. (MEGIA et al., 2006) en su estudio titulado “Cambios físicos, químicos y sensoriales durante el almacenamiento de congelado de la pulpa de arazá *Eugenia stipitata* Mc Vaugh)” menciona que la pulpa de arazá fue afectado por el tiempo de almacenamiento (6 meses), donde la actividad antioxidante disminuye significativamente en el periodo de almacenamiento ya que pasa de ser buen antioxidante convertirse en prooxidante, dentro del grupo de prooxidantes pueden existir productos de la degradación de los compuestos lipídicos, entre los que se pueden encontrar radicales libres. Este tipo de compuestos puede generarse en el tratamiento de congelación y por causa del almacenamiento prolongado.



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Los frutos estudiados se destacaron por presentar compuestos nutricionales como es el caso del fruto siraca tuvo alto contenido de fibra, los frutos tomatillo y aguaymanto ricos en vitamina A y E, en cuanto al contenido de elementos minerales el fruto macha macha se destacó por el alto contenido del mineral calcio, aguaymanto y siraca por el contenido de fósforo y en contenido de hierro se destacaron el tomatillo; con respecto a compuestos bioactivos el fruto tankar y siraca presentaron mayor contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante, también se destacó el fruto Tankar por presentar el mayor valor en antocianinas totales, el fruto tomatillo por el alto contenido de carotenoides totales.

- El efecto del proceso de liofilización afectó significativamente en relación al fruto congelado, compuestos como: proteína, grasa, ceniza, fibra, carbohidratos, calcio, hierro, fosforo, vitamina A, vitamina E, polifenoles totales, carotenoides, antocianinas totales y capacidad antioxidante una reducción apreciable.

6.2 Recomendaciones

- Formular subproductos utilizando frutos andinos con potencial bioactivo.
- Aislar los compuestos bioactivos responsables de su actividad antioxidante en las frutas trabajadas en esta investigación.
- Efectuar investigación sobre la influencia de la velocidad de congelación y sublimación en las propiedades fisicoquímicas en las frutas.
- Implementar los laboratorios con reactivos, materiales y equipos que permitan realizar estudios de forma integral.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMAYA, J y JULCA, J. 2006. *Tomate de arbol (Cyphomandra betaceae Send)*. Trujillo - Perú : Biodiversidad y Conservación de los Recursos Fitogenéticos, 2006.

AMAYA, R. 2006. *Tomate de arbol (cypomandra betaceae send)*. Trujillo - Perú : s.n., 2006.

AMORES, V. 2011. *Amores, V. D. (2011). Evaluación Nutritiva y Nutracéutica de la Mora de castilla (Rubus glaucus) deshidratada por el método de liofilización y comparación con la obtenida por la deshidratación en microondas y secador en bandejas*. Colombia : Bioquímica y Farmacia., 2011.

ARANIBAR, Aguilar Elías. 2013. *Extracción de antocianinas a partir del fruto de tankar (Berberis boliviana L.) y determinación del contenido por el método del pH diferencial*. Abancay - Apurímac : s.n., 2013.

Aranibar, Aguilar Freddy. 2014. *Estudio de la actividad antioxidante del zumo del fruto de tankar (berberis boliviana l.), en diferentes condiciones de almacenado*. Abaqnay - Apurímac - Perú : s.n., 2014.

ARAUJO, A. 2007. *Cultivo de aguaymanto. Proyecto: Fomento del Biocomercio con productos Andinos en el Corredor Económico Crisnejas*. Cajamarca - Perú : s.n., 2007. 23p.

ARROYO, P, y otros. 2018. *Frutas y Hortalizas: Nutrición y Salud en la España del S. XXI*. España : Fundación Española de la Nutrición (FEN), 2018.

AYALA, L, VALENZUELA, C y BOHORQUEZ, Y. 2013. *Caracterización fisicoquímica de mora de castilla (Rubus glaucus Benth) en seis estados de madurez*. s.l. : Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustria, 2013. 11(2), 10-18.

BADUI, D. 2006. *Química de los Alimentos*. Mexico : PEARSON 4ta Edición, 2006.

BARRAGÁN, Condori Melquiades. 2019. *Evaluación y caracterización de compuestos bioactivos del mio – mio (Coriaria ruscifolia l) por espectroscopia FTIR Y HPLC*. Puno - Perú : s.n., 2017.

BARRAGÁN, Melquiades Condori, y otros. 2017. *Evaluación y caracterización de compuestos bioactivos en sacha manzano (Hesperomeles escalloniifolia Schltdl.) y upatankar (Berberis boliviana L)*. Abancay - Apurímac : Revista ECIPerú, 2017. Volumen 14, número 2, DOI: <https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2017.0012/>.

BAUTISTA, M, REYNA, L y AGUIRRE, L. 2014. *Obtención de aguaymanto (Physalis peruviana) liofilizado*. Lima - Perú : Revista Peruana Química Ingeniería Química, 2014. Vol. 17. ISSN 1609-7599.

Benitesa, Daniella Rojas, Carrascob, Ritva Repo de y Zeladac, Christian Encina. 2017. *Determinación de la máxima retención de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el néctar de tomate de árbol (solanum betaceum cav.)*. Perú : s.n., 2017.

Bernal, Andrea Corrales, y otros. 2015. *Características nutricionales y antioxidantes de la uchuva colombiana (Physalys peruana L.) en tres estados de su maduración*. Colombia : Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición , 2015. Vol. 65 N° 4.



- BRAUL, Edgard y DIAZ, Lynda. 2016.** *Características farmacognósticas del fruto de pernettya prostrata (cav.) dc. (macha macha) procedente de la región Ayacucho.* Ayacucho - Perú : s.n., 2016.
- BRAVO, M, y otros. 1976.** *Vitamina E.* Chile : Rev. chil. pediatr. v.52 n.3 Santiago, 1976.
- BRITO, D. 2009.** “*Agro exportación de productos no tradicionales. Productores de uvilla para exportación*”. Quito- Ecuador : FEDETA, 2009.
- BUSSO, C. 2016.** *Estabilidad de polifenoles y caracterización físico-química y sensorial en pulpas de frutos rojos en relación a los procesos tecnológicos para la obtención de alimentos e ingredientes alimenticios.* Argentina : s.n., 2016.
- CAJUSTE, J, LOPEZ , L y RODRIGUES, A. 2000.** *Caracterización fisicoquímica de tres cultivares introducidos de zarzamora erecta (Rubus sp.).* Fundación Salvador. México. : Sánchez Colín, CICT AMEX, 2000.
- CASAS, Jose Yesid. 2016.** “*Estudio químico de frutos de Pernettya prostrata (Cavan) Sleumer y su evaluación en la producción de hipercalcemiacortes*”. Bogotá : s.n., 2016.
- CEPEDA, Y. 2019.** *Evaluación de las alterntivas de microencapsulación para extractos de Arrayan.* España : s.n., 2019.
- CHEN, J, TAI, C y CHEN B. 2007.** *Effects of different treatments on the stability of carotenoids in Taiwanese mango (Mangifera indica L.).* s.l. : Food Chemistry , 2007. 100, 1005-1010.
- CHEYNER, 2012. 2012.** *Phenolic compounds: from plants to foods.* Gran Bretaña : Phytochemistry Reviews., 2012. 11, 153-177.
- CLARK, L, y otros. 1999.** *Efectos de Suplementos de selenio para la prevención del cáncer en pacientes con carcinoma de la piel.* España : Estudio de prevención nutricional del cáncer Grupo. Jama., 1999.
- CLAYE, S y WEBER, C. 1998.** *Capacidad de unión de minerales in vitro de cinco fuentes de fibra y sus componentes insolubles para magnesio y calcio.* España : Revista Comida Química., 1998.
- CONCYTEC. 2016.** *Programa nacional transversal de ciencia, tecnología e innovación tecnológica de valorización de la biodiversidad 2015 – 2021.* Lima-Perú : 2ª edición- Servicios Gráficos JMD S.R.L, 2016. N° 2016-12161.
- CORREA, J y H., BERNAL. 1992.** *Especies vegetales promisorias de los países del convenio Andres Bello.* Bogotá : Cartagena C de AB en coedición con la J de acuerdo de, editor. La corporación Andina de Fomento y Ministerio de Educación y Ciencia de España, 1992. 156-18, 1992.
- CORTES, J. 2009.** *Estudio químico de frutos de Pernettya prostrata (CAVAN) Sleumer y su evaluación en la producción de hipercalcemia.* Bogotá : s.n., 2009.
- CRIOLLO, H y IBARRA, V. 1992.** *Geminacion de la uvilla (Physalis peruviana L.) bajo diferentes grados de madurez y tiempo de almacenamiento.* Colombia : Acta hortic., 1992. 310: 183-187.
- DE MICHELIS, A. 2019.** *Congelacion de frutas, horatlizas, hongos, carnes y masas.* Buenos Aires : CORFO - Chubut - INTA AER El Bolsón - CONICET, 2019. ISSN 1667-4014.



DEL CARPIO, Carla, SERRANO, Carlos y GIUSTI, Monica. 2005. *Estudio del colorante de los frutos de Berberís Boliviana L (Cheqche)*. Cusco : Escuela de Post Grado, Maestría en Ciencias, mención Química, Especialidad Productos Naturales, UNSAAC, 2005.

