

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA



FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**TRABAJO DE FINAL DE CARRERA PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.**

**DETERMINACIÓN DEL CALOR DE RESPIRACIÓN
DE “*Myrciaria dubia* H.B.K ”(CAMU CAMU).**

Presentado por el Bachiller:

KIKE PAIMA DAHUA

Orientado por:

Dr. LITTMAN GONZALES RÍOS

IQUITOS-PERÚ

2014



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Iquitos, siendo las 17:10 horas del día miércoles 06 de junio del 2012, en el Auditorio del Centro de Investigaciones de Recursos Naturales de la Amazonia - CIRNA, de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, ubicado en el Psje. Los Paujiles s/n Nuevo San Lorenzo de esta ciudad, se dio inicio a la sustentación pública del Trabajo Final de Carrera intitulado "DETERMINACION DEL CALOR DE RESPIRACION DE *Myrciaria dubia* H.B.K. (CAMU CAMU)", presentado por el Bachiller KIKE PAJMA DAHUA, con el asesoramiento del Dr. Littman Gonzales Rios.

Estando el Jurado Calificador conformado por los siguientes miembros, según Resolución Decanal N° 081-FIA-UNAP-2012, del 30 de abril del 2012.

Dr. ALENGUER GERONIMO ALVA AREVALO	Presidente
Ing. MSc. SEGUNDO AREVALO DEL AGUILA	Miembro
Ing. JUAN ALBERTO FLORES GARAZATUA	Miembro
Ing. GIORGIO SERGIO URRO RODRIGUEZ	Miembro suplente

Siendo las 18:20 horas del mismo día, se dio por concluida la sustentación, habiendo sido Aprobado con la nota de 16 y el calificativo de Muy Bueno, estando el Bachiller apto para obtener el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias.

El Jurado Calificador hará llegar las correcciones que el sustentante haría, si el caso lo requiere.


DR. ALENGUER GERONIMO ALVA AREVALO
Presidente


ING. MSC. SEGUNDO AREVALO DEL AGUILA
Miembro Titular


ING. JUAN ALBERTO FLORES GARAZATUA
Miembro Titular

ING. GIORGIO SERGIO URRO RODRIGUEZ
Miembro Suplente

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis en primer lugar a nuestro Señor todo Poderoso "DIOS", porque ha estado conmigo guiando mi camino, dándome la sabiduría, la fuerza y la perseverancia para culminar con éxito una de las etapas más importantes de mi vida.

A mis padres Edson Paima Morales y Enith Dahua Manihuari, pilares fundamentales en mi vida quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, a ellos quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, es por ellos que soy lo que soy ahora.

A mis hermanos José Elías y Melissa por brindarme ese apoyo y esa motivación que tanto me hacía falta en ese momento de mi vida.

A mis sobrinos, Elías y Linda Abigail que aunque no todavía saben hablar me alegran la vida cada día.

A mi tía, quien con tanto sacrificio me ayudo desinteresada mente en los tramos finales de mi carrera.

Y por último a la persona que está en las buenas y las malas apoyándome en todo momento brindándome su amor y cariño y dándome la fuerza necesaria para seguir adelante, para ti princesa Estre.

AGRADECIMIENTO

Al **CIRNA** por alojarme en sus instalaciones, sin el cual no hubiera sido posible la realización de esta Tesis.

A mi asesor de Tesis, Dr. Littman Gonzales Ríos por su constante e inmenso apoyo, orientación y dirección durante todo este largo proceso.

A Luis Silva por la gentileza de sus enseñanzas en la preparación de las soluciones que se utilizo en esta tesis.

RESUMEN

En el presente trabajo se determinó la curva de la tasa de respiración de *Myrciaria dubia* **H.B.K.** (camu camu) almacenados a temperaturas de 5,10,20 y 28°C mediante la utilización de un respirómetro construido en el laboratorio del CIRNA, basado en el principio de recolección de CO₂ proveniente del proceso de respiración de los frutos de camucamu.

Para conseguir el objetivo en mención se construyó un sistema, donde el producto es colocado en un desecador y éste a su vez es instalado en el interior de una pequeña cámara de respiración, donde el aire circula a una temperatura establecida por la acción de un termostato.

El encargado de hacer circular aire en todo el sistema es una compresora, conectada a él por medio de tubos. El aire fue previamente tratado para retirar el CO₂ y luego conducido a través del desecador y posteriormente burbujeado en matraces conteniendo soluciones, conectados en serie.

Para medir el grado de confiabilidad del equipo y la veracidad de los resultados, se realizó una prueba de recuperación de CO₂ en los puntos críticos del equipo. Esta prueba consiste en simular una cantidad definida de CO₂ interno en el desecador y verificar su recuperación a través de la variación del número equivalente de la solución básica entre dos titulaciones. El CO₂ recuperado fue del 95.49%.

Con el sistema en funcionamiento fueron determinados los valores de la tasa de respiración y posteriormente el calor de respiración promedio del camu camu a temperaturas de 5,10,20 y 28°C, obteniendo como resultado del primer ensayo 993Kcal/Tn.día; del segundo 1181Kcal/Tn.día; del tercero 3335Kcal/Tn.día y del último ensayo se obtuvo un valor de 3453Kcal/Tn.día.

Los resultados indican que el camu camu es una fruta no climatérica, también se confirma que conforme aumenta la temperatura, aumenta también el valor del calor de respiración de la fruta estudiada, por tanto, una reducción de la temperatura implica una disminución de la respiración de la fruta, aumentando así su tiempo de almacenamiento (vida útil).

ABSTRACT

In the present work there decided the curve of the rate of breathing of *Myrciaria dubia* H.B.K. (Camu camu) stored to temperatures of 5,10,20 and 28°C by means of the utilization of a respirómetro constructed in the laboratory of the CIRNA, based on the beginning of compilation of CO₂ from the process of breathing of the fruits of camu camu.

To obtain the aim in mention there was constructed a system, where the product is placed in a desecador and this one in turn is installed inside a small chamber of breathing, where the air circulates to a temperature established by the action of a thermostat.

The manager in doing circular air in the whole system is a compresora, connected to by means of pipes. The air was before an agreement to withdraw the CO₂ and then led across the desecador and later bubbled in flasks containing solutions, connected in series.

To measure the degree of reliability of the equipment and the veracity of the results, there realized a test of recovery of CO₂ in the critical points of the equipment. This test boarder consists of simulating a definite quantity of CO₂ in the desecador and of checking his recovery across the variation of the equivalent number of the basic solution between two qualifications. The recovered CO₂ was 95.49 %.

With the system in functioning there were determined the values of the rate of breathing and later the heat of average breathing of the camu camu to temperatures of 5,10,20 and 28°C, obtaining as result of the first test 993Kcal/Tn.dia; of segundo 1181Kcal/Tn.dia; of the third party 3335Kcal/Tn.dia and of the last test there was obtained a value of 3453Kcal/Tn.dia.

The results indicate that the camu camu is a not climateric fruit, also it is confirmed that it should agree increases the temperature, increases also the value of the heat of breathing of the studied fruit, therefore, a reduction of the temperature implies a decrease of the breathing of the fruit, increasing this way his time of storage (useful life).

ÍNDICE.

	Pagina
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	
2.1. Aspectos botánicos	4
2.1.1. Identificación taxonómica	4
2.1.2. Origen y distribución geográfica	5
2.1.3. Población	6
2.1.4. Composición química y valor nutritivo del fruto	9
2.2. Usos del camucamu	11
2.2.1. Usos culinarios	11
2.2.2. Uso en el tratamiento de enfermedades	12
2.3. Cosecha	12
2.4. Caracterización fisiológica	13
2.4.1. Desarrollo fisiológico	13
2.4.2. Fisiología de la respiración	13
2.4.3. Respiración	14
2.4.4. Tipos de respiración	15
2.4.4.1. Respiración climatérica	15
2.4.4.2. Respiración no climatérica	16
2.4.5. Factores que afectan la respiración	18
2.4.5.1. Temperatura	18
2.4.5.2. Disponibilidad de oxígeno	19
2.4.5.3. Gas carbónico	19
2.4.5.4. Acumulación de etileno	20
2.4.6. Calor de respiración	20
2.4.6.1. Tasa de respiración	25
2.4.7. El cociente respiratorio	26
2.4.8. Medida de la respiración	27
2.4.8.1. Sistemas abiertos	27
2.4.8.2. Sistemas cerrados	28

	Página
2.4.8.2.1. Método por titulación	28
2.4.9. Transpiración	29
2.4.10. Etileno	29
2.4.10.1. Efectos del etileno sobre la maduración de las frutas	29
2.4.10.2. Efectos sobre las frutas y hortalizas	30
2.4.11. Maduración	31
2.4.11.1. Determinación del grado de madurez	32
2.5. Refrigeración	33
2.5.1. Danos por frio	34
2.5.2. Sintomatologías de los daños por frio	34
2.6. Vida útil (periodo de almacenamiento)	35

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales	38
3.1.1. Materia prima	38
3.1.2. Reactivos	38
3.1.3. Equipos	38
3.1.4. Materiales de laboratorio	38
3.1.4.1. Otros materiales	39
3.1.5. Diagrama de flujo	39
3.2. Método	41
3.2.1. Método químico volumétrico para determinación de la tasa respiratoria	41
3.2.2. Montaje y funcionamiento del prototipo	43
3.2.3. Prueba de recuperación de CO ₂	48
3.2.4. Preparación de las soluciones	49

IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	
		Pagina
4.1	Prueba de recuperación de CO ₂	53
4.2	Calor de respiración del camu camu(<i>Myrciaria dubia</i> H.B.K) a 5°C	54
4.3	Calor de respiración del camu camu(<i>Myrciaria dubia</i> H.B.K)a 10°C.	58
4.4	Calor de respiración del camu camu(<i>Myrciaria dubia</i> H.B.K)a 20°C.	61
4.5	Calor de respiración del camu camu(<i>Myrciaria dubia</i> H.B.K)a 28°C.	68
4.6	Calor de respiración en función de las Temperaturas.	70
4.7	Tasa de respiración acumulada en función de la Temperatura	72
V.	CONCLUSIONES	75
VI.	RECOMENDACIONES	78
VII.	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	80
VIII.	ANEXOS	90

LISTA DE TABLAS

CONTENIDO	Página
Tabla 1. Características diferenciales entre <i>Myrciaria dubia</i> y <i>Myrciaria sp</i> al estado natural.	5
Tabla 2. Poblaciones naturales de camu camu arbustivo (<i>Myrciaria dubia</i>) y de camu camu arbóreo (<i>Myrciaria sp.</i>) identificadas en la Amazonía Peruana (Mendoza <i>et al.</i> 1989)	8
Tabla 3. Composición química y nutricional por 100 g. de pulpa de camu-camu maduro.	9
Tabla 4. Contenido de ácido ascórbico, proteínas y carbohidratos (mg/100 g) en la pulpa de algunas frutas tropicales maduras.	10
Tabla 5. Contenido de ácido dehidroascórbico (ADHA) y ácido ascórbico (AA) en muestras selectas de alimentos y bebidas.	11
Tabla 6. Clasificación de algunos frutos comestibles de acuerdo con el comportamiento de su respiración durante la maduración organoléptica.	17
Tabla 7. Calor de respiración promedio aproximado de ciertas frutas y hortalizas.	22
Tabla 8. Determinación de la prueba de recuperación de CO ₂ dentro de la cámara de respiración.	53
Tabla 9. Calor de respiración a 5°C.	54
Tabla 10. Calor de respiración a 10 °C.	58
Tabla 11. Calor de respiración a 20 °C.	61
Tabla 12. Calor de respiración a 28 °C.	64

	Pagina
Tabla 13. Pérdida de peso del camu camu a diferentes temperaturas.	67
Tabla 14. Calor de respiración del camu camu a diferentes temperaturas.	70
Tabla 15. Calor de respiración promedio del camu camu a diferentes temperaturas.	70
Tabla 16. Tasa de respiración acumulada en función de la Temperatura.	72
Tabla 17. Tasas de respiración del camu camu a 5 °C con una masa de 1 Kg.	93
Tabla 18. Tasas de respiración del camu camu a 10 °C con una masa de 1 Kg.	94
Tabla 19. Tasas de respiración del camu camu a 20 °C con una masa de 1Kg.	94
Tabla 20. Tasas de respiración del camu camu a 28 °C con una masa de 1 Kg.	95

LISTA DE FIGURAS

CONTENIDO	Pagina
Figura 1. Aplicaciones terapéuticas del camu-camu propuesta por Pinedo, M. y Armas, M. 2007.	12
Figura 2. Comportamiento respiratorio de frutas climatéricas y no climatéricas Adaptado de Planella, V.I. 1987.	18
Figura 3. Evolución del desarrollo de un fruto reportado por Romojaro A. F., 2006	32
Figura 4. Esquema general del prototipo para determinar la tasa respiratoria de frutas y hortalizas, modificado al reportado por J. Montes; S. Arevalo, 2001 y Angueira M. et al 2003	39
Figura 5. Vista de los componentes del sistema de frío.	45
Figura 6. Compresora para proporcionar aire al sistema.	46
Figura 7. Lámparas para calentamiento.	46
Figura 8. Panel de control del equipo.	47
Figura 9. Respirómetro.	47
Figura 10. Tasa de respiración del camu camu a 5°C con 91% de HR.	55
Figura 11. Calor de respiración del camu camu a 5 °C con 91% de HR.	55
Figura 12. Camu camu en el primer día de prueba.	56
Figura 13. Parte superficial del camu camu a 5° C después de 19 días, mostrando los daños ocasionados por el frío.	57
Figura 14. Parte interna del camu camu a 5 °C después de 19 días, mostrando los daños causados por el frío.	58