DIAZ, M. 2018. *Efecto de pre-tratamiento y temperatura en la cinética de secado y variación de color en el aguaymanto (physalis peruviana l.) del ecotipo alargado selección canaán.* Andahuaylas - Perú : s.n., 2018.

DIRESA. 2019. *Sistema de Informacion de Estado Nutricional de la región de Apurímac.* Abancay - Apurímac : s.n., 2019.

EDGUARD, Braul PORRAS, Paico, Gilmer DIAS y Yoriani, Lynda. 2016. *Características farmacognósticas del fruto de pernettya prostrata (cav.) dc. (Macha macha) procedente de la región Ayacucho*. Trujillo - Perú : s.n., 2016.

ENDES. 2020. *Reporte regional de indicadores sociales del departamento de Apurímac.* Lima - Perú : Dirección General de Seguimiento y Evaluación-DGSE-MIDIS, 2020.

FARFAN, Dávalos Fredy. 2011. *Extracción de antocianinas del fruto de la siraca (rubus robustus- p) por lixiviación y secadas por atomización.* Abancay - Apurímac - Perú : s.n., 2011.

FENNEMA, O. 2000. *Química de los alimentos.* España : Acribia, S.A. Zaragoza., 2000.

FERNADEZ, R y RAMOS, F. 2020. *Efecto de la ingesta de las frutas de Guanábana, Sachatamate, Aguaymanto y Tumbo serrano sobre la glicemia a través del Índice Glicémico.* Lima - Perú : Rev Esp Nutr Comunitaria 2021; 27(2), 2020.

FISCHER, G. 1995. *Influencia de la temperatura de la zona radicular sobre crecimiento y desarrollo de la uchuva (Physalis peruviana L.).* Alemania : Universidad Berlín - Tesis de doctorado. Humboldt, 1995. págs. 189-198.

FISCHER, G y MARTINEZ, O. 1999. *Calidad y madurez de la uchuva.* Colombia : Agron. Colomb., 1999.

GÓMEZ, y otros. 2003. *Modelo Conceptual para la Liofilización de Alimentos*. s.l. : Fina e-Gnosis Vol. 1., 2003.

HERRERA, Susan. 2018. *Efecto de la concentración de goma arábica y temperatura de aire de secado por aspersion en el contenido de carotenoides totales, vitamina C y actividad antioxidante de la pulpa de tomate de árbol (Cyphomandra betacea de solanum betaceum).* Junin : s.n., 2018.

HUACHUHILLCA, Dina Izarme. 2017. *Efecto de liofilización sobre los compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en la pulpa de aguaymanto (physalis peruviana l.).* Andahuaylas - Apurímac : s.n., 2017.

JUNIOR Eliseo, VELASQUEZ Cristobal Eliseo. 2017. *Evaluación de las características fisicoquímicas del aguaymanto (physalis peruviana l.) de la zona andina y selva en diferentes estados de madurez.* huancayo - Perú : universidad nacional del centro del Perú - facultad de ingeniería en industrias alimentarias, 2017.



KASPER, J, WINTER, G y FRIESS, W. 2013. *Farmacia y Bioquímica*. España : Revista Europea Volumen 85, 2013.

LLIMPE, P. 2017. “*Estudio del contenido de antocianinas y capacidad antioxidante del fruto de Mcaha macha (Vaccinium floribundum Kunth) durante la maduración*. Huancavelica - Perú : s.n., 2017.

LUNN, J y BUTTRISS, J. 2007. *Carbohydrates and dietary fibre*. Gran Bretaña : British Nutrition Foundation, 2007.

MALAGA, B. 2013. *Efecto de procesamiento de puré de aguaymanto (Physalis peruviana L.) sobre las vitaminas C, compuestos fenólicos totales, carotenoides totales y Capacidad 7Antioxidante*. Lima - Perú : Rev. Soc. Quím. Perú vol.79 no.2, 2013.

MALDONADO , Maria y PEREZ , Fredyman. 2014. *Estrategia Regional de Diversidad Biológica ERDB-APURIMAC (2014 - 2021) y Plan de Acción Regional de Diversidad Biológica para la Región Apurímac PARDB - Apurímac (2014 - 2018)*. Abancay - Apurímac : Gobierno Regional de Apurímac, Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente, 2014.

MANACH, C, y otros. 2004. *Polifenoles: fuentes alimentarias y biodisponibilidad*. U.S.A : La Revista Estadounidense de Nutrición Clínica., 2004.

MANOSALVA, Loreto, y otros. 2014 . *Identificación de alcaloides isoquinolínicos en Berberis microphylla G. Forst mediante CLAE IES-MS/MS* . Chile : Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales , 2014 . 13(4):324 - 335 ISSN 07177917.

MARQUÉS, L, SILVERA, A y FREIRE, J. 2007. *Freeze-drying of acerola (Malpighia glabra L.)*. s.l. : Chemical engineering and processing, 2007. 46(5).

MARQUEZ, Betsi. 2014. “*Refrigeración y congelación de alimentos: Terminología, definiciones y explicaciones*”. Arequipa : s.n., 2014.

MEGIA, Liliana, NARVAES, Carlos y RESPRETO, Luz. 2006. *Cambios físicos, químicos y sensoriales durante el almacenamiento de congelado de la pulpa de arazá Eugenia stipitata Mc Vaugh*). Colombia : Agronomía Colombiana , 2006. 24(1): 87-95.

MENDEZ, y otros. 2008. *Variaciones de contenido de humedad por el efecto de congelado a temperatura de criogenia*. Mexico : Revista Mexicana de Ingeniería Química, 2008. C. P. 71230.

MOREIRAS. 2013. *Frambuesa*. España : Sociedad Española de Nutrición Comunitaria, 2013.

MORENO, B y DEAQUIZ, Y. 2016. *Caracterización de parámetros fisicoquímicos en frutos de mora (Rubus alpinus Macfad)*. Colombia : Agroindustria y Ciencia de los Alimentos, 2016. ISSN 2323-0118.

MUÑOZ, E. 2010. *Obtención de pulpa de frambuesa liofilizada y aplicación en yogur como colorante y saborizante natural*. Chile : s.n., 2010.

NAVARRO, A. 2017. *Evaluación físico-química del fruto de solasnum betaceum procedente de Celendín y de Huayrapongo, región Cajamarca* . Lima - Perú : s.n., 2017.



NAVEDA, G. 2010. *Establecimiento de un proceso de obtención de extracto de ruda (Ruta graveolens) con alto contenido de polifenoles.* Ecuador : s.n., 2010.

OLMEDILLA, A y GRANADO, L. 2013. *Libro blanco de la nutrición en España.* España : Fundación Española de la Nutrición (FEN)., 2013.

OREGON, A. 2020. *Componentes de frutos nativos como fuente potencial de nutrientes en el requerimiento nutricional óptimo de grupos vulnerables.* Lima - Perú : s.n., 2020.

ORREDO, A. 2008. *Congelación y liofilización de alimentos.* . Colombia : Manizales Caldas, 2008.

PALENCIA, Y. 2010. *Sustancias bioactivas en los alimentos.* España : Zaragoza: UNIZAR, 2010.

Pedraza, P, y otros. 2004. *Un recorrido a los paramos andinos.* Bogotá : Naturales I de C editor., 2004. 304.

PEDRAZA, P, y otros. 2004. *Un recorrido a los paramos andinos.* Bogotá : Naturales I de C editor., 2004. 304.

PEÑUELAS, J, y otros. 2008. *Nutrient stoichiometric relations and biogeochemical niche in coexisting plant species: Effect of simulated climate change.* s.l. : Polish Journal of Ecology, 2008.

PRADHANY, Prakash Chandra y Saha, Supradip. 2015. *Perfil de antocianinas de Berberis lycium Royle berry y su evaluación de bioactividad por su potencial nutracéutico.* India : Association of Food Scientists & Technologists India 2015 J Food Sci Technol, 2015. PMID: PMC4837717; doi: 10.1007 / s13197-015-2117-4.

REPO, Ritva y ENCINA, Christian. 2008. *Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas.* Lima - Perú : Revista de la Sociedad Química del Perú, 2008. Vol. 74. ISSN 1810-634X.

REVELO, J, PEREZ, E y MAILA, M. 2011. *El cultivo de tomate de árbol.* Quito,. Quito - Ecuador : EC. INIAP, 2011.

RICE, C y MILLER, N. 1997. *Antioxidant properties of phenolics compounds.* s.l. : Trends in Plant Science., 1997. 24, 152-159.

RINCON, C, MORENO, B y DEAQUIZ, Y. 2015. *Prametros poscosecha en dos materiales de Mora.* Colombia : s.n., 2015.

RODONIA, Luis M., y otros. 2014. *Responses and quality of antioxidant-rich stored barberry fruit (Berberis microphylla).* Buenos Aires - Argentina : Scientia Horticultura , 2014. 233-238.

ROJAS, Daniela, REPO, Ritva y ENCINA, Christian. 2017. *Determinación de la máxima retención de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el néctar de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.).* Lima - Perú : Revista de la Sociedad Química del Perú, 2017. Vol. 83. ISSN 1810-634X.



ROQUE, B. 2012. *Extracción por acción biocatalítica y cuantificación de β -caroteno y licopeno de tomate de árbol (Cyphomandra betacea de solanum betaceum) del Distrito de Pariahuanca.* JUNIN : s.n., 2012.