	Pagina
Figura 15. Tasa de respiración del camu camu a 10°C con 94 % de HR.	59
Figura 16. Calor de respiración del camucamu a 10 °C con 94 % de HR.	59
Figura 17. Camucamu mostrando manchas y hundimientos después de 20 días de almacenamiento a 10 °C.	60
Figura 18. Camucamu mostrando la pulpa en buen estado después de 20 días de almacenamiento a 10 °C.	61
Figura 19. Tasa de respiración del camu camu a 20°C con 84 % de HR.	62
Figura 20. Calor de respiración del camucamu a 20 °C con 84 % de HR.	62
Figura 21. Camucamu en el decimo día de almacenamiento a 20 °C	64
Figura 22. Tasa de respiración del camu camu a 28°C con 85.5 % de HR.	65
Figura 23. Calor de respiración del camucamu a 28 °C con 85.5 % de HR.	65
Figura 24. Camucamu a 28 °C en el séptimo dia de almacenamiento.	66
Figura 25. Tasa de respiración del camucamu a temperaturas de 5, 10, 20 y 28°C.	68
Figura 26. Calor de respiración del camucamu a temperaturas de 5, 10, 20 y 28°C.	69
Figura 27. Comportamiento de la tasa de respiración del camucamu en función de la temperatura.	71
Figura 28. Comportamiento del calor de respiración del camucamu en función de la temperatura.	75
Figura 29. Curva de la tasa de respiración acumulada de camucamu a diferentes temperaturas.	73

I. INTRODUCCIÓN.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

III. MATERIALES Y METODOS.

IV. RESULTADOS Y DISCUCIONES.

V. CONCLUSIONES.

VI. RECOMENDACIONES.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA.

VIII. ANEXO.

La Amazonía constituye una enorme fuente de biodiversidad aún no utilizada por la humanidad. El camu camu, arbusto cuya fruta tiene el más alto contenido de ácido ascórbico conocido, es un claro ejemplo de ello (Villachica, H., 1996).

El camu camu, que crece de manera natural en las orillas de los ríos y cursos menores de agua en la amazonia (Villachica, H., 1996), ha pasado desapercibido, hasta que en 1959 se demostró, a través de un análisis de pulpa de la fruta, que ella contenía alrededor de 2700 mg de ácido ascórbico en 100 g de pulpa (Calzada, J., 1980). Que equivale a casi 40 veces el de la pulpa de naranja (Villachica, H., 1996).

Es a partir de allí que el camu camu aparece como una excelente fuente de vitamina C (Zapata, 1992), dándole lugar a recibir atención y reconocimiento de los especialistas en alimentos, nutrición y salud (Villachica, H., 1996). Pero, debido a la ausencia de materia prima, no se ha desarrollado la tecnología para procesar su pulpa.

Existen dos tipos de camu camu: el arbustivo y el arbóreo. El camu camu arbustivo fue identificado por Mc Vaugh (1958), inicialmente como *Myrciaria paraensis* Berg, pero el mismo Mc Vaugh (1963), revisó posteriormente y cambió la nomenclatura a *Myrciaria dubia* H.B.K. Este camu camu arbustivo es el que será descrito; Porque es el más extendido geográficamente a nivel de la Amazonía peruana (Villachica, H., 1996).

En los años 70 fue notorio el interés de las entidades gubernamentales por desarrollar actividades de investigación sobre camu camu, y en 1995 fue introducido al mercado internacional, principalmente al japonés (Pinedo, M. et al., 2002).

Este arbusto es importante por los niveles excepcionalmente altos de vitamina C en la pulpa de los frutos, encontrándose un amplio rango de 877 a 3133 mg/100 g (Pinedo, M. et al., 2002).

Los campos de aplicación de esta vitamina se han ampliado con la investigación médica, cubriendo temas no solo preventivos de la salud, sino también relacionados con el tratamiento de ciertas enfermedades y en la industria de cosméticos (Pinedo, M. et al., 2002).

En nuestro medio son muy contadas las empresas que se dedican a la transformación de nuestros recursos, esto se debe no solo por la falta de capital a invertir, sino también por desconocimiento de la diversidad de materia prima existente en nuestra región.

Mediante el presente estudio se pretende conocer la tasa respiratoria de la siguiente fruta: camu camu (*Myrciaria dubia* **H.B.K.**). Con esta información se procederá a su clasificación en frutas climatéricas y no climatéricas, se determinará el calor de respiración y la temperatura adecuada para su almacenamiento.

La tasa de respiración es un excelente indicador de la actividad metabólica del tejido y por tanto, es muy útil la precisión del potencial de almacenamiento del producto, por tal motivo el principal objetivo del presente trabajo de investigación es determinar el calor de respiración del camu camu, utilizando un método de titulación.

2.1. Aspectos botánicos

2.1.1. Identificación taxonómica

Reino	:	Vegetal
División	:	Fanerógama
Subdivisión	:	Angiosperma
Clase	:	Dicotiledonea
Sub-clase	:	Eleuteropétalas
Sección	:	Calciflora
Orden	:	Myrtifloriaea
Familia	:	Myrtaceae
Género	:	Myrciaria
Especie	:	dubia H.B.K Mc Vaugh

Fuente: Pinedo, M. et al., 2001.

El camu-camu pertenece a la familia botánica Myrtaceae, género Myrciaria. A pesar que este género no es muy amplio, poco se ha estudiado de la taxonomía del camu-camu. Se ha clasificado como Myrciaria dubia (H.B.K) Mc Vaugh y como Myrciaria paraensis Berg (Mc Vaugh 1958, 1963), pero los taxónomos han optado por Myrciaria dubia debido a que ésta fue la primera denominación válida utilizada.

Los sinónimos aceptados para la clasificación del camu-camu son: Myrciaria divaricata (Bentham) O. Berg, M. spruceana O. Berg, Psidium dubium H.B.K. (Villachica et al., 1996).

Otros nombres comunes con que se conoce a la especie son camo-camo, (español), caçari, arazá de agua (portugués) (Villachica, H., 1996).

Además, se ha constatado que se conoce por camu-camu dos tipos de frutal muy semejantes en la forma del fruto, pero con diferente forma vegetativa; uno es un arbusto y el otro es un árbol y, aparentemente, no son de la misma especie.

Las principales diferencias entre éstas dos especies de camu-camu: arbustivo *Myrciaria dubia* y arbóreo *Myrciaria sp.*, se presentan en la Tabla 1 (Villachica, H., 1996).

Tabla 1. Características diferenciales entre *Myrciaria dubia* y *Myrciaria sp.* Al Estado natural.

	Myrciaria dubia	Myrciaria sp.
Porte de planta	arbusto	árbol
Época de cosecha	diciembre-marzo	marzo-mayo
Peso de fruto	10 g hasta 20 g	hasta 40 g
Color de fruto	rojo intenso a morado	morado a marrón
Cáscara del fruto	apergaminada	semi leñosa
Color de semilla	amarillenta	rosada
Tamaño de semilla	generalmente grande	Pequeña y pilosa
Forma de semilla	chata, reniforme	ovalada, dura
Sección de la semilla	ovalada	plana
Semillas por fruto	1 a 4	1 a 2
Diámetro tronco	Hasta 0,5 m	hasta 1,0 m
Corteza	rojiza, Se desprende en grandes placas	Rojiza, lisa.
Ramificación	copa baja, globosa, densa	copa muy alta
Fruto	menor tamaño	mayor tamaño

Fuente: Villachica, H., 1996.

2.1.2. Origen y distribución geográfica

El *Myrciaria dubia* (H.B.K) (camu camu), crece de manera natural en las orillas de los ríos, cochas y cursos menores de agua en la Amazonía.

Existiendo poblaciones naturales en Perú, Brasil, Colombia y Venezuela. En Perú se encuentra en los ríos Nanay, Napo, Ucayali, Marañón, Tigre, Tapiche, Yarapa, Tahuayo, Pintuyacu, Itaya, Ampiyacu, Apayacu, Maniti, Oroza, Putumayo, Yavari y Curaray. En Brasil, se encuentran en los ríos Tocantins y Trombetas (Estado de Para); Yavari, Madeira, Negro y Xingu (Estado de Amazonas); Macangana y Urupe (Estado de Rondonia). También están presente en los ríos Orinoco, Caciqueare, Oreda, Pargueni y Caura (Venezuela), así también en el río Inírida (Colombia) (Pinedo, M. *et al.*, 2001).

Su distribución natural indica que la mayor concentración de poblaciones y de diversidad se encuentra en la amazonía peruana, a lo largo de los ríos Ucayali y Amazonas y sus afluentes, en el sector ubicado entre las localidades de Pucallpa (sobre el río Ucayali) y Pevás (sobre el río Amazonas) (Villachica, H., 1996).

La prospección de germoplasma efectuada por el INIA, Perú, (Mendoza *et al.*, 1989) concluye que las zonas donde se observa la mayor concentración de poblaciones son la quebrada del Supay, tributario del Bajo Ucayali, y el río Nanay, tributario del Alto Amazonas.

Chávez, 1993. Indica que el camu camu se encuentra a lo largo del río Amazonas hasta el estado de Amazonas en Brasil, así como en la cuenca superior del río Orinoco, y en el estado de Rondonia, Brasil. Sin embargo, la presencia de la especie en estas zonas no es tan frecuente y abundante como la observada a lo largo de los ríos y lagos en la Amazonía peruana, donde se encuentran grandes poblaciones nativas, casi monoespecíficas (Chávez, 1993; Peters y Vásquez, 1986).

2.1.3. Población

La colección de germoplasma en la Amazonía peruana indica la existencia de por lo menos 29 poblaciones naturales de camu camu arbustivo y 10 de camu camu arbóreo de las que se colectó 107 individuos o matrices (Tabla 2). Mayores colecciones en la Amazonía podrían resultar en algunas poblaciones naturales adicionales de camu camu arbustivo, pero mucho más del tipo arbóreo. Ello debido a que las expediciones de colecta hasta la fecha se han centrado en el tipo arbustivo (Villachica, H., 1996).

Las búsquedas de poblaciones naturales de camu camu arbustivo en otras regiones de la Amazonía peruana y de los países vecinos indican que esta especie se encuentra en muy pequeña cantidad o no se conoce fuera de la zona comprendida entre las localidades de Pucallpa y Pevás. La variabilidad entre poblaciones se observa en la época de fructificación (que también puede deberse a factores climáticos), en la forma y color del fruto (desde

rosado hasta rojo oscuro), la forma de las hojas (hoja estrecha lanceolada y hoja laminada lanceolada), color de las hojas (verde claro a verde oscuro) y color del tallo (marrón claro a marrón oscuro), entre otros aspectos (Villachica, H., 1996)

Las seis expediciones efectuadas por Mendoza et al., (1989) evidenciaron la presencia de estas poblaciones en el área comprendida a lo largo de los ríos Ucayali, Tapiche, Yarapa, Tahuayo, Nanay, Itaya, Marañón, Samiria, Ampiyacu, Apayacu, Oroza, Napo, Alto y Bajo Amazonas.

Asimismo, se comprobó la existencia de las dos especies *Myrciaria dubia* y *Myrciaria* sp. Conocidas como camu camu arbustivo y camu camu arbóreo respectivamente. El tipo arbustivo es el más extendido geográficamente a nivel de la Amazonía peruana. Normalmente crece en las orillas (primera terraza) de cochas, quebradas, caños y ríos de agua negra, aguas caracterizadas por su acidez, donde permanece sumergido total o parcialmente durante cinco meses cada año. El camu camu arbóreo, generalmente se encuentra en los tahuampas de aguas negras (de la segunda terraza) y, en las crecientes de mayor intensidad, La parte inferior (3 a 4 cm) del tallo queda sumergida; el tallo es largo y en algunos casos alcanza hasta 30 a 40 m de altura, liso de color rojizo y con ramificaciones elevadas (Mendoza et al., 1989).

Tabla 2. Poblaciones naturales de camu camu arbustivo (*Myrciaria dubia*) y de camu camu arbóreo (*Myrciaria sp.*) identificadas en la Amazonía Peruana (Mendoza *et al.* 1989).