ROSALES, D. 2015. *Vitamina C y parámetros fisicoquímicos durante la maduración de Berberis lobbiana "Untusha".* Lima - Perú : Revista de la Sociedad Química del Perú, 2015. ISSN 1810-634X.

Ruiz, Antonieta, y otros. 2010. *Polyphenols and Antioxidant Activity of Calafate (Berberis microphylla) Fruits and Other Native Berries from Southern Chile.* Chile : J. Agric. Food Chem. , 2010. 58, 6081–6089 6081 DOI:10.1021/jf100173x.

RUIZ, BRÍGIDA. 2014. *Frutos silvestres de uso tradicional en la alimentación: evaluación de su valor nutricional, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante.* España : s.n., 2014.

SALAS, Tania Sayori. 2017. *Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de los frutos silvestres Gaultheria glomerata (cav.) (machamacha), Monnina vargassi ferreyra (condorpausan), Vaccinium floribundum Kunth (alaybilí) y Rubus roseus Poir (frambuesa silvestre).* Andahuaylas - Apurímac - Perú : s.n., 2017.

SCALBERT, A y WILLIAMSON, G. 2000. *Dietary intake and bioavailability of polyphenols.* U.S.A : The Journal of Nutrition., 2000. 130, 2073S-2085S.

SOBRADO, N. 2019. *Evaluación de las propiedades antioxidantes de espinaca amarilla (berberis laurina) en tres estados de madurez.* Huanuco - Perú : s.n., 2019.

SOUCI, S, FACHMAN, W y KRAUT, H. 2008. *Food composition and nutrition tables.* Germany : 7th revised and completed edition. MedPharm. Scientific Publishers. , 2008.

TARIN, M. 2015. *Evaluación de la calidad funcional de extractos de mora y fresa liofilizada.* Valencia : Universitat Politecnica de Valencia, 2015.

Teixeira, Bertha Jurado, y otros. 2016. *Evaluación del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de Aguaymanto (Physalis peruviana L.) de diferentes lugares del Perú.* Perú : s.n., 2016. 272.

TITO, M. 2019. *Evaluación comparativa de la capacidad antioxidante del fruto liofilizado de Tomate de árbol variedades rojo, amarillo y rojo morado, y liofilización de una crema antioxidante.* Lima - Perú : s.n., 2019.

Torres, Alexia. 2012. *Caracterización física, química y compuestos bioactivos de pulpa madura de tomate de árbol (Cyphomandra betacea) (Cav.) Sendtn.* Caracas - Venezuela : Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición, 2012. Vol. 62 N° 4.

TORRES, Alexia. 2012. *Caracterización física, química y compuestos bioactivos de pulpa madura de tomate de árbol (Cyphomandra betacea) (Cav.) Sendtn.* Lima : Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 2012. Vol. 62. ISSN 0004-0622.

TORRES, J. 2011. *Elaboración de néctar de uvilla (Physalis peruviana L.) usando sacarina, dos concentraciones de estabilizante y dos tiempos de pasteurización.* Ecuador : s.n., 2011.



TUR MARI, J. 2013. *Componentes no nutritivos de interés nutricional.* España : Fundación Española de la Nutrición, 2013.

VALENCIA, C y GUEVARA, A. 2013. *Variación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos durante el procesamiento del néctar de zarzamora (Rubus fruticosus L.).* Lima - Perú : Rev. Soc. Quím. Perú vol.79 no.2, 2013. ISSN 1810-634X.

VASCO, C, y otros. 2009. *Phenolic compounds in Rosaceae fruits from Ecuador.* s.l. : Journal of Agricultural and Food Chemistry., 2009. 574, 1204-1212.

VELASQUEZ, C. 2019. *Evaluación e las características fisicoquímicas del Aguaymanto (Physalis peruviana L.) dela zona andina y selva en diferentes estados de madures.* Lima- Perú : s.n., 2019.

VELASQUEZ, T y MESTANZA, R. 2003. *Cultivo del tomatito nativo, tomatillo, uvilla o Aguaymanto.* Cajamarca - Perú : Revista Innovación Agraria, 2003.

WEBER, H. 1989. *Contribución al conocimiento del género Rubus (Rosaceae) en la Península Ibérica.* España : Anales del Real Jardín Botánico de Madrid., 1989. 47(2): 327-338.

WESTLAND, S. 2001. *Colourwere color fórum. Frequently asked questions about Colour Phisics, versión 2.0.a Konica Minolta.* Gran Bretaña : s.n., 2001.

YANAHULLCA, A. 2019. *Determinación de capacidad antioxidante y compuestos bioactivos (fenolicos)de los frutos silvestres: Siraca roja, Siraca negra y pacra.* Andahuaylas - Perú : s.n., 2019.

ZUOLETA, M. 2017. *Efecto de la temperatura en la calidad fisicoquímica de los frutos de zarzamora (Rubus robustus C. Presl).* Cajamarca : s.n., 2017.



ANEXOS



ANEXO I Proceso de selección previo análisis.

A) Tratamiento de muestras previa congelación



Figura 27 — Recepción de materia prima (frutos andinos)



Figura 28 — Selección y clasificación, separándose la parte comestible de tallos, cascara y hojas en su caso



Figura 29 — Lavado de frutos andinos con agua ultra pura, previo envasado



Figura 30 — Envasado de frutas en bolsas de polietileno transparente con cierre hermético

B) Color de frutos congelados por método CIELab.

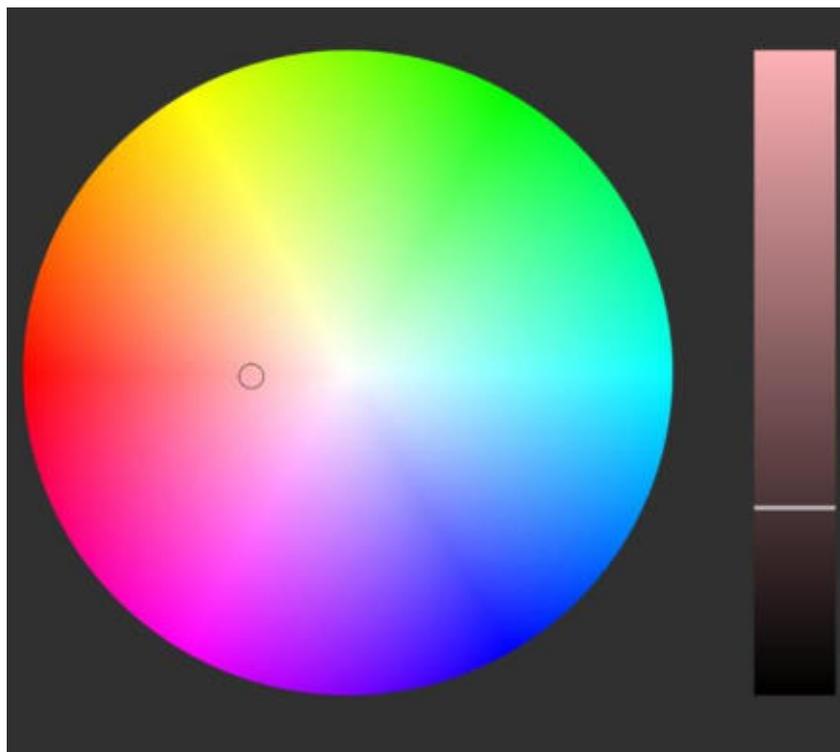


Figura 31 — Cromacidad del fruto Macha macha

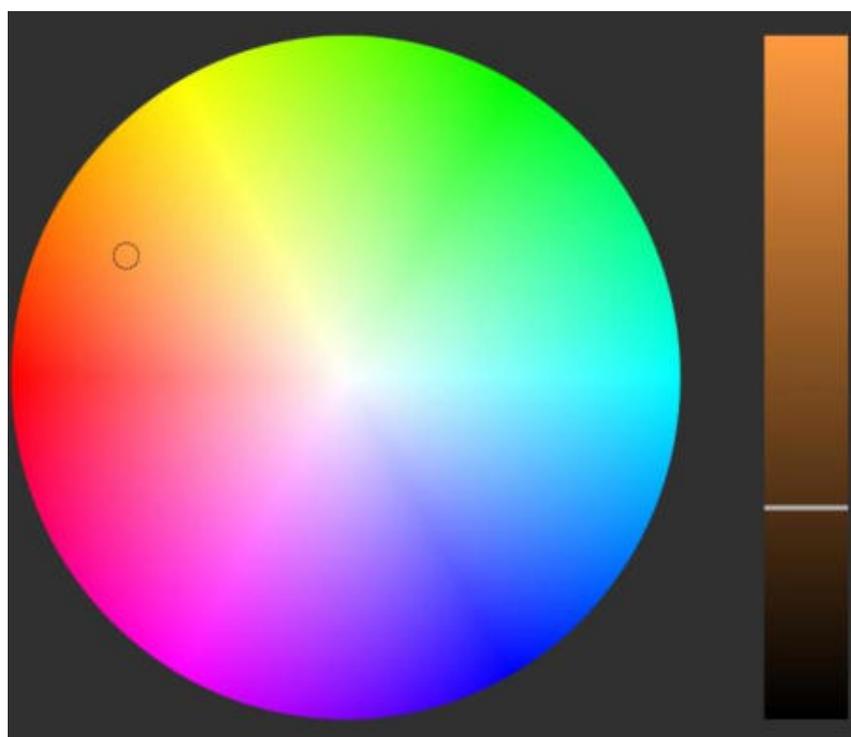


Figura 32 — Cromacidad del fruto Aguaymanto

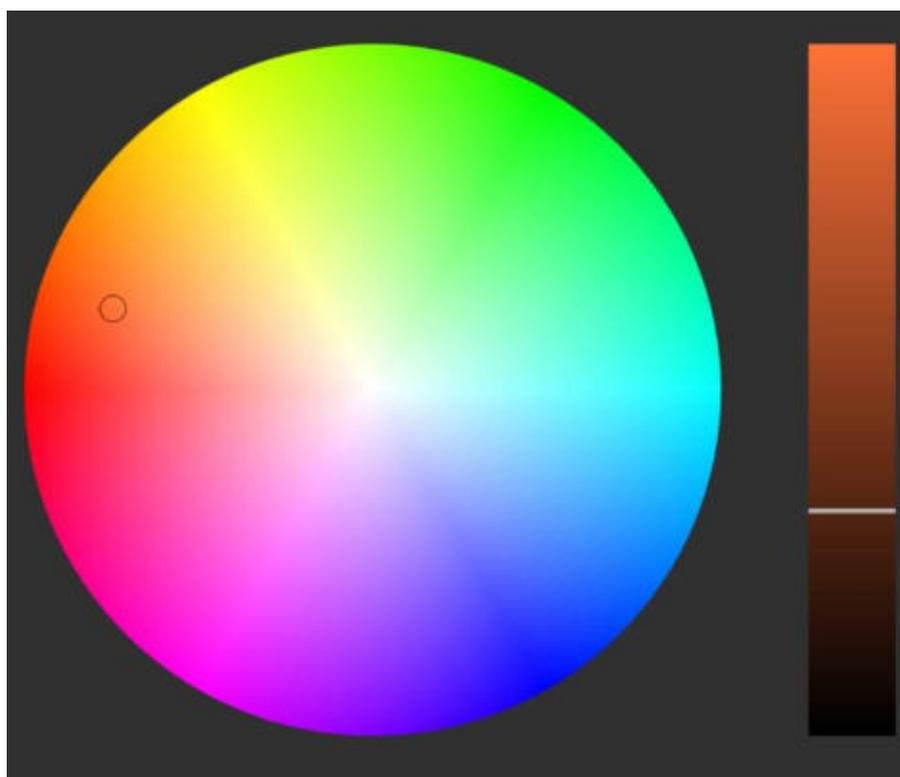


Figura 33 — Cromacidad del fruto Tomatillo

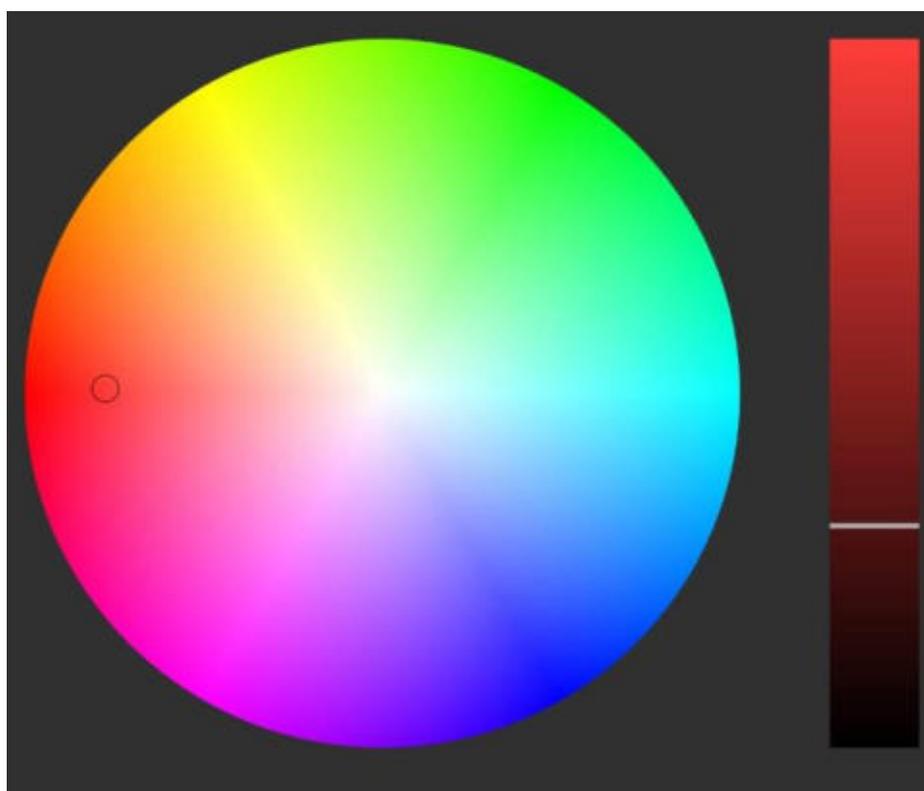


Figura 34 — Cromacidad del fruto Siraca

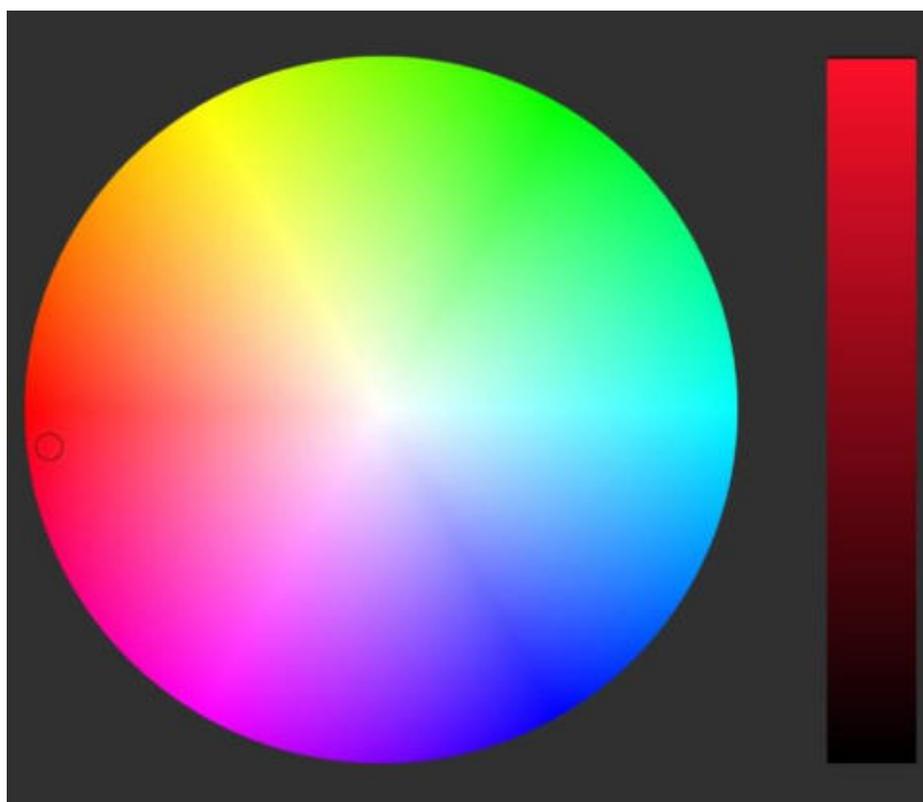


Figura 35 — Cromacidad del fruto Tankar



SERFOR

Firmado digitalmente por GONZALEZ Edison Abel FAU
20962634927.pdf
Cargo: Especialista Forestal
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 18.01.2021 15:32:53 -05:00

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

Abancay, 18 de Enero del 2021

RA N° D000011-2021-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-APURIMAC

EXP. N° : 2021-0001118
ADMINISTRADOS : RUTH MERY CCOPA FLORES Y OTROS.
MATERIA : OTORGAMIENTO DE AUTORIZACION CON FINES DE INVESTIGACION CIENTIFICA DE FLORA SILVESTRE.