PROCEDENCIA				
Código de Población	Tipo de camu camu	Nº. plantas instaladas en banco	Lugar	Río
1	Arbustivo	88	Lago Supay	Ucayali
2	Arbustivo	36	Cocha Yarina	Tapiche (Afluente Ucayali)
3	Arbustivo	53	Cocha Uvos	Yaranga (Afluente Ucayali)
4	Arbóreo	0*	Cocha Yarina	Tapiche (Afluente Ucayali)
5	Arbustivo	0*	Tahuayo	Amazonas
6	Arbustivo	15	Pisco	Nanay (Afluente Amazonas)
7	Arbustivo	21	Pisco	Nanay (Afluente Amazonas)
8	Arbustivo	33	Sta. María	Nanay (Afluente Amazonas)
9	Arbustivo	81	Sta. María	Nanay (Afluente Amazonas)
10	Arbustivo	33	Sta. María	Nanay (Afluente Amazonas)
11	Arbustivo	38	Sta. María	Nanay (Afluente Amazonas)
12	Arbustivo	19	Boca Pintuyacu	Nanay (Afluente Amazonas)
13	Arbustivo	44	Trama Anguilla S.	Nanay (Afluente Amazonas)
14	Arbustivo	76	Samito Yarina	Nanay (Afluente Amazonas)
15	Arbustivo	85	Yuto-Mishana	Nanay (Afluente Amazonas)
16	Arbustivo	68	Llanchama	Nanay (Afluente Amazonas)
17	Arbustivo	54	Ninarumi	Nanay (Afluente Amazonas)
18	Arbustivo	40	San Antonio	Itaya (Afluente Amazonas)
19	Arbustivo	0	Tipishca	Itaya (Afluente Amazonas)
20	Arbustivo	71	Cocha Tipishca	Itaya Caserío Unión (Amazonas)
21	Arbustivo	59	Qub. Tipishca	Itaya Caserío Unión (Amazonas)
22	Arbustivo	18	Manzanillo	Itaya (Afluente Amazonas)
23	Arbóreo	0	Atún caño	Samiria (Afluente Marañón)
24	Arbóreo	0	Qub. Yanayacu	Marañón Tipishca del Samiria
25	Arbóreo	0	Queb. Huihui	Marañón Tipishca Samiria
26	Arbóreo	0	Qub. Pahuachiro	Marañón
27	Arbustivo	10	Estirón	Ampiyacu (Afluente Amazonas)
28	Arbóreo	25	Queb. Pichana	Amazonas
29	Arbustivo	36	Apayacu	Apayacu (Afluente Amazonas)
30	Arbustivo	10	Oroza	Oroza (Afluente Amazonas)
31	Arbustivo	33	Fco. Orellana	Napo (Afluente Amazonas)
32	Arbóreo	0	Cerca Contamana	Ucayali
33	Arbóreo	0	Queb. Mantanay	Ucayali, Pucallpa
34	Arbóreo	0	Queb. Tahuantinsuyo	Ucayali, Pucallpa
35	Arbóreo	0	Cashibo Cocha	Ucayali, Pucallpa
36	Arbustivo	0	Tigre Yacu	Manití
37	Arbustivo	6	Paparo cocha	Manití
38	Arbustivo	21	Caño Boyador	Napo
39	Arbustivo	0	Núñez Cocha	Napo

(*) Poblaciones no muestreadas por ausencia de frutos maduros.

2.1.4. Composición química y valor nutritivo del fruto.

Este arbusto es importante por los niveles excepcionalmente altos de vitamina C en la pulpa de los frutos, encontrándose un amplio rango de 877 a 3133 mg/100 g (Pinedo, M., *et. al.*, 2002). Los campos de aplicación de esta vitamina se han ampliado con la investigación médica, cubriendo temas no solo preventivos de la salud, sino también relacionados con el tratamiento de ciertas enfermedades y en la industria de cosméticos.

A continuación se presenta el valor nutricional y la composición química de 100 gr. de pulpa de camu-camu:

Tabla 3. Composición química y nutricional por 100 g. de pulpa de camu-camu maduro.

Componente	Unidad	Valores
Calorias	Cal.	16,00
Humedad	%	94,40
Proteína	g.	0,50
Carbohidratos	g.	4,70
Fibra	g.	0,60
Ceniza	g.	0,20
Calcio	mg	27,00
Fósforo	mg.	17,00
Hierro	mg	0,50
Serina	mg	29,90
Valina	mg	9,90
Leucina	mg	9,00
Glutamato	mg	8,80
Aminobutano	mg	7,10
Prolina	mg	4,30
Fenilalanina	mg	1,70
Treonina	mg	2,00
Alanina	mg	1,70
Tiamina (Vit. B1)	mg	0,10
Riboflavina (Vit. B2)	mg	0,04
Niacina (Vit. B5)	mg	0,62
Acido Ascórbico reducido	mg	2880,00
Acido Ascórbico total.	mg	2994,00

Fuente: Reportado de Vega, V. R. 2002.

La vitamina C o ácido ascórbico es uno de los principales indicadores nutricionales de las frutas, además de atribuírsele características o propiedades antioxidantes, es una vitamina soluble en agua y muy termo sensible, considerada cómo el factor antiescorbuto (Fisher y Hart, 1971; Fennema, 1993; Insel *et al.* 2004).

El contenido de ácido ascórbico, proteínas y carbohidratos del camu camu en comparación a otros frutales tropicales se presenta en la Tabla 4. En este cuadro se observa que el camu camu sobrepasa largamente en contenido de ácido ascórbico a las otras frutas tropicales conocidas por su alta concentración de este nutriente. El contenido de ácido ascórbico en la pulpa de camu camu es más del doble que el de la acerola y llega a ser hasta 60 veces superior al del jugo del limón. En cambio, el contenido de proteínas es similar mientras que el de carbohidratos es parecido o menor que el de las otras frutas. Chávez (1993), manifiesta que en la cáscara de la fruta de camu camu se encuentra hasta 5 g de ácido ascórbico por 100 g.

Tabla 4. Contenido de ácido ascórbico, proteínas y carbohidratos (mg/100 g) en la pulpa de algunas frutas tropicales maduras.

Fruta	Acido ascórbico	Proteína	Carbohidratos
Piña	20	0.4	9.8
Maracuyá (jugo)	22	0.9	15.9
Fresa	42	0.7	8.9
Limón (jugo)	44	0.5	9.7
Guayaba	60	0.5	14.9
Naranja acida	92	0.6	10.1
Marañón	108	0.8	10.5
Acerola (total)	1,300	0.7	6.9
Camu camu	2,780	0.5	5.9

Fuente: Reportado de Villachica, H., 1996.

2.2. Usos del camu camu

2.2.1. Usos culinarios

La fruta de camu camu puede ser empleada para la fabricación de jugos, helados, concentrados, néctares, refrescos naturales, mermeladas, Yogures, vinagre y para la obtención de ácido ascórbico natural. Debido a su alto contenido de ácido ascórbico la pulpa tiene que ser diluida previamente a su consumo. Los concentrados no son preparados todavía, debido a la ausencia de materia prima, que no ha permitido desarrollar extensivamente la tecnología. Sin embargo, algunas empresas privadas están efectuando ensayos para producir concentrados tipo pasta diluida, en los cuales se mantiene al máximo la vitamina C natural que posee el camu-camu (Villachica, H., 1996).

Normalmente la industria de bebidas absorbe el mayor porcentaje de las importaciones de las frutas tropicales. Investigaciones efectuadas en Bélgica (Zapata y Dufour, 1992), indican que el camu camu es una excelente fuente de vitamina C natural, con mayores concentraciones que los otros frutales tradicionalmente proveedores de ácido cítrico (Tabla 5).

Tabla 5. Contenido de ácido dehidroascórbico (ADHA) y ácido ascórbico (AA) en muestras selectas de alimentos y bebidas.

Muestra	Concentración (mg/100 ml)		
	ADHA	AA	Vitamina C Total
Jugo de naranja fresca	1.1	25.4	26.5
Jugo de naranja en lata	1.2	35.9	37.1
Bebida gaseosa de naranja	--	8.4	8.4
Cerveza	--	1	1
Kiwi fresco	38.2	81.3	119.5
Tomate fresco	2.7	11	13.7
Tableta a.c. ascórbico (1,000 mg)	16.5	1,090.10	1,106.60
Camu Camu congelado	31.6	961.4	993

Fuente: Zapata y Dufour, 1992

2.2.2. Uso en el tratamiento de enfermedades

El conocimiento tradicional de los pobladores del nororiente amazónico del Perú ha hecho posible la utilización de los frutos y la corteza del camu camu para tratar enfermedades como la artritis, diabetes y gripes, lo cual encuentra fundamentos científicos en los estudios que documentan la actividad anti-artrítica (Werbach, 1993), antigripal (Davies y Stewart, 1990), entre otras muchas aplicaciones tal como se muestra en la figura 1

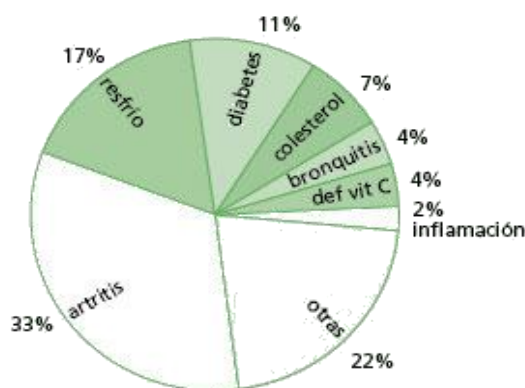


Figura 1. Aplicaciones terapéuticas del camu-camu propuesta por Pinedo, M. y Armas, M. 2007.

2.3. Cosecha

Las poblaciones nativas de regiones inundables se producen en un solo periodo al año y son cosechadas entre diciembre y marzo, mientras que las cultivadas en regiones no inundables tienen un periodo de cosecha más largo, entre noviembre y mayo. En las regiones no inundables la cosecha se lleva a cabo manualmente, una o dos veces por semana, de acuerdo al estado de producción. En las plantaciones naturales las orillas de los ríos, la cosecha se lleva a cabo en canoas, colectando solo los frutos que se encuentran sobre la superficie. En estas poblaciones la cosecha se repite cada 4 o 5 días. El fruto es cosechado al principio de su madurez cuando su piel es verde y con algunos parches de color vino. Después de tres a cuatro días el fruto adquiere un intenso color púrpura. Si la fruta va a ser usada para la producción de vitamina C, la cosecha debe llevarse a cabo cuando la fruta este todavía completamente verde (Ortiz, O.J. y Andrés Suarez, R. 2006).

2.4. Caracterización fisiológica

2.4.1. Desarrollo fisiológico

La vida de las frutas y hortalizas puede dividirse en tres etapas fisiológicas fundamentales, subsiguientes a la germinación: el crecimiento, la maduración y la senescencia. Sin embargo, no es fácil establecer una clara distinción entre ellas. El crecimiento implica la división celular y el subsiguiente crecimiento de las células, que en conjunto dan cuenta del tamaño finalmente alcanzado por el producto considerado.

La maduración fisiológica suele iniciarse antes de que termine el crecimiento e incluye diferentes actividades, en los distintos productos. Al crecimiento y maduración fisiológica suele hacerse referencia conjunta hablando de fase de desarrollo. La senescencia se define como un periodo durante el cual los procesos bioquímicos anabólicos (sintéticos) dan pasos a los catabólicos (degenerativos), lo que conduce al envejecimiento y finalmente, a la muerte tisular (Wills, Ron. *et al*, 1998).

2.4.2. Fisiología de la respiración

La respiración es un proceso metabólico fundamental, tanto en el producto recolectado, como en cualquier producto vegetal vivo. Puede describirse como la degradación oxidativa de los productos más complejos normalmente en las células, como el dióxido de carbono y el agua, con liberación de energía y otras moléculas que pueden ser utilizadas en las reacciones sintéticas en las células. La respiración puede tener lugar en presencia de oxígeno (respiración aeróbica) o en su ausencia (respiración anaeróbica; a veces, denominada fermentación) (Wills, Ron. *et al*, 1998).

La velocidad a que respira un producto constituye un índice a la actividad metabólica de sus tejidos y es una guía útil para calcular cuánto puede durar su vida comercial. Si se sigue la actividad respiratoria de una fruta, o una hortaliza a través del consumo de oxígeno o del desprendimiento de dióxido de carbono, por unidad de tiempo a lo largo de su desarrollo, maduración fisiológica, maduración organoléptica y senescencia, se obtendrá una pauta respiratoria característica.

La actividad respiratoria por unidad de peso es más alta en las fases previas a la maduración y declina luego progresivamente con la edad (Wills, Ron. *et al*, 1998).

2.4.3. Respiración

Como todos los organismos vivos, los alimentos frescos están compuestos por células y/o tejidos en los cuales tienen lugar los procesos fisiológicos y patológicos asociados con la vida. Estas células respiran a través de una serie de reacciones complejas en las que esencialmente las grasas, los almidones y azúcares almacenados en sus tejidos son convertidos, en presencia de oxígeno, en dióxido de carbono y agua (Ramírez C., A y Meneses A., M. 1989).

La energía que se libera de este proceso se utiliza en parte para las reacciones y actividades relacionadas con el mantenimiento de la vida y el resto se disipa en forma de calor. Por consiguiente, una vez han sido cosechados los alimentos entran en un periodo de continuo deterioro y el éxito de su comercialización depende en gran parte de la capacidad y efectividad del sistema de mercadeo, o métodos que se utilicen para reducir la velocidad de estos procesos (Ramírez C., A y Meneses A., M. 1989).

Las frutas son organismos vivientes y su velocidad de respiración es un aspecto importante para el mantenimiento de su calidad. Se ha observado que las frutas con altas tasas respiratorias presentan una vida de anaquel más corta. La respiración es un proceso metabólico por el cual las células transforman la energía de materiales orgánicos almacenados (carbohidratos, proteínas y lípidos) en productos más simples con desprendimiento de energía, consumo de oxígeno y formación de dióxido de carbono (Ulloa, J. A. 2007).

La disminución de la calidad de las frutas que respiran durante el almacenamiento se conoce como senescencia y es consecuencia de la actividad enzimática continua que favorece una transformación descontrolada de todos los componentes orgánicos de las frutas (Ulloa, J. A. 2007).

La respiración y por tanto, la vida útil de los frutos en general y de los cítricos como caso particular, depende de numerosos factores, tanto biológicos: procesos naturales de respiración, producción de etileno y transpiración; como ambientales, principalmente, la temperatura, la humedad y las concentraciones de gases en el ambiente, así como mecánicos: golpes y daños que se producen durante el proceso de recolección, almacenamiento y transporte (Wills *et al.*, 1984).