VISTO:

El Informe Técnico N° D000001-2021-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-APURIMAC, de fecha 15 de enero del 2021, mediante el cual se evaluó la solicitud de autorización con fines de investigación científica de flora silvestre sin contrato de acceso a recursos genético, con el título "Potencial de nutrientes y bioactividad de frutos y granos andinos de la región Apurímac", cuya investigadora principal es la docente ordinaria asociada de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac RUTH MERY CCOPA FLORES, identificada con DNI N° 02297881, de nacionalidad peruana, con dirección domiciliaria en la Asoc. Las Torres Mz. "B" Lt. 09, del distrito y provincia Abancay, departamento de Apurímac, demás actuados, y;

CONSIDERANDO:

Que, mediante Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre se crea el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre-SERFOR, como organismo público técnico especializado con personería jurídica de derecho público interno y como pliego presupuestal adscrito al Ministerio de Agricultura. El SERFOR es la autoridad nacional forestal y de fauna silvestre;

Que, el Reglamento de Organización y Funciones del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre-SERFOR, aprobado mediante Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI, modificado por el Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI en su primera Disposición Complementaria Transitoria señala que, las Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre se incorporan al SERFOR, como órganos desconcentrados de actuación local del SERFOR en tanto se concluya el proceso de transferencia de funciones descritas en los literales e) y q) del artículo 51° de la Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales corresponde a la Dirección Ejecutiva crear, delimitar y reubicar las Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre;

Que, conforme a lo anotado precedentemente, la décimo séptima disposición complementaria final del Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI, que aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal, establece lo siguiente: "En los casos donde no se haya realizado la transferencia de competencias sectoriales en materia forestal y de fauna silvestre, el SERFOR ejerce las funciones con ARFFS, a través de las Administraciones Técnicas Forestales y de fauna Silvestre (ATFFS), hasta que culmine la transferencia antes mencionada";

Que, por otro lado, el artículo 2 de la Ley N° 31075, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, señala que, el Ministerio de Agricultura y Riego se denomina Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Toda referencia normativa al Ministerio de Agricultura o al Ministerio de Agricultura y Riego debe ser entendida como efectuada al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego;

Que, respecto a la investigación, mediante los artículos 137 y 138 de la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre. Se declara de interés nacional la investigación, el desarrollo tecnológico, la mejora de conocimiento y el monitoreo del Estado de conservación del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación. El Estado a través de entidades educativas de investigación o mediante iniciativas privadas, prioriza, promueve y coordina la investigación básica y aplicada, así como el desarrollo tecnológico en el manejo, aprovechamiento,

Firmado digitalmente por ALVAROZ ALBERTO William Marco FAU
20962634927.pdf
Motivo: Soy V° R°
Fecha: 18.01.2021 15:27:22 -05:00

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: A13FCPNL

Figura 36 — Autorización para colecta de muestras - SERFOR



ANEXO II Resultados (tres repeticiones) de características fisicoquímicas, composición nutricional y bioactivo en frutos, congelado y liofilizado

**A) Resultados de las características fisicoquímicas, en frutos congelados
Siraca**

Tabla 46 — Análisis de varianza (ANVA) de capacidad antioxidante en frutos, congelado y liofilizado

Siraca			
Propiedades	R1	R2	R3
pH	2,56	2,56	2,55
°Brix	6,00	6,00	6,00
L*	10,48	12,08	11,02
a*	48,80	49,17	46,88
b*	13,81	14,79	13,69
Tankar			
Propiedades	R1	R2	R3
pH	2,67	2,65	2,65
°Brix	7,00	7,00	7,00
L*	7,54	7,75	7,83
a*	41,90	40,31	40,74
b*	16,05	15,63	16,05
Macha macha			
Propiedades	R1	R2	R3
pH	5,10	5,11	5,11
°Brix	4,50	4,50	4,60
L*	24,34	22,25	22,50
a*	9,95	11,21	11,70
b*	3,27	3,25	3,20
Tomatillo			
Propiedades	R1	R2	R3
pH	3,43	3,42	3,43
°Brix	9,60	9,70	9,60
L*	18,24	16,39	15,35
a*	23,28	29,44	32,42
b*	17,91	16,42	16,75
Aguaymanto			
Propiedades	R1	R2	R3
pH	3,72	3,70	3,70
°Brix	10,00	10,00	10,00
L*	21,39	20,61	20,24
a*	19,36	20,24	20,34
b*	23,74	22,01	19,71

B) Resultados de la composición nutricional en fruto, congelado y liofilizado.



Tabla 47 — Resultados de la composición nutricional fruto Siraca congelado

Fruto Siraca congelado			
Propiedades	R1	R2	R3
Humedad (%)	74.4	76.1	74.89
Proteína (%)	1.66	1.6	1.6
Grasa (%)	0.5	0.6	0.55
Ceniza (%)	0.77	0.81	0.91
Fibra (%)	8.8	8	8.4
Carbohidratos (%)	22.67	20.89	22.05
Calcio (mg/100g)	19.1	18	18.4
Fósforo (mg/100g)	9.9	10.2	10.65
Hierro (mg/100g)	0.5	0.46	0.63

Tabla 48 — Resultados de la composición nutricional fruto Tankar congelado

Propiedades	R1	R2	R3
Humedad (%)	81.9	82.6	83
Proteína (%)	1.57	1.65	1.61
Grasa (%)	0.51	0.44	0.43
Ceniza (%)	0.59	0.64	0.57
Fibra (%)	6.4	5.96	5.94
Carbohidratos (%)	15.43	14.67	14.39
Calcio (mg/100g)	3.3	2.6	2.8
Fósforo (mg/100g)	5.7	5.9	6.4
Hierro (mg/100g)	0.3	0.2	0.16

Tabla 49 — Resultados de la composición nutricional fruto Macha macha congelado

Propiedades	R1	R2	R3
Humedad (%)	87.9	88.5	90.27
Proteína (%)	0.8	0.72	0.79
Grasa (%)	0.48	0.58	0.53
Ceniza (%)	0.35	0.37	0.42
Fibra (%)	3.8	3	2.8
Carbohidratos (%)	10.47	9.83	7.99
Calcio (mg/100g)	24.2	20.3	20.6
Fósfor (mg/100g)	2.66	2.52	2.62
Hierro (mg/100g)	0.42	0.38	0.4



Tabla 50 — Resultados de la composición nutricional fruto Tomatillo congelado

Propiedades	R1	R2	R3
Humedad (%)	89.4	90.6	87.81
Proteína (%)	0.6	0.62	0.76
Grasa (%)	0.21	0.16	0.23
Ceniza (%)	0.58	0.62	0.6
Fibra (%)	2.6	2.3	2.3
Carbohidratos (%)	9.21	8	10.6
Calcio (mg/100g)	5.6	5.1	4.42
Fósfor (mg/100g)	3.45	3.5	3.64
Hierro (mg/100g)	0.48	0.45	0.48

Tabla 51 — Resultados de la composición nutricional fruto Aguaymanto congelado

Propiedades	R1	R2	R3
Humedad (%)	82	83.4	81.86
Proteína (%)	1.75	1.88	1.77
Grasa (%)	0.74	0.71	0.8
Ceniza (%)	0.71	0.8	0.8
Fibra (%)	6	5.9	4
Carbohidratos (%)	14.8	13.21	14.77
Calcio (mg/100g)	7.2	6.6	6.6
Fósfor (mg/100g)	6.6	6	6
Hierro (mg/100g)	2.74	0.32	0.36

C) Resultados de la composición bioactiva en fruto, congelado y liofilizado.

Tabla 52 — Resultados de la composición nutricional fruto Siraca liofilizada

Propiedades	R1	R2	R3
Polifenoles totales (mg Eq AG/100g)	100.19	100.83	101.25
Antocianinas totales (mg Eq cianidina-3-glucósido/100g)	121.65	120.99	122.14
Capacidad antioxidante (mg Eq Trolox CI50/100g)	15.224	15.164	15.194
Carotenoides totales (mg/100g)	7.34	7.307	8.181



Tabla 53 — Resultados de la composición nutricional fruto Tankar liofilizada

Propiedades	R1	R2	R3
Polifenoles totales (mg Eq AG/100g)	96.67	97.47	96.67
Antocianinas totales (mg Eq cianidina-3- glucósido/100g)	105.89	114.7	116.21
Capacidad antioxidante (mg Eq Trolox CI50/100g)	81.491	81.702	81.913
Carotenoides totales (mg/100g)	12.725	3.023	12.523

Tabla 54 — Resultados de la composición nutricional fruto Macha macha liofilizada

Propiedades	R1	R2	R3
Polifenoles totales (mg Eq AG/100g)	47.93	48.12	47.2
Antocianinas totales (mg Eq cianidina-3- glucósido/100g)	ND	ND	ND
Capacidad antioxidante (mg Eq Trolox CI50/100g)	23.066	22.808	22.937
Carotenoides totales (mg/100g)	0.056	0.04	0.04

Tabla 55 — Resultados de la composición nutricional fruto Tomatillo liofilizada

Propiedades	R1	R2	R3
Polifenoles totales (mg Eq AG/100g)	65.45	63.4	62.66
Antocianinas totales (mg Eq cianidina-3- glucósido/100g)			
Capacidad antioxidante (mg Eq Trolox CI50/100g)	24.913	24.587	24.522
Carotenoides totales (mg/100g)	50.413	50.802	50.4



Tabla 56 — Resultados de la composición nutricional fruto Aguaymanto liofilizada

Propiedades	R1	R2	R3
Humedad (%)	82	83.4	81.86
Proteína (%)	1.75	1.88	1.77
Grasa (%)	0.74	0.71	0.8
Ceniza (%)	0.71	0.8	0.8
Fibra (%)	6	5.9	4
Carbohidratos (%)	14.8	13.21	14.77
Calcio (mg/100g)	7.2	6.6	6.6
Fósforo (mg/100g)	6.6	6	6
Hierro (mg/100g)	2.74	0.32	0.36



ANEXO 3. Comparación de medias Tukey características fisicoquímicas, composición nutricional y bioactivo en frutos, congelado y liofilizado.

A) Comparación de medias Tukey características fisicoquímicas en frutos, congelado.

A.1. Comparación de medias Tukey, pH.