2.4.4 Tipos de respiración

De acuerdo al índice de respiración, definido cómo la tasa de producción de CO₂ por unidad de peso de fruta y por unidad de tiempo, y al comportamiento fisiológico en poscosecha, las frutas se pueden clasificar cómo climatérica y no climatérica. La Figura 2. Muestra el comportamiento típico de la respiración en frutas climatéricas y no climatéricas (Salisbury y Ross, 1992; Medlicott, 1996; Kader, 2002)

Conforme al tipo de respiración que presentan, ellos pueden ser clasificados en dos grupos distintos:

2.4.4.1. Respiración climatérica

El climaterio, según Carmona (2001), es definido como un periodo de cambio en la tasa de respiración que acompaña al proceso de maduración de los “frutos climatéricos”

Un grupo significativo de frutos (entre los que se incluyen el tomate, el plátano, el mango y la manzana), su actividad respiratoria aumenta de un modo muy acusado durante la maduración organoléptica. A este incremento de la actividad respiratoria se le denomina climaterio y el grupo de frutos que lo presentan se clasifican como frutos climatéricos (Wills, Ron. *et a*, 1998).

Su comienzo coincide, aproximadamente con el momento en que la fruta alcanza su tamaño máximo y es durante el climaterio cuando tiene lugar el resto de las modificaciones características de la maduración organoléptica.

Tanto la respiración climatérica como la maduración organoléptica pueden tener lugar con el fruto adherido a la planta de procedencia o en posrecolección (Wills, Ron. *et al*, 1998).

El aumento de la tasa de respiración puede ser lento y constante a lo largo de semanas, resultando solamente en su duplicación, o bien más intenso y rápido con su cuadruplicación en apenas tres días. Este tipo de comportamiento se denomina respiración climatérica (Monteiro, S. *et al*, 1988).

2.4.4.2. Respiración no climatérica

Contrariamente al anterior, estas frutas presentan un continuo decrecimiento en sus tasas de respiración durante el crecimiento y después de la cosecha independientemente del desarrollo en que fueron cogidos, a este tipo de respiración se conoce con el nombre de respiración no climatérica. Los frutos no climatéricos solamente maduran cuando están ligadas a la planta. Después de la cosecha ellos no mejoran sus cualidades de textura y nutrición (Monteiro, S. *et al*, 1988).

Los frutos no climatéricos pueden experimentar un incremento en su actividad respiratoria durante su almacenamiento, con un patrón de tipo lineal sin evidencias de un pico o punto máximo definido (Goldschmidt 1997).

Sin embargo, existen algunos frutos no climatéricos como fresa, carambola y rambután, que pueden mostrar un incremento gradual en su tasa respiratoria durante el tiempo de almacenamiento. En estas 3 frutas con la senescencia ocurre un aumento en la tasa respiratoria, así como un aumento en la susceptibilidad a pudriciones causadas por hongos (O'Hare 1997a, O'Hare 1997b, Bower et al. 2003).

En la Tabla 6. Se clasifica algunos frutos comunes en climatéricos y no climatéricos (Wills, Ron. *et al*, 1998).

Tabla 6. Clasificación de algunos frutos comestibles de acuerdo con el comportamiento de su respiración durante la maduración organoléptica.

Frutos climatéricos	Frutos no climatéricos
Manzana (<i>Malus domestica</i>)	Cereza (<i>Prunus avium</i>)
Albaricoque (<i>Prunus armeniaca</i>)	Guinda (<i>Prunus cerasus</i>)
Aguacate (<i>Persea americana</i>)	Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)
Plátano (<i>Musa sp.</i>)	Uva (<i>Vitis vinifera</i>)
Arándano americano, vacinio (<i>Vaccinium corymbosum</i>)	Limón (<i>Citrus limón</i>)
Chirimoya (<i>Annona cherimola</i>)	Piña (<i>Ananas comosus</i>)
Feijola (<i>Feijola sellowiana</i>)	Mandarina satsuma (<i>Citrus unshu</i>)
Higo (<i>Ficus carica</i>)	Fresa (<i>Fragaria sp.</i>)
Kiwi (<i>Actinidia deliciosa</i>)	Naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i>)
Mango (<i>Mangifera indica</i>)	Tamarillo o tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>)
Melón (<i>Cucumis melle</i>)	
Papaya (<i>Carica papaya</i>)	
Fruta de la pasión (<i>Passiflora edulis</i>)	
Melocotón (<i>Prunus persica</i>)	
Pera (<i>Pyrus communis</i>)	
Caqui (<i>Diospyros kaki</i>)	
Ciruela (<i>Prunus sp.</i>)	
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	
Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>)	

Fuente: Wills, Ron. *et al*; 1998.

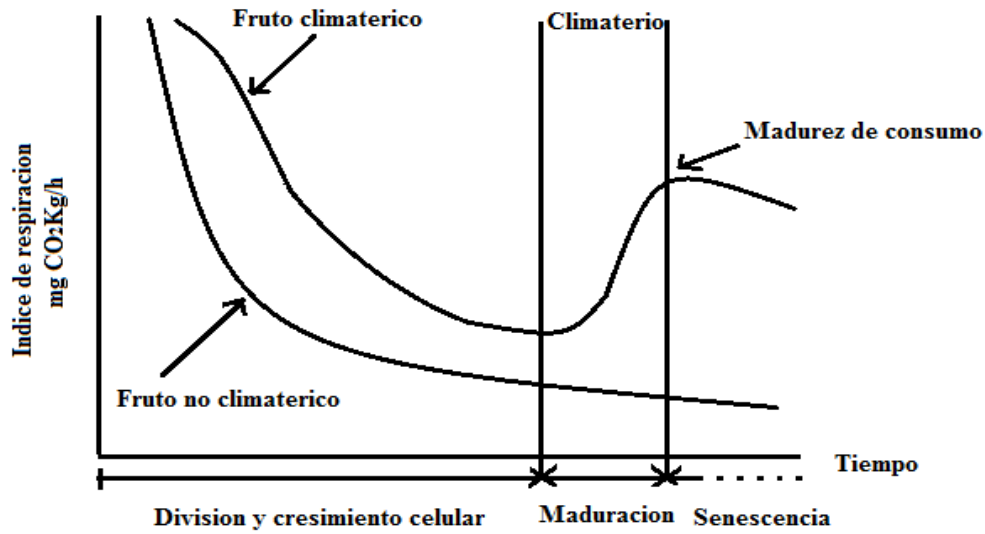


Figura 2. Comportamiento respiratorio de frutas climatéricas y no climatéricas. Adaptado de Planella, V.I. 1987.

2.4.5. Factores que afectan la respiración

Compréndase que el estudio de los factores que afectan la respiración tiene mucha importancia para la conservación de productos de origen vegetal. El periodo de vida de las células de un órgano destacado de una planta será más largo cuando menor intensa sea la respiración. Para conservar las semillas, los frutos, los tubérculos etc., por largo tiempo, se necesita entonces someterlas a condiciones que disminuyan la respiración. Naturalmente no se puede “paralizar” la respiración, pues esto significa la muerte de las células (Alvin. P. T. 1952).

La respiración es un proceso complejo, afectado por un gran número de factores. En el caso de frutos tropicales los factores ambientales son los más importantes, desde el punto de vista de su tecnología post-cosecha (Monteiro, S. *et al*, 1988). Dentro de ellos se tiene:

2.4.5.1. Temperatura

Está íntimamente relacionada con la actividad respiratoria después de la cosecha. La temperatura puede inferir directamente en la velocidad de reacción de los

procesos metabólicos, en el tiempo de almacenamiento, causando disturbios fisiológicos (daños por frío) en estos productos (Monteiro, S. *et al*, 1988).

Cuanto más elevada es la temperatura, más intensa es la respiración. Dentro de ciertos límites de temperatura (generalmente entre 5 y 35-40°C) el coeficiente térmico (Q_{10}) de la respiración es en general de 2 a 3, o sea, la intensidad dobla o triplica con cada aumento de 10°C de temperatura. Así, si la intensidad de la respiración a 5°C es de n , a 15 °C sería de 2 a $3n$, a 25°C de 4 a $9n$, y a 35°C de 8 a $27n$. el valor del Q_{10} varia conforme la naturaleza del tejido y la variación en temperatura. Arriba de 45 - 55°C puede haber una reducción en la intensidad de la respiración, a consecuencia de la inactivación de las enzimas respiratorias (Alvin. P. T. 1952).

2.4.5.2. Disponibilidad de oxígeno

El oxígeno del aire es un componente importante para que se realice la respiración aeróbica. Este componente debe estar disponible en cantidad adecuada. Si se restringe el acceso de oxígeno a las frutas, ocurrirá la fermentación, que esta acompañada de producción de olores y sabores desagradables (Monteiro, S. *et al*, 1988).

La deficiencia de oxígeno naturalmente disminuye la intensidad de la respiración aeróbica. Lo más interesante sobre la acción de este gas en su influencia “retardadora” sobre el mecanismo de la respiración anaeróbica. En muchos tipos de tejidos principalmente los carnosos, como tomates, manzanas, etc.- se observa un aumento en la liberación de CO_2 cuando no hay oxígeno en el aire. En otras palabras, la descomposición de alimentos es acelerada en la ausencia de O_2 (Alvin. P. T. 1952).

2.4.5.3. Gas carbónico

Alta concentración de este gas, puede dañar las frutas en pocos días. Por lo tanto el acumulo de CO_2 debe ser evitado y su concentración no debe exceder el 1%, a menos que se conozca que concentraciones mayores no causan daños al producto (Monteiro, S. *et al*, 1988).

El CO_2 actúa como un factor retardador en la respiración y tiende a disminuir la intensidad del fenómeno cuando su concentración en la atmósfera aumenta. Este gas es uno de los productos finales de las reacciones respiratorias y tiene un efecto semejante al del azúcar en las reacciones fotosintéticas (Alvin. P. T. 1952).

El efecto del CO_2 está relacionado a la acción de otros factores. Cuando la respiración es muy acelerada por la acción de una temperatura relativamente alta ($30\text{-}35^\circ\text{C}$), la acción retardadora del CO_2 es menos pronunciada que en condiciones de temperaturas relativamente bajas (Alvin. P. T. 1952).

2.4.5.4. Acumulación de etileno

Es el compuesto orgánico más simple que afecta a las plantas. Es producido por su metabolismo y por algunos microorganismos. Es considerado como una hormona de maduración y envejecimiento de vegetales y es fisiológicamente activo en cantidades iguales a 0.1 ppm (Monteiro, S. *et al*, 1988).

La acción del etileno se produce por la unión de la molécula con receptores que se ubican en la membrana de la célula (Serek y otros 2006) con actividad histidina quinasa y capacidad autofosforilante.

La unión del etileno a su receptor induce su autofosforilación que genera activación del receptor con envío de señales hacia otras proteínas con destino final al DNA (Pereira y otros 2008).

2.4.6. Calor de respiración

Las frutas y los vegetales continúan con vida después de su recolección y continúan sufriendo cambios mientras están almacenados. Lo más importante de esos cambios son los producidos por la respiración. Proceso durante el cual el oxígeno del aire se combina con los hidratos de carbono en el tejido de la planta dando como resultado la

formación de dióxido de carbono y calor. El calor eliminado es llamado calor de respiración (Dossat, R. 1980).

En ausencia de oxígeno la respiración es anaerobia, se puede transformar en un proceso fermentativo y es mucho menos eficiente como productora de energía. La respiración aerobia es la que domina en los frutos y hortalizas recién recolectados, pero la respiración anaerobia puede ser significativa en: frutos senescentes donde la permeabilidad a los gases de los tejidos se ve reducida; en especies conservadas en atmósferas con un contenido demasiado bajo en oxígeno o demasiado alto en anhídrido carbónico; en frutos que presentan alteraciones fisiológicas o en tejidos dañados o golpeados donde pueden producirse reacciones enzimáticas anormales (Phan, C.T. *et al* 1975).

En general la intensidad respiratoria, cantidad de oxígeno absorbida por un órgano vegetal de un peso determinado durante un tiempo definido, es una buena medida del metabolismo de los productos vegetales así como de su vida después de la recolección y de sus posibilidades de conservación; en principio puede decirse que su vida es inversamente proporcional a la intensidad respiratoria o a la producción de calor (Muños Delgado J.A. 1985). Así una intensidad respiratoria elevada y gran producción de calor significan, por lo general, una vida y una conservación por el frío breves.

Por ejemplo, en la **tabla 7** se observa que las frutas y hortalizas presentan grandes variaciones en cuanto a la actividad respiratoria. Muchas hortalizas (lechuga, espinaca, col) se conservan menos tiempo que las frutas, por que presentan una alta tasa de respiración, mientras que las frutas (naranja, uva, banana) tienden a tasas menores. Dentro de las frutas, la de hueso se conserva mucho menos tiempo que la fruta de pepita.