Tabla 57 — Comparación de medias Tukey, pH

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02301				
Error: 0.0001 gl: 10				
Fruto	Medias	n	E.E.	
Siraca	2.56	3	4.90E-03	A
Tankar	2.66	3	4.90E-03	B
Tomatillo	3.43	3	4.90E-03	C
Aguaymanto	3.71	3	4.90E-03	D
Macha macha	5.11	3	4.90E-03	E
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)				

A.2. Comparación de medias Tukey, solidos solubles totales (SST)

Tabla 58 — Comparación de medias solidos solubles totales (SST)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09812				
Error: 0.0013 gl: 10				
Fruto	Medias	n	E.E.	
Macha macha	4.53	3	2.00E-02	A
Siraca	6	3	2.00E-02	B
Tankar	7	3	2.00E-02	C
Tomatillo	9.63	3	2.00E-02	D
Aguaymanto	10	3	2.00E-02	E
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)				



A.3. Comparación de medias Tukey, Color (CIEL*a*b*)

Tabla 59 — Parametro L*

Test:Tukey Alfa=0.05				
DMS=2.54217				
Error: 0.8950 gl: 10				
Fruto	Medias	n	E.E.	
Tankar	7.71	3	5.50E-01	A
Siraca	11.19	3	5.50E-01	B
Tomatillo	16.66	3	5.50E-01	C
Aguaymanto	20.75	3	5.50E-01	D
Macha macha	23.03	3	5.50E-01	D
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)				

Tabla 60 — Parámetro a*

Test:Tukey Alfa=0.05				
DMS=0.09812				
Error: 0.0013 gl: 10				
Fruto	Medias	n	E.E.	
Macha macha	10.95	3	1.29E+00	A
Siraca	19.98	3	1.29E+00	B
Tankar	28.38	3	1.29E+00	C
Tomatillo	40.98	3	1.29E+00	D
Aguaymanto	48.28	3	1.29E+00	E
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)				

Tabla 61 — Parámetro b*

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.72027				
Error: 1.0248 gl: 10				
Fruto	Medias	n	E.E.	
Macha macha	3.24	3	5.80E-01	A
Siraca	14.1	3	5.80E-01	B
Tankar	15.91	3	5.80E-01	B C
Tomatillo	17.03	3	5.80E-01	C
Aguaymanto	21.82	3	5.80E-01	D
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)				



B) Comparación de medias Tukey composición fisicoquímica en frutos, congelado y liofilizado.

B.1. Comparación de medias Tukey, porcentaje de humedad.

Tabla 62 — Porcentaje de humedad

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.10586					
Error: 0.5305 gl: 20					
Fruto	Fruto	Medias	n	E.E.	
Siraca	Liofilizado	2.65	3	0.42	A
Macha macha	Liofilizado	2.66	3	0.42	A
Aguaymanto	Liofilizado	3.08	3	0.42	A
Tankar	Liofilizado	3.28	3	0.42	A
Tomatillo	Liofilizado	4.17	3	0.42	A
Siraca	Congelado	75.13	3	0.42	B
Aguaymanto	Congelado	82.42	3	0.42	C
Tankar	Congelado	82.5	3	0.42	C
Macha macha	Congelado	88.89	3	0.42	D
Tomatillo	Congelado	89.27	3	0.42	D
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

B.2. Comparación de medias Tukey, porcentaje de proteína.

Tabla 63 — Porcentaje de proteína

Test: Tukey Alfa=0.05					
DMS=0.69722					
Error: 0.0582 gl: 20					
Fruto	Fruto	Medias	n	E.E.	
Macha macha	Liofilizado	3.95	3	0.31	A
Siraca	Liofilizado	5.84	3	0.31	B
Tomatillo	Congelado	6.16	3	0.31	B C
Siraca	Congelado	6.51	3	0.31	B C
Macha macha	Congelado	7.00	3	0.31	B C
Aguaymanto	Liofilizado	7.42	3	0.31	C
Tankar	Congelado	9.21	3	0.31	D
Aguaymanto	Congelado	10.27	3	0.31	D E
Tankar	Liofilizado	10.62	3	0.31	D E
Tomatillo	Liofilizado	11.42	3	0.31	E
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					



B.3. Comparación de medias Tukey, porcentaje de grasa.

Tabla 64 — Porcentaje de grasa

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.41039						
Error: 1.3913 gl: 20						
Fruto	Fruto	Medias	n	E.E.		
Tomatillo	Liofilizado	1.75	3	0.16	A	
Tomatillo	Congelado	1.86	3	0.16	A	B
Siraca	Congelado	2.22	3	0.16	A	B
Siraca	Liofilizado	2.38	3	0.16	A	B
Tankar	Congelado	2.63	3	0.16		B
Aguaymanto	Liofilizado	3.93	3	0.16		C
Tankar	Liofilizado	4.20	3	0.16		C D
Aguaymanto	Congelado	4.27	3	0.16		C D
Macha macha	Liofilizado	4.44	3	0.16		C D
Macha macha	Congelado	4.82	3	0.16		D
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)						

B.4. Comparación de medias Tukey, porcentaje de ceniza.

Tabla 65 — Porcentaje de ceniza

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.18827						
Error: 0.0042 gl: 20						
Fruto	Fruto	Medias	n	E.E.		
Macha macha	Liofilizado	2.96	3	0.24	A	
Tankar	Liofilizado	3.12	3	0.24	A	
Siraca	Liofilizado	3.17	3	0.24	A	
Siraca	Congelado	3.34	3	0.24	A	B
Tankar	Congelado	3.43	3	0.24	A	B
Macha macha	Congelado	3.48	3	0.24	A	B
Aguaymanto	Congelado	4.39	3	0.24		B C
Aguaymanto	Liofilizado	4.90	3	0.24		C D
Tomatillo	Liofilizado	5.48	3	0.24		C D
Tomatillo	Congelado	5.66	3	0.24		D
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)						



B.5. Comparación de medias Tukey, porcentaje de fibra.

Tabla 66 — Porcentaje de fibra

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.25217						
Error: 0.6068 gl: 20						
Fruto	Fruto	Medias	n	E.E.		
Tomatillo	Liofilizado	22.50	3	1.58	A	
Tomatillo	Congelado	22.62	3	1.58	A	
Macha macha	Congelado	28.76	3	1.58	A	B
Macha macha	Liofilizado	29.20	3	1.58	A	B
Aguaymanto	Congelado	30.31	3	1.58	A	B
Aguaymanto	Liofilizado	31.70	3	1.58		B
Tankar	Liofilizado	33.10	3	1.58		B
Siraca	Congelado	33.77	3	1.58		B
Tankar	Congelado	34.85	3	1.58		B
Siraca	Liofilizado	35.90	3	1.58		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

B.6. Comparación de medias Tukey, porcentaje de carbohidratos.

Tabla 67 — Porcentaje de carbohidratos

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.11304						
Error: 0.5341 gl: 20						
Fruto	Fruto	Medias	n	E.E.		
Aguaymanto	Congelado	81.07	3	0.56	A	
Tomatillo	Liofilizado	81.32	3	0.56	A	
Tankar	Liofilizado	82.06	3	0.56	A	B
Aguaymanto	Liofilizado	83.75	3	0.56	A	B C
Macha macha	Congelado	84.71	3	0.56		B C
Tankar	Congelado	84.74	3	0.56		B C
Tomatillo	Congelado	86.32	3	0.56		C D
Siraca	Congelado	87.92	3	0.56		D
Siraca	Liofilizado	88.61	3	0.56		D
Macha macha	Liofilizado	88.65	3	0.56		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

C) Comparación de medias Tukey composición de vitaminas en frutos, congelado y liofilizado.

C.1. Comparación de medias Tukey, composición de vitamina A.



Tabla 68 — Composición de vitamina A

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.86459					
Error: 0.0894 gl: 20					
Fruto	Fruto	Medias	n	E.E.	
Macha macha	Liofilizado	0.31	3	3.12	A
Macha macha	Congelado	0.41	3	3.12	A
Tankar	Congelado	0.98	3	3.12	A
Siraca	Liofilizado	1.35	3	3.12	A
Siraca	Congelado	3.23	3	3.12	A
Tankar	Liofilizado	3.64	3	3.12	A
Aguaymanto	Congelado	75.45	3	3.12	B
Tomatillo	Liofilizado	89.94	3	3.12	B
Tomatillo	Congelado	125.87	3	3.12	C
Aguaymanto	Liofilizado	176.24	3	3.12	D
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)					

C.2. Comparación de medias Tukey, composición de vitamina E.

Tabla 69 — Composición de vitamina E

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.40102					
Error: 0.6896 gl: 20					
Fruto	Fruto	Medias	n	E.E.	
Tankar	Congelado	2.46	3	2.07	A
Tankar	Liofilizado	4.11	3	2.07	A
Macha macha	Liofilizado	5.71	3	2.07	A B
Aguaymanto	Liofilizado	6.73	3	2.07	A B
Siraca	Liofilizado	6.83	3	2.07	A B
Aguaymanto	Congelado	14.79	3	2.07	B C
Tomatillo	Liofilizado	17.38	3	2.07	C
Macha macha	Congelado	19.89	3	2.07	C
Siraca	Congelado	21.57	3	2.07	C
Tomatillo	Congelado	41.04	3	2.07	
D					
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)					



D) Comparación de medias Tukey composición de minerales en frutos, congelado y liofilizado.

D.1. Comparación de medias Tukey, composición de Calcio.

Tabla 70 — Composición de vitamina A

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.81836						
Error: 1.7441 gl: 20						
Fruto	Fruto	Medias	n	E.E.		
Tankar	Liofilizado	11.20	3	3.83	A	
Tankar	Congelado	16.55	3	3.83	A	
Tomatillo	Liofilizado	38.00	3	3.83	B	
Aguaymanto	Congelado	38.71	3	3.83	B	
Aguaymanto	Liofilizado	43.60	3	3.83	B	C
Tomatillo	Congelado	47.78	3	3.83	B	C
Siraca	Liofilizado	59.30	3	3.83		C D
Siraca	Congelado	74.40	3	3.83		D
Macha macha	Congelado	196.08	3	3.83		E
Macha macha	Liofilizado	228.70	3	3.83		F
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)						

D.2. Comparación de medias Tukey, composición de Fosforo.

Tabla 71 — Composición de Fosforo

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.50684						
Error: 0.7517 gl: 20						
Fruto	Fruto	Medias	n	E.E.		
Macha macha	Liofilizado	21.30	3	1.26	A	
Macha macha	Congelado	23.61	3	1.26	A	
Tomatillo	Liofilizado	30.90	3	1.26	B	
Tankar	Liofilizado	32.60	3	1.26	B	C
Tomatillo	Congelado	33.21	3	1.26	B	C
Tankar	Congelado	34.35	3	1.26	B	C
Aguaymanto	Congelado	35.30	3	1.26	B	C D
Siraca	Liofilizado	38.00	3	1.26		C D E
Siraca	Congelado	41.25	3	1.26		D E
Aguaymanto	Liofilizado	42.90	3	1.26		E
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)						



D.3. Comparación de medias Tukey, composición de Hierro.

Tabla 72 — Composición de Hierro

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.29829					
Error: 0.2016 gl: 20					
Fruto	Fruto	Medias	n	E.E.	
Tankar	Congelado	1.25	3	1.41	A
Tankar	Liofilizado	1.30	3	1.41	A
Siraca	Liofilizado	1.80	3	1.41	A
Aguaymanto	Liofilizado	2.00	3	1.41	A
Siraca	Congelado	2.13	3	1.41	A
Macha macha	Liofilizado	3.46	3	1.41	A
Macha macha	Congelado	3.63	3	1.41	A
Tomatillo	Liofilizado	4.30	3	1.41	A
Tomatillo	Congelado	4.42	3	1.41	A
Aguaymanto	Congelado	6.38	3	1.41	A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

E) Comparación de medias Tukey composición bioactiva en frutos, congelado y liofilizado.

E.1. Comparación de medias Tukey, composición de polifenoles totales.

Tabla 73 — Composición de polifenoles totales

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.82439					
Error: 1.7496 gl: 20					
Fruto	Fruto	Medias	n	E.E.	
Aguaymanto	Liofilizado	66.30	3	17.65	A
Aguaymanto	Congelado	73.45	3	17.65	A
Tomatillo	Liofilizado	144.59	3	17.65	A B
Macha macha	Liofilizado	164.13	3	17.65	B
Siraca	Liofilizado	165.77	3	17.65	B
Tankar	Liofilizado	206.59	3	17.65	B
Siraca	Congelado	405.49	3	17.65	C
Macha macha	Congelado	433.22	3	17.65	C
Tankar	Congelado	554.64	3	17.65	D
Tomatillo	Congelado	601.98	3	17.65	D
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					



E.2. Comparación de medias Tukey, composición de antocianinas totales.

Tabla 74 — Composición de antocianinas totales

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.19045					
Error: 0.0048 gl: 12					
Fruto	Fruto	Medias	n	E.E.	
Aguaymanto	0.00	6	0.60	A	
Tomatillo	0.00	6	0.60	A	
Macha macha	6.89	6	0.60		B
Siraca	13.38	6	0.60		C
Tankar	63.86	6	0.60		D
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)</i>					

E.3. Comparación de medias Tukey, composición de carotenoides totales.

Tabla 75 — Composición de carotenoides totales

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.92250					
Error: 4.1959 gl: 20					
Fruto	Fruto	Medias	n	E.E.	
Macha macha	Liofilizado	0.31	3	13.00	A
Macha macha	Congelado	0.41	3	13.00	A
Siraca	Liofilizado	4.32	3	13.00	A
Tankar	Liofilizado	4.32	3	13.00	A
Siraca	Congelado	30.61	3	13.00	A
Tankar	Congelado	53.78	3	13.00	A B
Aguaymanto	Congelado	107.09	3	13.00	B
Aguaymanto	Liofilizado	272.95	3	13.00	C
Tomatillo	Liofilizado	357.85	3	13.00	D
Tomatillo	Congelado	476.50	3	13.00	E
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)</i>					



E.1. Comparación de medias Tukey, capacidad antioxidante.

Tabla 76 — Capacidad antioxidante

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.92537					
Error: 0.4434 gl: 20					
Fruto	Fruto	Medias	n	E.E.	
Tomatillo	Liofilizado	54.83	3	7.72	A
Siraca	Congelado	61.14	3	7.72	A
Macha macha	Liofilizado	82.70	3	7.72	A B
Aguaymanto	Liofilizado	107.46	3	7.72	B C
Aguaymanto	Congelado	134.12	3	7.72	C
Macha macha	Congelado	208.23	3	7.72	D
Siraca	Liofilizado	232.19	3	7.72	D
Tomatillo	Congelado	232.58	3	7.72	D
Tankar	Liofilizado	277.91	3	7.72	E
Tankar	Congelado	467.21	3	7.72	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



ANEXO 4. Procedimiento de análisis de características fisicoquímicas, compuestos nutricionales y bioactivos.

A) Determinación de características fisicoquímicas

La determinación de los valores características fisicoquímicas en frutos congelados, se realizó en el Laboratorio Análisis de Alimentos, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac

A.1. Determinación de sólidos solubles totales

Para determinar los grados Brix de los frutos congelados se usó un refractómetro manual.

Procedimiento

- Se puso una o dos gotas de muestra sobre el prisma.
- Se cubrió cuidadosamente el prisma con la tapa.
- Orientando el aparato hacia una fuente de luz, se observó con el ojo a través del campo visual.
- En el campo visual, se vio una transición de un campo claro a uno oscuro. Leyendo así el número correspondiente en la escalera. Este corresponde al % en sacarosa de la muestra.

A.2. Determinación de pH

Para determinar el valor del pH, se utilizó el potenciómetro calibrándose antes de cada determinación con las soluciones tampón pH 4.0 y pH 7.0 y en seguida se tomó la medidas de pH en los frutos.

A.3. Determinación de Color

Se caracterizó el color de frutos enteros congelados.

Procedimiento

Se aseguró que antes de poner en marcha el dispositivo tenga el acumulador instalado y esté conectado a una fuente de alimentación externa.

Pulsamos el botón de encendido/apagado. Donde aparece la pantalla inicio para la medición del valor estándar (“Standard Measurement”). Los parámetros reajustados son estos $L^*a^*b^*$.

Seguidamente se mantuvo el botón de medir apretado, ahora aparece un foco de luz que sirve para posicionar sobre el lugar donde se quiere medir.



El fruto congelado se acercó sobre el dispositivo para realizar la medición, después se soltó el botón de medir y el dispositivo realizó la medición.

Los resultados de medición estándar se muestran en la pantalla.

B) Determinación de compuestos nutricionales:

Para la determinación de los valores nutricionales, las muestras fueron enviadas a la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco; Laboratorio de Análisis Químico, Departamento Académico de Química y Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría de la Facultad de Ciencias, respectivamente.

B.1. Humedad

Procedimiento

Pesar 5 gramos de muestra con aproximación de 0.1 mg en un pesa sustancia. Dejar en Estufa a 90°C por 24 horas, hasta peso constante y calcular.

B.2. Proteína

Procedimiento

Pesar 1 gramo de muestra, pasar al balón de digestión, añadir 0.2 g de mezcla oxidante, luego 20 ml de Ácido sulfúrico, seguidamente llevar al Digestor por 6 Horas. Luego por arrastre de vapor destilar añadiendo 20 ml de Hidróxido de Sodio del 40% y recoger en 50 ml de ácido Sulfúrico de 0.01N, que contiene indicador mixto, luego se valor con Hidróxido de Sodio 0.01N, la diferencia del volumen se utiliza para el Cálculo.

B.3. Grasa

Procedimiento

Pesar de 3 a 5 gramos de muestra seca en el capuchón y adecuarlo para la determinación de Grasa; poner el capuchón en el cuerpo del Soxhlet, armar el equipo, agregar el Hexano en el cuerpo y Balón y juntar los esmerilados para sellar el equipo, y calentar con la plancha calefactora y regular los reflujos, este proceso dura 6 Horas según sea el caso de muestra. La grasa extraída se elimina completamente el solvente se enfría y pesa y Calcular.

B.4. Ceniza

Procedimiento



Pesar de 2 a 3 g de muestra en los crisoles, con aproximación de 0.1mg. Luego someter a temperatura de 480°C en una Mufla, por un tiempo de 8 Horas, enfriar, con la pinza colocar en el desecador, frío pesar y calcular.

B.5. Fibra

Procedimiento

Pesar 1 g. de muestra, pasar al balón de reflujo, añadir 50 ml de la solución de Acido sulfúrico 1.25% y reflujar con temperatura de ebullición por un tiempo de 30 minutos, luego de neutralizar con lavados esta muestra someter a reflujo con la solución de Hidróxido de sodio 1.25% por 30 minutos. Filtrar en el embudo de Busner con ayuda de la bomba de vacío, equipado con el Kita sato, lavar con agua y finalmente con Etanol, secar y la diferencia del papel y el filtrado usar para calcular.