Tabla 7. Calor de respiración promedio aproximado de ciertas frutas y hortalizas

Producto	Temperatura °C	Kcal por ton por 24 hrs
Apio	0	450
	4.5	672
	15.5	2283
Arveja,	0	2294
	4.5	4060
	15.5	11633
	26.5	22000
Bananas, verdes	12	916
	20	2322
	20	25.66
	20	2322
Beterraga	0	736
	4.5	1128
	15.5	2010
Brócoli	0	2070
	4.5	3833
	15.5	11638
	21.0	20444
Camote	4.5	930
	15.5	1750
	4.5	475
	15.5	1188
Cebolla seca, Yellow Globe	0	244
	10	520
	21	1000
Cereza dulce	-0.5	346
	2	405
	7	780
Cereza agria	0	442
	15.5	3222

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 7. (Continuación)

Producto	Temperatura °C	Kcal por ton por 24 hrs
Col	0	333
	4.5	464
	15.5	1133
	21	1700
Espinaca	0	1177
	10	4983
	15.5	10555
Frambuesa	0	1297
	4.5	2114
	15.5	5600
Fresa	0	906
	4.5	1438
	10	3135
	15.5	4988
	21	7312
Habas	26.5	11620
Lechuga	0	3144
	4.5	4444
	15.5	12772
Limonos, Eureka	0	192
	4.5	346
	15.5	1000
	21	1388
Maíz dulce (con brácteas)	0	1822
	4.5	2600
	15.5	10660
Manzana, Jonathan	0	208
	4.5	230
	15.5	833

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 7. (Continuación)

Producto	Temperatura °C	Kcal por ton por 24 hrs	
Melón	0	366	
	15.5	2360	
Nabo	0	538	
	4.5	597	
	15.5	1466	
Naranjas, Florida	0	200	
	4.5	397	
	10	1000	
	15.5	1225	
	32	2036	
Papas, Irlanda	0	183	
	4.5	397	
	21	794	
Pepinillos	0	470	
	4.5	708	
	15.5	2905	
Peras, Bartlett	0	214	
	15.5	3055	
Tomate	0	160	
	verde-maduro	4.5	297
		15.5	1730
	maduro	0	283
		4.5	350
		15.5	1566
Toronja, Florida	0	183	
	4.5	281	
	10	482	
	15.5	858	
	21	1161	

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 7. (Continuación)

Producto	Temperatura °C	Kcal por ton por 24 hrs
Uvas, Concord	0	167
	4.5	325
	15.5	968
	26.5	2355
Zanahoria	0	592
	15.5	2244

Fuente: Hall, Carl W., Salas Arango, F. 1968.

2.4.6.1. Tasa de respiración

En términos generales, la tasa de respiración indica la rapidez con que se producen los cambios en la composición química de un producto. Si un producto es recolectado en el momento en que su calidad sea óptimo, o próxima a él, suele asociarse una tasa de respiración elevada y, por consiguiente, su deterioro es rápido, o sea, muy percedero. La actividad respiratoria se determina por la tasa de producción de dióxido de carbono (CO₂) o por el coeficiente de respiración, o sea, la relación de moles de CO₂ producido o moles de O₂ consumido (Rodríguez Calderón A. 1986).

En ciertos frutos, los llamados climatéricos, en el momento de la maduración, se produce un incremento muy sensible de su intensidad respiratoria. A este fenómeno que fue ya observado en el año 1923 (Kidd, F. y West, C.), se le denominó dos años más tarde, “crisis climática” o “climaterio” de los frutos.

La especie, la variedad, el tamaño de los frutos y el recubrimiento céreo de la piel son factores que tienen una influencia considerable sobre la intensidad respiratoria de los productos vegetales. En general, las hortalizas respiran más intensamente que las frutas, a una misma temperatura, y las variedades tempranas suelen respirar más que las tardías. (Muños Delgado J.A. 1985).

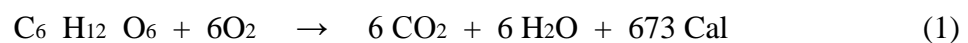
La actividad respiratoria de frutas y hortalizas cesa y por lo tanto el producto muere si la temperatura del ambiente donde se encuentran es muy alta o muy baja. Hay una zona de temperatura, entre 0 y 35 °C, la intensidad respiratoria se ve afectada favorablemente por el efecto de la temperatura sobre la velocidad de las reacciones, pero desfavorablemente por el efecto inhibitor de las temperaturas elevadas sobre la actividad enzimática, debido a la desnaturalización por el calor de las proteínas de las enzimas y por el deterioro que causan en la estructura e integridad de la membrana y organización celular (Muños Delgado J.A. 1985).

Se puede afirmar que productos con tasas totales de respiración relativamente bajas, pueden almacenarse durante largos periodos sin que pierdan su aceptabilidad de productos frescos. La relación se mantiene en cada especie pudiéndose predecir su vida comercial en base a su tasa de respiración (Rodríguez Calderón A. 1986).

2.4.7. El cociente respiratorio

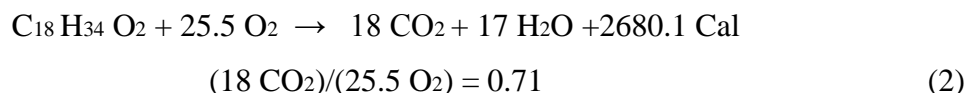
Por cociente respiratorio se entiende la relación entre la cantidad de CO₂ desprendido y la cantidad de O₂ consumido en la respiración. La determinación de este cociente da una idea sobre el curso de la respiración y la naturaleza de los substratos que están siendo utilizados en el proceso (Alvin. P. T. 1952).

Cuando el azúcar es el substrato y la oxidación es completa, la cantidad de O₂ absorbido es igual a la cantidad de CO₂ desprendido, esto es, el cociente es 1.



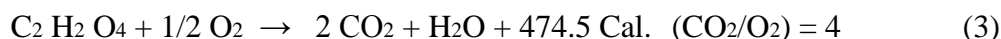
Este es el cociente más comúnmente encontrado en tejidos ricos en carbohidratos, como las hojas, las semillas ricas en almidón (cereales), los frutos, etc (Alvin. P. T. 1952).

Las grasas tienen menos oxígeno que los carbohidratos, y por esto su oxidación completa requiere más oxígeno. Son más oxidadas y por tanto producen más energía. La oxidación del ácido oleico, por ejemplo, tiene la siguiente reacción simplificada (Alvin. P. T. 1952).



Las proteínas, al ser utilizadas en la respiración, dan un cociente generalmente menor que 1 (Alvin. P. T. 1952).

Los tejidos ricos en ácidos orgánicos, por el contrario, tienen generalmente un cociente mayor que 1. En la oxidación de ácido oxálico a CO_2 y agua, el cociente es de 4 (Alvin. P. T. 1952).



2.4.8. Medida de la respiración

La mayor parte de los métodos empleados para medir la intensidad de la respiración requieren determinaciones cuantitativas del CO_2 producido o del O_2 consumido. (Rovalo y Rojas, 1993).

El consumo de oxígeno por la fruta puede ser utilizado para determinar su tasa de respiración; asimismo la producción de CO_2 por el tejido vegetal, el resultado es expresado en $\text{mg CO}_2/\text{kg.h.}$ o en $\text{ml O}_2/\text{kg.h}$ (Monteiro, S. *et al* 1988).

Determinaciones cuantitativas

Se puede clasificar dentro de las determinaciones cuantitativas a los métodos de medida tipo sistema abierto y los métodos de medida tipo sistema cerrado.

2.4.8.1. Sistemas abiertos

Los métodos de medidas de tasas de respiración tipo sistema abierto, en el cual el aire exento de CO_2 pasa a través de una cámara de respiración donde se encuentra el producto, la posibilidad de error aumenta (Montes D.J.E. 1998).

Smith, W.H. 1957, demostró que la producción de CO₂ de manzana, papas y ajos, mantenidos a 21 °C fue mayor cuando la salida de aire interna a la cámara fue aumentando hasta cierto nivel. La probable explicación es que a velocidades altas el paso del aire a través de las frutas aumente la difusión de CO₂ de los tejidos del vegetal.

2.4.8.2. Sistemas cerrados

El método de medida de tasa de respiración tipo sistemas cerrados, en el cual el CO₂ producido es absorbido por una solución y el O₂ es circulado por todo el sistema. Este método tiene la ventaja de dar la medida de O₂ consumido paralelo a la producción de CO₂ (Montes D.J.E. 1998).

2.4.8.2.1. Método por titulación

Este método emplea la titulación de solución alcalina, donde el aire exento de CO₂ es circulado a través del desecador conteniendo el vegetal a ser estudiado a una determinada temperatura. En seguida es burbujeado a una solución alcalina donde ocurre absorción de CO₂ presente, que es convertido a ion carbónico conforme las reacciones (Montes D.J.E. 1998).



Un pH elevado de solución alcalina garantiza que todo el CO₂ sea capturado conforme la reacción anterior, pues un alto pH indica alta concentración de iones OH haciendo que la reacción se desplace hacia la derecha (Montes D.J.E. 1998).

En la reacción de CO₂ con la solución alcalina ocurre un decrecimiento del número equivalente de la solución, esta variación es igual al número de equivalente de CO₂ que reacciona. La igualdad permite cuantificar el CO₂ absorbido en un determinado periodo de tiempo (Montes D.J.E. 1998).

2.4.9. Transpiración

Es la pérdida de agua en forma de vapor de la fruta y hortalizas por la piel. Esta pérdida es de mucha importancia porque es la responsable en gran parte de la presentación del producto. Las frutas están constituidas de un 70 a 90% por agua y si se pierden entre el 5 y 8 % del agua interna, se desmerita la calidad y su valor comercial. La transpiración se ve afectada por: la especie o variedad del producto, naturaleza de la piel, estado de sanidad, temperaturas altas, aire, humedad relativa (Ortiz Ó. J. y .Suarez R. A. 2006).

2.4.10. Etileno

Es considerado el compuesto químico orgánico más simple de tipo hidrocarburo, con gran actividad biológica, ha sido denominado cómo la hormona de la maduración (Capitani et al. 1999). Constituye un regulador de procesos de desarrollo, destacando la maduración de las frutas y respuesta a condiciones ambientales, actúa por autoproducción o por adición externa. La relación de la producción de etileno y la tasa de respiración climatérica, se ha comprobado en diferentes frutas, considerando que este gas es el iniciador de los procesos propios de la maduración (Reid y Pratt, 1970; Brovelli *et al.* 1999; Chaves y Mello-Farias, 2006).

2.4.10.1. Efectos del etileno sobre la maduración de las frutas

Entre los numerosos efectos fisiológicos del etileno se destacan los que afectan directamente la maduración, cómo son la estimulación de la respiración, la influencia en el metabolismo péptico, favoreciendo el aumento de pectinas solubles y por tanto la reducción de la dureza del endocarpio, degradación de la clorofila, despolimerización de polisacáridos de alto peso molecular, pérdida o disminución de ácidos, taninos y fenoles (Wills, 1984).

Debido a ello, el etileno es el principal agente inductor de maduración en frutas climatéricas y puede causar la maduración prematura de algunos productos, se recomienda no transportar ni almacenar frutas y hortalizas de muy alta o alta producción de etileno con productos que son sensibles al mismo (Kader, 2002).

Entre los principales efectos negativos de la acción del etileno en las frutas, se destacan los siguientes:

- Senescencia acelerada y amarillamiento en algunas frutas.
- Manchas en la epidermis.
- Pardeamiento en pulpa y semillas de algunas frutas y hortalizas.
- Acumulación de metabolitos (isocumarina en la zanahoria, que provoca amargor; terpenos en batata, pisantina en guisante).

Entre los principales efectos positivos de la acción del etileno en las frutas, se destacan los siguientes:

- Favorece la abscisión de frutas.
- En cítricos es útil para la desverdización de la epidermis y homogeneidad en la maduración (Lucangeli y Murray, 1998).

2.4.10.2. Efectos del etileno sobre las frutas y hortalizas

El inicio de la maduración organoléptica natural se acompaña, en los frutos climatéricos, de un incremento en la producción de etileno. El tratamiento con etileno exógeno de los frutos preclimatericos acelera el comienzo del proceso madurativo. En la práctica industrial, se explota esta respuesta al etileno exógeno para controlar la maduración de determinados productos, como los plátanos, que se recolectan y transportan en estado fisiológicamente (pero no organolépticamente) maduros y se maduran organolépticamente, inmediatamente antes de su puesta en el mercado (Wills, Ron. *et al.* 1998).

Durante el almacenamiento y el transporte resulta, sin embargo es necesario evitar la acción del etileno para impedir la maduración prematura. El efecto del etileno sobre las frutas y hortalizas no climatéricas no parece ser industrialmente beneficioso, ya que lo único que se hace es reducir la calidad poscosecha, acelerando la senescencia, lo que se pone de manifiesto por la pérdida de color verde, los cambios en textura y flavor y el aceleramiento de las lesiones por el frio y el deterioro microbiano (Wills, Ron. *et al.* 1998).

Se han investigado con detalles los niveles de etileno que desencadenan el proceso de maduración organoléptica de la mayor parte de los frutos climatéricos, pero se desconoce básicamente la concentración umbral que acelera la senescencia de las frutas y hortalizas no climatéricas (Wills, Ron. *et al.* 1998).

Suele citarse como concentración umbral la de 0.1 microlitros por litros, pero las investigaciones recientes llevadas a cabo en Australia indican que la concentración umbral de etileno es inferior a 0.005 microlitros por litro. En la práctica, esto significa la inexistencia de concentraciones inocuas de etileno y, por lo tanto, que toda reducción de la concentración de etileno extenderá en algún grado la vida útil poscosecha de los productos (Wills, Ron. *et al.* 1998).

2.4.11. Maduración

La maduración podría definirse en términos generales como la suma de cambios bioquímicos y fisiológicos que ocurren al final del desarrollo de los frutos, transformándolos en órganos atractivos para el consumo por parte de organismos que ayudan en la liberación y dispersión de las semillas (Giovannoni 2001). Estos cambios, aunque son variables entre las especies, generalmente incluyen modificaciones del color a través de alteraciones en el contenido de clorofila, carotinoides y/o acumulación de flavonoides; modificación en la textura por medio de cambios en la turgencia celular y la estructura y metabolismo de la pared celular; modificación de azúcares, ácidos y volátiles, que afectan la calidad nutricional, el sabor y el aroma; y aumento de la susceptibilidad a patógenos oportunistas (comúnmente asociada a la pérdida de integridad de la pared celular) (Giovannoni 2001).

Como todo organismo vivo la vida de un fruto pasa por diferentes estados que convencionalmente se han estructurado en tres periodos: crecimiento, maduración y senescencia, sin que se haya establecido una clara distinción entre ellos. Mientras que el crecimiento incluye la división y elongación celular, la maduración suele comenzar antes de la finalización de la fase de crecimiento y se extiende hasta la senescencia.

Durante este último periodo los procesos anabólicos dejan paso a los catabólicos, produciéndose un envejecimiento y la muerte final del fruto. Figura 3. Es precisamente durante la maduración cuando tienen lugar una serie de eventos bioquímicos y estructurales que hacen que se produzcan los cambios en la composición química que hacen al fruto atractivo para el consumo. Pero lamentablemente una vez que se ha alcanzado este momento se inicia, por lo general, rápidamente la senescencia y la degradación de las características organolépticas (Romojaro A. F., 2006).

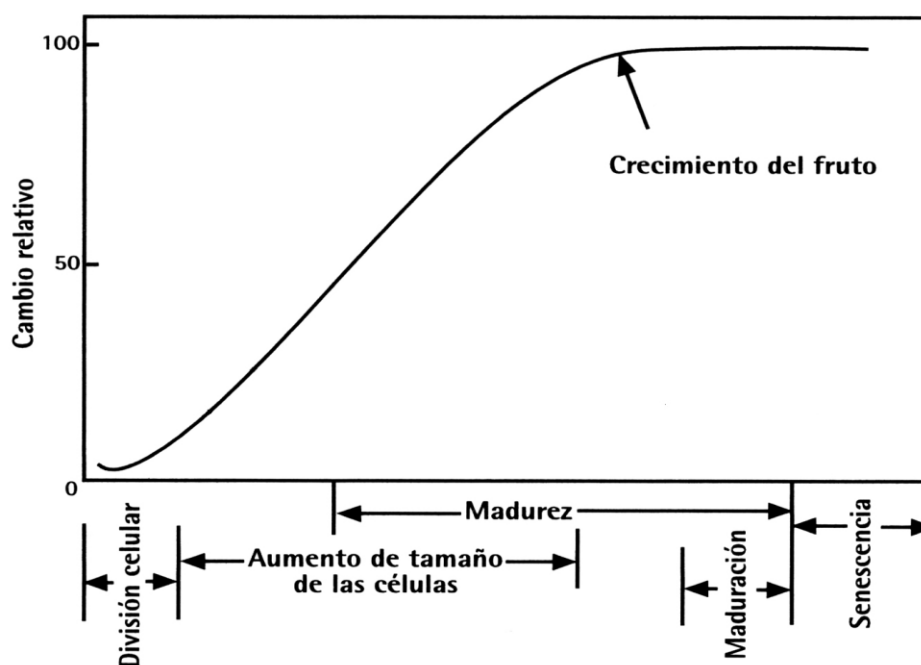


Figura 3. Evolución del desarrollo de un fruto reportado por Romojaro A. F., 2006

2.4.11.1. Determinación del grado de madurez

La madurez es un componente integral de la calidad, especialmente en el contexto de la madurez comercial. Puede distinguirse claramente entre madurez comercial u hortícola (Wills, Ron. *et al.* 1998).

La primera es un determinado estadio de la vida de la planta, o un órgano de la misma, y la última hace referencia al momento adecuado de proceder a la recolección de un producto destinado a un fin concreto, al objeto de que cumpla las exigencias del mercado.

La madurez fisiológica se refiere a aquel estadio en la vida de un órgano (por ej., fruto, hoja), en el caso de las frutas, la maduración organoléptica puede ser considerada como la etapa de desarrollo subsiguiente, el que precede a la senescencia.

La madurez comercial es aquel estado fisiológico en el que el mercado exige que se encuentre un órgano, o una planta. La maduración organoléptica se entiende aquel proceso por el que una fruta alcanza su calidad comestible óptima (Wills, Ron. *et al.* 1998).

2.5. Refrigeración

El almacenamiento en frío es la técnica más ampliamente utilizada para la conservación de frutas y hortalizas. Esta se basa generalmente en la aplicación de ciertas temperaturas constantes a los frutos a conservar, siempre por encima del punto crítico para poder mantener sus cualidades organolépticas, nutritivas, etc; durante un período de tiempo, que dependerá de la especie y variedad de que se trate. La conservación refrigerada bajo condiciones óptimas permite reducir las pérdidas cualitativas y cuantitativas debidas a desórdenes fisiológicos y podredumbres, retrasar la maduración y senescencia y prolongar la vida comercial de los productos hortofrutícolas en general, con calidad idónea para consumo en fresco o industrial (Artés, 1987 y Martínez-Jávega, 1997).

La refrigeración es una tecnología ampliamente utilizada para el almacenamiento y transporte de los productos vegetales; la misma permite retrasar la pérdida de calidad de los alimentos perecederos debido a que disminuye la actividad biológica del producto. Además, las bajas temperaturas provocan un lento crecimiento y dispersión de los microorganismos patógenos (Kader y col. 2002).

El objetivo perseguido por el almacenamiento a refrigeración es frenar el deterioro, sin promover una maduración anómala u otros cambios perjudiciales, manteniendo el producto en condiciones aceptables por el consumidor durante un periodo tan largo como sea posible. Las frutas y hortalizas se encuentran entre los productos más exigentes, tanto en lo que respecta al diseño de la maquinaria cuanto al funcionamiento del almacén frigorífico.

No basta con disponer de suficiente capacidad de refrigeración para enfriar el producto a la temperatura requerida; es preciso que la instalación sea capaz de extraer continuamente el calor desprendido a consecuencia de la actividad respiratoria y de mantener elevadas humedades relativas; en algunos casos se le exige también el mantenimiento de una determinada composición de la atmosfera. Generalmente, los frigoríficos para el almacenamiento de fruta y hortalizas frescas deben operar dentro de intervalos de temperaturas muy estrechos, con oscilaciones muy pequeñas (por ej., $\pm 1^{\circ}\text{C}$) (Wills, Ron. *et al.* 1998).

2.5.1. Daños por frío

Los daños por frío pueden ocurrir durante la germinación de las semillas, crecimiento de plantas en el campo, almacenamiento, transporte y distribución en el mercado; además de la refrigeración doméstica. La naturaleza y severidad de los síntomas estarán en función de las especies, cultivar, grado de madurez, estado nutricional, condiciones agroclimatológicas de desarrollo y humedad relativa del aire en la cámara frigorífica (Snowdon, 1990).

Especialmente en postcosecha el uso de bajas temperaturas críticas por arriba del punto de congelamiento, con la finalidad de retardar el metabolismo, generalmente provocan la supresión total de algunas reacciones causando un desorden fisiológico llamado daño por frío, esta alteración no es exclusiva del producto sometido al almacenamiento, también se presenta en campo, al estar sometidos los tejidos a tales condiciones los síntomas ríen aparecen en forma clara hasta remover el tejido a condiciones favorables . Este problema trae una gran pérdida durante postcosecha e incremento de los costos de producción (Cisneros 1988).

2.5.2. Sintomatologías de los daños por frío.

Unos de los principales problemas post-cosecha de frutas y vegetales de origen tropical y subtropical, es su alta sensibilidad a las bajas temperaturas, dando como resultado el desarrollo de síntomas de daños por frío (DF) (Kader y Mitcha m, 1994, Ponce de León,

1997 y Offer, 1987). Este fenómeno limita considerablemente la vida post-cosecha de los productos sensibles al frío, además un alto porcentaje de las pérdidas post-cosecha son ocasionadas por este desorden. Los síntomas del daño varían en función de la especie, tipo de tejido, su estado de madurez y metabólico (activo o en dormancia) inmediatamente antes del tratamiento y por una gran diversidad de factores ambientales (Del Río y Martínez-Jávega, 1999).

El momento en que el daño por frío comienza a desarrollarse y la severidad con que se presenta depende del cultivar, región productora y estado de desarrollo (Kader y Lu Arpaia, 2000).

Existen numerosos síntomas de daños por frío asociados a cambios en la permeabilidad de las membranas, entre ellos, el picado (pitting), los desecamientos y marchitamientos se pueden considerar como el resultado de la mayor permeabilidad al vapor de agua, desde las células al ambiente.

Estas alteraciones han sido motivo de estudios desde hace muchos años, debido a que la frigoconservación es considerado el método más efectivo para preservar la calidad de los productos hortofrutícolas, ya que retarda su envejecimiento, disminuye la respiración, maduración, podredumbres y cambios metabólicos indeseables (Cuquerella *et al.*, 1983).

2.6. Vida útil (periodo de almacenamiento)

La solución idónea para preservar la calidad global (organoléptica, comercial, microbiológica y nutritiva) de los productos hortofrutícolas y satisfacer las crecientes exigencias de los mercados internacionales, consiste en mejorar los tratamientos postrecolección (Artés, 1995, 1999, 2000).

No existe una temperatura ideal para el almacenamiento de todos los productos hortícolas, porque sus respuestas a las bajas temperaturas son muy diversas. Es necesario considerar procesos físicos, como la transpiración, reacciones fisiológicas, como la lesión del frío, así como el periodo de almacenamiento que se precisa.

En las frutas, las hortalizas y los productos ornamentales no susceptibles a la lesión del frío, se puede lograr un almacenamiento tanto más prolongado cuanto más se aproxime la temperatura al punto crioscópico de sus tejidos.

En los productos susceptibles a la lesión del frío, también se pueden obtener ventajas potenciales inmediatas manteniéndolos a bajas temperaturas durante el almacenamiento y la distribución (Wills, Ron. *et al.* 1998).

El presente trabajo de investigación se desarrollo en el laboratorio de control de calidad del CIRNA-UNAP.

3.1. Materiales

3.1.1. Materia prima

Para el presente estudio, se utilizo como materia prima camu camu (*Myrciaria dubia* **H.B.K.**), del tipo arbustivo procedente de los rodales naturales de las orillas de los ríos de la Amazonía, y adquirido en el mercado Belén de nuestra ciudad.

3.1.2. Reactivos

- Solución 1N de NaOH
- Solución de HCl 1N
- Solución de HCl estándar (2.3824N)
- Cloruro de bario BaCl saturada
- Carbonato de calcio. CaCO₃
- Biftalato de potasio. C₈H₅O₄K
- Anaranjado de metilo 0.5%
- Fenolftaleína (0.5% en etanol)
- Agua destilada

3.1.3. Equipos

- Respirómetro
- Balanza de precisión digital
- Balanza analítica
- Termo Higrómetro digital

3.1.4. Materiales de laboratorio

- Pisceta
- Fiola 1 L
- Probetas 100 ml

- Pipetas volumétricas de 10 y 20 ml
- Matraces de erlenmeyer
- Vasos de precipitado
- Bureta graduada de 50 ml
- Tapones de jebe
- Tubo transparente y flexible de plástico (manguerita)
- Desecador de 10 kg

3.1.4.1. Otros materiales

- Vaselina
- Silicona líquida
- Cinta aislante
- Silicagel

3.1.5. Diagrama de flujo

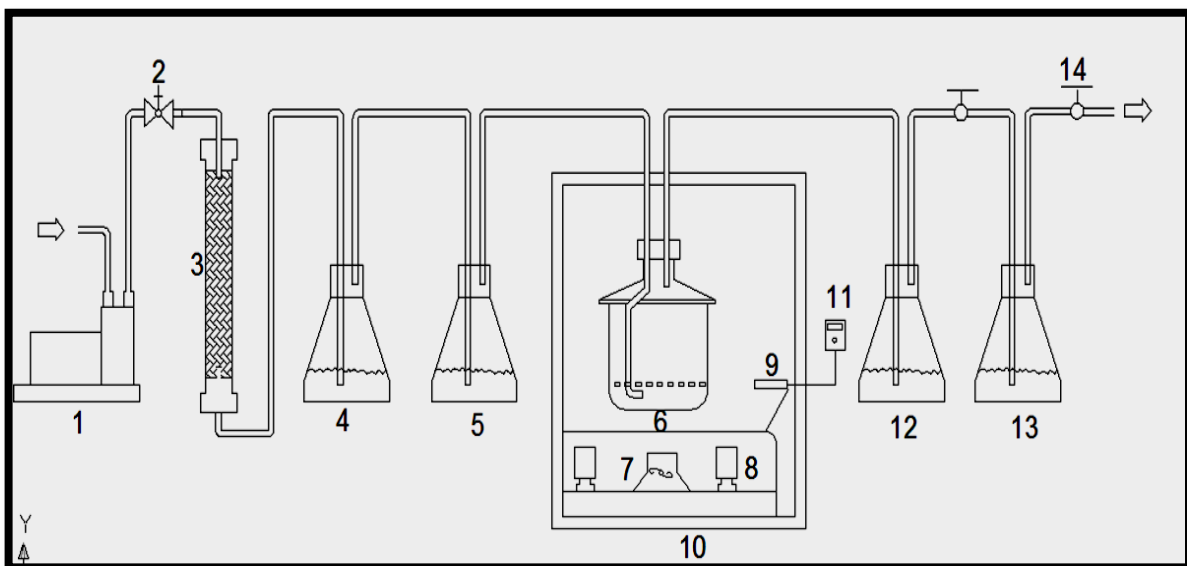


Figura 4. Esquema general del prototipo para determinar la tasa respiratoria de frutas y hortalizas, modificado al reportado por J. Montes; S. Arevalo, 2001 y Angueira M. y Col 2003.