B.7. Determinación de Vitamina A

Procedimiento

- En ambiente oscuro las muestras congeladas se mezclaron en homogenizador para hielo (licuadora)
- En un tubo Falcón se pesó aproximadamente 1.0 g del homogenizado, se añadió 5 mL de Acetona, se homogenizó en Vortex VWR por 5 minutos, se centrifugó a 4000 rpm.
- Al filtrado se añadió 1 ml de Cloroformo luego se homogenizó por 1 minuto.
- Se añadió 2 ml de agua, se homogenizo por 1 minuto.
- Se transfirió 1ml de la fase orgánica a un vial de 20 mL, se eliminó el solvente orgánico con gas Nitrógeno, se redisolvió con 1ml de la solución de la fase móvil HPLC.
- Se pasó por un filtro de jeringa de 0.45µm de poro a un vial de 2 mL antes del análisis por HPLC.
- Se preparó curva de calibración de 25.0, 50.0 y 100.0 µg/mL del estándar de
- Vitamina A en fase móvil

B.8. Determinación de Vitamina E

Procedimiento

- En ambiente oscuro las muestras congeladas se mezclaron en homogeneizador para hielo (licuadora).



- En un tubo Falcón se pesó aproximadamente 1.0 g del homogenizado, se añadió 5 mL de Acetona, se homogenizó en Vortex VWR por 5 minutos, se centrifugó a 4000 rpm.
- Al filtrado se añadió 1 ml de Cloroformo luego se homogenizó por 1 minuto.
- Se añadió 2 ml de agua, se homogenizo por 1 minuto.
- Se transfirió 1ml de la fase orgánica a un vial de 20 mL, se eliminó el solvente orgánico con gas Nitrógeno, se redisolvió con 1ml de la solución de la fase móvil HPLC.
- Se pasó por un filtro de jeringa de 0.45µm de poro a un vial de 2 mL antes del analisis por HPLC
- Se preparó curva de calibración de 25.0, 50.0, 100.0, 200.0 y 400.0 µg/mL del estándar de Alfa Tocoferol en fase móvil.

Determinación de minerales – Espectrofotometría de Absorción Atómica

B.9. Determinación de Calcio

Método adaptado, análisis químico cuantitativo, Daniel C. Harris, 2da. EDICION.

Procedimiento

A un volumen de muestra tratada se coloca en un vaso de 100 ml, se añade 1 ml de Buffer, luego el indicador Murexida, se mezcla y se procede a valorar con la solución de 0.01M de E.D.T.A. estandarizado hasta el viraje Azul, con el volumen gastado realizar los cálculos.

B.10. Determinación de Fosforo

Método adaptado de flujo continuo (análisis del agua, Jean Rodier 9º EDICION).

- Formación del complejo Fosfomolibdico, en medio de Ácido Ascórbico.
- Procedimiento
- Prepara la curva de calibración en los tubos de aforo 10ml, introducir una serie de volúmenes, que contenga 0, 5, 10, 15 y 20 µg de Fosforo, 2 ml de Reactivo y aforar a 10 ml, y leer a 650 nm en el Espectrofotómetro. Para la muestra tomar 1 ml u otro volumen según sea el caso, añadir en el mismo orden los reactivos y aforar, leer a 650 nm. Obtener los resultados de la curva de calibración.



B.11. Determinación de Fosforo

Método colorimétrico de la ortofenantrolina. Adaptado análisis del agua, Jean Rodier 9º EDICION.

- El Hierro iónico en medio ácido se reduce a ferroso con ácido ascórbico y se determina por colorimetría con Ortofenantrolina.
- Procedimiento
- Preparar la curva de calibración, con una serie de tubos introducir sucesivamente la solución de Hierro última dilución 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 ml; añadir 1 ml de ácido Clorhídrico 1N, 0.5 ml de acetato de Sodio, 0.3 ml de Ácido Ascórbico y 1 ml de solución Ortofenantrolina; dejar en reposo por 30 minutos y leer a 510 nm. A 1 ml de disolución de la ceniza, se procede añadir los reactivos en las mismas cantidades como en la curva de calibración y se procede a leer a 510 nm. Obtener los resultados a partir de la curva de calibración.

C) Determinación de compuestos bioactivos:

Para la determinación de compuestos bioactivos las muestras fueron enviadas a la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco; Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría de la Facultad de Ciencias.

C.1. Determinación de compuestos Fenólicos Totales

Procedimiento

- Se pesó aproximadamente 0.5 a 1 gr de muestra, se extrajo con 10 ml de Etanol al 70%, se homogenizo en un mortero, centrifugo a 4000 rpm GreedMed durante 10 min, y se almaceno a 4°C hasta el análisis.
- Se preparó curva de calibración de 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, y 16.0 ug/mL de Acido Gálico en Etanol 70%, se tomó un volumen de cada concentración y se mezcló con agua manteniendo 1700 µL de volumen total, se añadió 200µL de Na₂CO₃ 20% y 100 µL de Folin 0.2N para cada uno, se homogenizo, luego de 30 minutos se registró las absorbancias a 765 nm con un espectrofotómetro.
- Se utilizó el sobrenadante transparente, se tomó 100 µL de la muestra preparada y se procedió a registrar las absorbancias de la misma forma que el estándar.

C.2. Actividad Antioxidante

Procedimiento



- Se pesó aproximadamente 0.5 a 1 gr de muestra, se extrajo con 10 ml de Etanol al 70%, se homogenizo en un mortero, centrifugo a 4000 rpm GreedMed durante 10 min, y se almaceno a 4°C hasta el análisis.
- Se preparó una curva de calibración de 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, y 16.0 ug/mL de Trolox en etanol y sus respectivos blancos con etanol, se mezclaron con 1.5ml de DPPH 100mM se dejó en reposo en oscuridad durante 30 minutos se leyó las absorbancias remanente con un espectrofotómetro a 517nm.
- Se tomó un volumen del sobrenadante transparente de las muestras que tenga el 50% de la absorbancia del blanco, se mezclaron con 1.5mL de DPPH, se procedió a registrar las absorbancias al cabo de 30 minutos.
- Se halló la inhibición al 50% y se expresó en CI50 Equivalentes Trolox.

C.3. Antocianinas Totales

Procedimiento

- Se pesó aproximadamente 0.5 a 1 gr de muestra, se extrajo con 10 ml de Etanol al 70%, se homogenizo en un mortero, centrifugo a 4000 rpm durante 10 min, y se almaceno a 4°C hasta el análisis.
- Se mezcló 1 parte de prueba de la muestra con 4 partes de solución amortiguadora, se determinó el factor de dilución con tampón de pH 1.0, hasta que la absorbancia a 520 nm esté entre 0.2 y 1.4
- Usando este factor de dilución, se preparó 2 diluciones de la muestra de prueba, una con tampón de pH 1.0 y la otra con tampón de pH 4.5 y se registró las absorbancias a 520 y 700 nm.

C.4. Determinación de Carotenoides

Procedimiento

- En ambiente oscuro las muestras congeladas se mezclaron en homogenizador para hielo (licuadora)
- En un tubo Falcón se pesó aproximadamente 1.0 g del homogenizado, se añadió 5 mL de Acetona, se homogenizó en Vortex VWR por 5 minutos, se centrifugó a 4000 rpm.
- Al filtrado se añadió 1 ml de Cloroformo luego se homogenizó por 1 minuto.
- Se añadió 2 ml de agua, se homogenizo por 1 minuto.



- Se transfirió 1ml de la fase orgánica a un vial de 20 mL, se eliminó el solvente orgánico con gas Nitrógeno, se redisolvió con 1ml de la solución de la fase móvil HPLC.
- Se pasó por un filtro de jeringa de 0.45µm de poro a un vial de 2 mL antes del análisis por HPLC.
- Se preparó curva de calibración de 25.0, 50.0 y 100.0 µg/mL del estándar de Vitamina A en fase móvil.



ANEXO V Proceso de liofilización

Tabla 77 — Relación de frutas durante el proceso de liofilización

MUESTRA	PESO DE MUESTRA CONGELADO (g)	PESO DE BANDEJA VACIA (g)	PESO DE MUESTRA LIOFILIZADA + BANDEJA (g)	PESO DE MUESTRA LIOFILIZADA (g)	% DE HUMEDAD
Aguaymanto	775.39	781.93	880.93	99	87.23223152
Aguaymanto	860.61	770.86	922.7	151.84	82.35670048
Tankar	468.86	138.67	225.35	86.68	81.51260504
Siraca	1130.07	771.99	1025.54	253.55	77.56333678
Tomatillo	631.54	772.14	867.97	95.83	84.82598094
Tomatillo	357.44	780.91	833.11	52.2	85.3961504
Macha macha	132.1	138.14	151.75	13.61	89.69719909
Macha macha	330.94	764.65	806.9	42.25	87.23333535

Tabla 78 — Paramétros del proceso de liofilización

Fase	Temperatura	Tiempo	Presion (Mbar)
Fase 1. Congelación	-15	10	0.0011
Fase 2. Secado primario	-20	24	
Fase 3. Secado secundario	23	15	

Temperatura inicial de muestra: 4°C

Tabla 79 — Paramétros del proceso de liofilización

Tiempo	Temperatura
1	4
10	-15
15	-13.958
25	-11.875
34	-10
49	23