1. Compresora que suministra el flujo de aire por todo el sistema, a través de mangueras, para la remoción de los gases metabólicos producidos en la respiración y para proporcionar el O_2 necesario para ésta.
2. Regulador de presión para control de flujo de aire suministrado.
3. Tubo de vidrio rellena de gel de sílice azul granulado (1-3mm) que elimina el vapor de agua contenido en el aire, evitando su reacción con el NaOH.
4. Matraz con 80 ml de NaOH 1N que suprime la adsorción de CO_2 contenido naturalmente en el aire.
5. Matraz con 80 ml de agua destilada libre de CO_2 que hidrata por burbujeo el aire libre de CO_2 proveniente del matraz anterior, reponiendo así la humedad relativa eliminada por el gel sílice y reduciendo las pérdidas de peso por desecación de la fruta.
6. Desecador que simula el lugar de almacenamiento del vegetal, donde se coloca la fruta al cual se mide la tasa de respiración.
7. Ventilador para uniformizar el aire dentro de la cámara.
8. Lámparas para calentamiento.
9. Bulbo del termostato.
10. Sistema de refrigeración donde se coloca el desecador conteniendo la fruta.
11. Termostato
12. Matraz con 80 ml de HCl a 1N cuya función es retirar la humedad sin absorber CO_2 presente, pues debido al medio ácido no dispone de hidroxilos (OH^-) para reaccionar con el CO_2 .
13. Matraz con 80 ml de NaOH a 1N donde burbujea y es absorbido el CO_2 desprendido en el proceso de respiración.
14. Placas de Hoffman para control de salida de aire

3.2. Método

Para determinar la tasa de respiración del camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K) se empleo el método químico volumétrico a cuatro temperaturas distintas (5, 10, 20,28°C).

3.2.1. Método químico volumétrico para determinación de la tasa respiratoria.

La fruta después de ser seleccionada, lavada, pesada y secada debidamente fue colocada en la campana extractora, la misma que fue colocada en el interior del respirómetro; hasta dónde llegará el aire a una temperatura establecida por el termostato. Para la renovación continua del aire existente en el interior del desecador fue utilizado una compresora conectada por medio de tubos. El aire recogido del ambiente será previamente tratado para retirar la humedad y el CO₂. El aire libre de humedad y CO₂ será conducido a un matraz con agua destilada donde el aire recuperara su humedad y será conducido a través del desecador, lugar donde la fruta generará su propio CO₂ metabólico que será recogido en un matraz conteniendo solución básica. La purificación del aire y la captura de CO₂ emplea cuatro matraces conectados en serie.

En el primer matraz se colocó 80 ml de NaOH 1N, en el segundo matraz 80 ml de agua destilada, en el tercer matraz 80 ml de HCL 1N y en el cuarto matraz 80 ml de NaOH 1N del cual se cogió 20 ml para la titulación.

Para encender el equipo la fruta necesariamente deberá estar colocada en el desecador, transcurrido las 24 horas de funcionamiento se cambian los matraces por matraces con solución fresca.

La solución del cuarto matraz se cubrió inmediatamente para evitar el contacto con el CO₂ presente en la atmosfera y se retira una alícuota de 20ml de la solución, a la cual se añadió 5ml de solución de BaCl saturada (12g de BaCl en 100 ml de agua destilada) y 5 gotas de indicador de fenolftaleína (0,5 % en etanol de 96°) para ser sometida a titulación con una

solución de HCl estándar (2,3824N;) hasta la desaparición del color(V_F), obteniéndose de esta forma la concentración en ppm $BaCO_3$ o alcalinidad fenolftaleínica (A_F).

Inmediatamente se agregan tres gotas de anaranjado de metilo y se titula con HCl 2,3824N hasta observar la aparición de un color rubí anaranjado transparente(V_{anar}). Con la suma de los volúmenes de HCl gastados en ambas titulaciones se obtuvo el volumen total (V_T). A partir de estos valores, mediante las ecuaciones (6) a (9), se calcula el $BaCO_3$ (ppm CO_2) y el CO_2 ($mgCO_2$) presentes en la solución.

$$\text{ppm } CO_2 = 2 \times (A_T - A_F) \quad (6)$$

$$mgCO_2 = \text{ppm}CO_2 \times V_{\text{muestra}} \times (44/197,34) \quad (7)$$

Donde

$$A_T = V_T \times N_{HCl} \times 98,67 \times 1000 / V_{\text{aliquota}} \quad (8)$$

$$A_F = V_F \times N_{HCl} \times 98,67 \times 1000 / V_{\text{aliquota}} \quad (9)$$

$$\text{y } N_{HCl} = 2,3824N; \quad V_{\text{aliquota}} = 20 \text{ ml}; \quad \text{y } V_{\text{muestra}} = 0,08 \text{ l.}$$

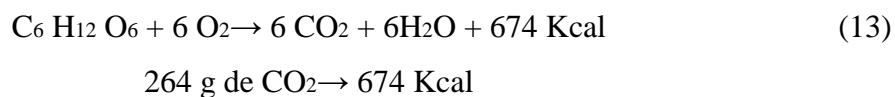
Los valores constantes de las ecuaciones corresponden a los pesos moleculares y factores de conversión involucrados.

Las reacciones que tienen lugar son:



Dividiendo $mgCO_2$ obtenido en (2) por el peso de los frutos y el periodo en horas que duro la determinación se obtiene la tasa de respiración en $mgCO_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ (**Angueira M. y col, 2003**).

Producción de calor = mg CO₂/h.Kg; y de acuerdo con **Neves, F.(1983)** el proceso de respiración es:



Por lo tanto:

$$(\text{mgCO}_2 / \text{h.Kg}) \times 2.553 = \text{Cal} / \text{h.Kg} \quad (14)$$

3.2.2. Montaje y funcionamiento del prototipo

El prototipo se construyó con materiales de acero inoxidable, las paredes están completamente aisladas con poliestireno expandido, la puerta totalmente hermética y cuenta con una compresora para el sistema de frío (Figura 5) y compresora para proporcionar aire al sistema (Figura 6).

Para proporcionar temperaturas superiores a 15° C se utilizó lámparas para calentamiento (Figura 7). El funcionamiento del equipo es dirigido desde un panel de control (Figura 8).

Todas las partes del equipo han sido ensamblados en una unidad cuyo peso es de aproximadamente 50 kg lo que lo convierte en un equipo portátil (Respirometro), (Figura 9).

El equipo fue instalado en el departamento de control de calidad del CIRNA de la UNAP, cumpliendo con los siguientes requisitos.

- a) Debe retirar todo el CO₂ del aire inyectado en la cámara.
- b) Debe operar con buena precisión en temperaturas que varían de 0 °C a 40 °C.
- c) La temperatura debe ser constante y uniforme en toda la sección de la cámara.
- d) El flujo de aire debe ser aproximadamente constante en todo el circuito.

- e) Asegurar que la presión del aire sea la adecuada, de manera que los tapones de goma de los matraces no se desprendan.
- f) La captura del CO₂ liberado por la respiración de la fruta debe ser total.
- g) Debe tener un buen aislamiento, si es que el sistema opera a temperaturas por debajo de 0 °C.

El prototipo debe funcionar en forma precisa para que los datos colectados también tengan valores precisos y puedan ser usados para cálculos futuros de calor de respiración de frutas. En el cerrado hermético entre el desecador y la tapa se usó vaselina y las conexiones entre la embocadura de la tapa y tubos, se usó silicona. Posteriormente se realizó una prueba recuperación de CO₂ para verificar si hay fuga de aire en el sistema.

El encargado en hacer circular aire en todo el sistema es una compresora y el control de salida de aire es hecho por una llave de paso que está instalada en la salida de la compresora. La regulación es hecha por la cantidad y tamaño de burbujas que atraviesan las soluciones.

Por tal motivo se necesita obtener burbujas de diámetro pequeño en un flujo continuo y en hileras.

Después de controlar el flujo con la llave de paso, la misma que estando totalmente cerradas, nos permite retirar alícuotas del último matraz sin que exista transferencia de solución entre ellas.

Cada tubo con su respectiva solución, contiene un tapón con dos perforaciones. Por una de las perforaciones el aire es conducido al fondo de la solución, por una pipeta de vidrio. Por la otra el aire es insuflado de arriba del tubo de vidrio de diámetro menor conectado al tapón.

El control de temperatura es hecho por un termostato de buena precisión, actuando sobre dos lámparas (100 W cada uno). La acción del termostato hace la temperatura interna de la cámara de respiración sea constante.

La selección de la temperatura es regulada entre la fase que se desea estudiar. El termostato usado permite una buena precisión y constancia de temperatura para que la temperatura sea uniforme en toda la cámara, hay un microventilador instalado en la parte interior de la cámara, cuya función es hacer que el aire que circula sea constante.

Las paredes de la cámara están completamente aisladas con poliestireno expandido, la puerta totalmente hermética para evitar el pase de flujo de calor de afuera hacia dentro.

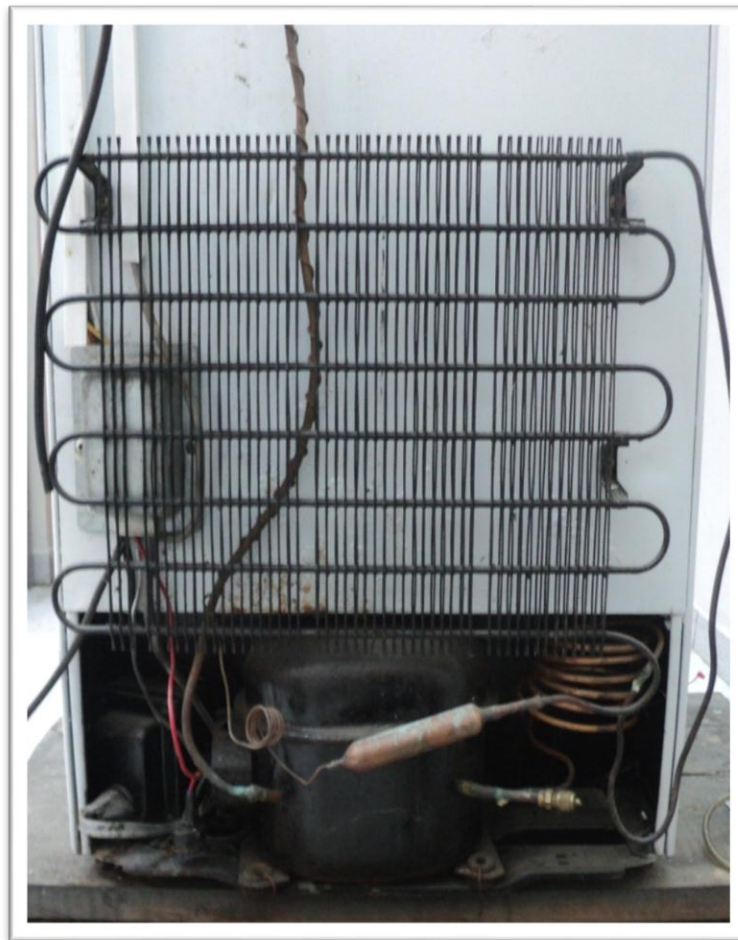


Figura 5. Vista de los componentes del sistema de frío.



Figura 6. Compresora.



Figura 7. Lámparas para calentamiento.



Figura 8. Panel de control del equipo.



Figura 9. Respirómetro

3.2.3. Prueba de recuperación de CO₂

Se realizó con la finalidad de comprobar y verificar la existencia de posible fuga de CO₂ del sistema. Esto nos permitió tener seguridad en la obtención de datos recolectados, para la posterior determinación del calor de respiración del vegetal.

Durante el funcionamiento del sistema, el régimen de CO₂ liberado por la respiración del vegetal es conducido por tubos para ser recuperada en una solución básica absorbente.

Esta prueba consiste en simular una cantidad definida de CO₂ interna en el desecador y verificar su recuperación a través de las ecuaciones (6) al (9). Con dos titulaciones de solución básica.

Con esta finalidad, fue colocado dentro del desecador un vaso de precipitado conteniendo 0.6068 g de carbonato de calcio (CaCO₃), entonces el sistema fue cuidadosamente cerrado en puntos posibles de fuga. Se detalla a continuación los posibles puntos de fuga.

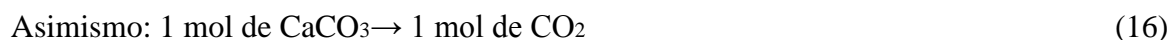
- a) Las conexiones de los tubos con el tapón fue sellada con silicona y reforzada con una cinta adhesiva.
- b) En la conexión entre la embocadura del desecador y los tubos, se empleó silicona.
- c) En la tapa del desecador fue colocada vaselina.

Se hizo funcionar el respirómetro por un periodo de 4 horas. Para la retirada de todo el CO₂ presente en el desecador y las mangueras. Después de este periodo el flujo de aire se interrumpió a través de una válvula que regula el paso de aire, seguidamente las soluciones del sistema fueron retiradas. Y por medio de una jeringa fue inyectado 25 ml de HCl 1N en el vaso interno en el desecador, conteniendo CaCO₃.

La reacción que se produce es la siguiente:



Como fue adicionado exceso de HCl es de esperar que la reacción de arriba se desligue totalmente hacia la derecha.



Dónde:

$$\text{molCaCO}_3 = 100.09\text{g} \quad (17)$$

$$\text{molCO}_2 = 44.00\text{g} \quad (18)$$

$$100.09\text{g. de CaCO}_3 \rightarrow 44\text{g de CO}_2 \quad (19)$$

Con el peso del CaCO₃ depositado en el vaso de precipitado se procede a resolver por regla de tres simple, obteniendo así la masa de CO₂ que se espera recolectar (**Masa liberada**).

Con la obtención de estos resultados, seguidamente se cambiaron las soluciones por otras nuevas y se retomó nuevamente el flujo de aire por un tiempo de 24 h. Para este periodo de tiempo se recolectó 20 ml de muestra para su titulación. La muestra fueron recolectados del matraz N° 11, (en la **figura 4**), con una pipeta volumétrica. La titulación tiene la finalidad de cuantificar el CO₂ presente en la solución de forma iónica. (**Masa recuperada**).

$$(\text{Masa recuperada})(100) / (\text{Masa liberada}) = \% \text{ de recuperación} \quad (20)$$

3.2.4. Preparación de las soluciones

La preparación de soluciones es hecho de acuerdo con MORITA (1972). produciéndose de la siguiente forma:

- a) Solución de cloruro de bario; disolviéndose 12g. de BaCl₂·2H₂O, en un litro de agua destilada.
- b) Solución de ácido clorhídrico 1N; es preparada a partir de ácido clorhídrico concentrado (12N), d = 1.18 – 37.2% producto comercial.

Por ley de conservación de **ne**(número equivalente)durante la dilución de una solución se tiene que:

$$\mathbf{ne(diluido) = ne(concentrado)}$$

$$(\mathbf{N \times V}) \text{ diluido} = (\mathbf{N \times V}) \text{ concentrado}$$

La preparación de un litro de solución diluida 1N: $1N \times 1\text{ lt.} = 12N \times V$

Por tanto $V = 0.0833 \text{ lt.}$ o 83.33 ml.

Se disuelve entonces 83.33 ml. De solución concentrado (12), en un balón volumétrico hasta un litro usando agua destilada.

No es necesario la valoración de esta solución pues eso será usada solamente para deshumificación de aire que sale del desecador.

c) Solución de hidróxido de sodio 1N, se prepara a partir de hidróxido de sodio solido, producto comercial.

ne = normalidad x volumen, asimismo la preparación de un litro de solución 1N se tiene:

$$ne = 1$$

$$ne = \frac{\text{masa} \times K}{\text{Mol}}$$

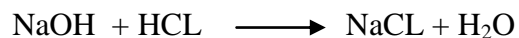
$$\text{donde: Mol}_{\text{NaOH}} = 44.00$$

$$K_{\text{NaOH}} = 1$$

$$\text{Masa} = 1 \times 44 / = 44.00 \text{ gr. De NaOH solido}$$

Por tanto en un litro de solución de NaOH 1N debe contener 44.00 g de NaOH.

La valoración de solución es hecha con HCL 1N valorado y el indicador usado es fenolftaleína de un pH 8.2. La reacción que se procesa es la siguiente:



Por la igualdad de n_e en el pH de ambas soluciones y conociendo los volúmenes las soluciones (ácidas y básicas) y la normalidad de la solución ácida se calcula la normalidad de la solución alcalina.

$$N_{\text{NaOH}} = N_{\text{HCL}} \times V_{\text{HCL}} / V_{\text{NaOH}}$$

Donde:

N_{NaOH} = Normalidad de soluciones de hidróxido de sodio

V_{NaOH} = Volumen de solución de hidróxido de sodio

N_{HCL} = Normalidad de solución de ácido clorhídrico

V_{HCL} = Volumen de solución de ácido clorhídrico gastado en la titulación

Para la valoración del NaOH, se puede utilizar también biftalato de potasio ($\text{C}_8 \text{H}_5 \text{O}_4 \text{K}$). Se pesa 0.600 g de este reactivo y se disuelve en 75 ml de agua destilada, utilizando como indicador fenolftaleína. La fórmula de la normalidad a usar es:

$$N_{\text{NaOH}} = P / V_{\text{NaOH}} \times \text{pmeq}$$

Donde:

P = gr. De biftalato utilizado

V_{NaOH} = Volumen de NaOH gastado en la titulación

pmeq = peso meq del biftalato = 0.20423

4.1 Prueba de recuperación de CO₂

Esta prueba se realizó con la finalidad de verificar la existencia de posible fuga de aire del sistema, esto nos permitió tener la seguridad que los datos recolectados son de confianza.

Esta prueba consiste en simular una cantidad definida de CO₂ dentro de la campana y verificar su recuperación a través de las ecuaciones (6) al (9).

El CO₂ que se espera recolectar, considerando que el vaso precipitado tiene 0.6068 g de CaCO₃es:

100.09gde CaCO₃, equivalente a 44g de CO₂, luego por regla de tres se tiene que 0.6068 g de CaCO₃ equivale a 0.2668 de CO₂ (**Masa liberada**).

Se tiene a continuación los resultados obtenidos de la prueba de recuperación de CO₂, tal como se observa en la tabla 8, la masa total de CO₂ es igual a 0.2547 g

Tabla 8.Determinación de la prueba de recuperación de CO₂dentro de la cámara de respiración(**Ver Anexo Pág. 90-92**).

T _(h)	V _F	V _{anar}	V _T	A _F	A _T	ppmCO ₂	mgCO ₂	gCO ₂
24	8.3	0.6	8.9	97554.63	104606.78	14104.28	254.73	0.2547

Masa total de CO₂ = Masa recuperada = 0.2547

Considerando que la cantidad de CaCO₃colocada dentro del desecador fue de 0.6068 g, rige totalmente; que el porcentaje de recuperación fue de:

(Masa recuperada)(100) / (Masa liberada) = (0.2547) (100) / (*0.2668) = 95.49 % (***Ver Anexo Pág. 92-93**)

Este resultado puede llevar a concluir que casi todo el CO₂ presente en el desecador será capturado por la solución básica.

Asimismo el equipo puede ser considerado adecuado para operaciones que involucran la captura de CO₂ interno en el desecador por la solución básica, donde el acceso es realizado por tubos y conexiones.

4.2 Calor de respiración del camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K) a 5°C

Una de las razones por la cual se escogió este fruto, es por que dicha fruta es netamente de la amazonia continental como también por su alto contenido de vitamina C. La intensidad respiratoria se midió por titulación en mgCO₂/Kg.h, utilizando una modificación al método reportado por Montes y Arévalo (2001) y Angueira M. y Col (2003).

Las recolecciones de muestra, para la determinación del calor de respiración fueron hechas cada 24 h, en donde el sistema estuvo funcionando por días dependiendo de la temperatura

Tabla 9. Calor de respiración a 5°C

Días	Tasa de respiración mgCO ₂ /Kgh	Calor de respiración Kcal/dia.Tn
1	18	1084
2	18	1084
3	20	1246
4	19	1138
5	18	1084
6	19	1192
7	19	1192
8	19	1138
9	16	975
10	14	867
11	14	867
12	18	1084
13	15	921
14	16	975
15	13	813
16	13	813
17	15	921
18	13	813
19	11	650

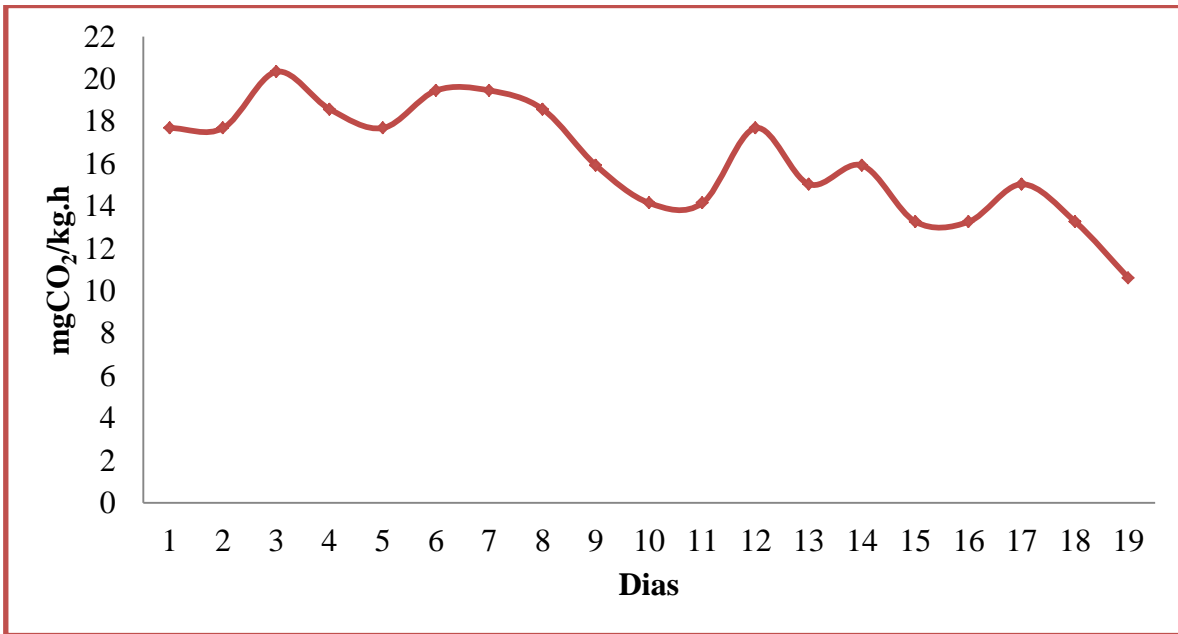


Figura 10. Tasa de respiracion del camu camu a 5°C con 91% de HR

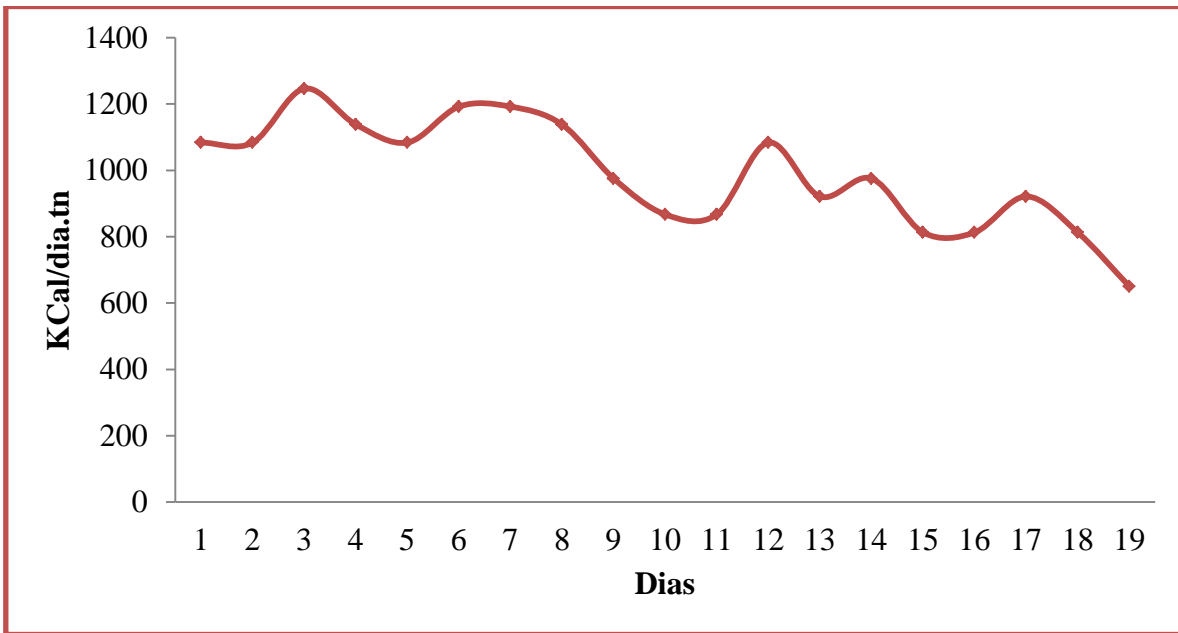


Figura 11. Calor de respiración del camu camu



Figura 12. Camu camu en el primer día de prueba

Se colocó el camu camu con un peso aproximado de 1 Kg en el desecador, a una temperatura de 5 °C dentro de la cámara con 91% de HR durante un periodo de 19 días.

Después de los 19 días de almacenamiento a 5°C, la intensidad respiratoria descendió de 18 mgCO₂/Kg.h, en el primer día a 11 mgCO₂/Kg.h en el último día y el calor de respiración descendió de 1084 Kcal/dia.tn a 650 Kcal/dia.tn, tal como se muestra en la **figura 10 y 11**, y **tabla 9**. A este tipo de comportamiento de actividad respiratoria se conoce con el nombre de respiración no climatérica (Monteiro, S. *et al*, 1988).

El camu camu estuvo en perfectas condiciones de apariencia externa e interna hasta el día 11, posteriormente comenzaron a aparecer quemaduras en la superficie del fruto provocado por el frío, que concuerda con lo expresado por Jackman (1988, citado por Vega *et al.*, 1997), que los daños por frío son desórdenes fisiológicos que sufren algunas frutas y vegetales como resultado de su exposición a bajas temperaturas. FAO 1987, la mayoría de las frutas tropicales experimentan daño por frío a temperatura entre 5 y 14°C.

Después de 18 días de almacenamiento se observaron indicios de deshidratación en los frutos, evidenciados por la presencia de arrugas. Lo que revela una alteración en la estructura de la membrana provocando así el comienzo de su descomposición tal como se

muestra en la **figura 14**. (Ryall , 1982) ha sugerido que la modificación en la estructura de la membrana se considera una respuesta primaria al daño por frío y la cual consiste en un cambio de una estructura de líquido cristalino flexible a una estructura de gel sólido, incrementándose así la permeabilidad de la membrana.

Asimismo a 5°C se observa presencia de agua en el desecador, debido a la transpiración de las frutas. La transpiración de las frutas durante su almacenamiento genera pérdida de agua y con ello pérdida de peso (Rizzini y otros 2009).

La pérdida de agua por transpiración es una de las causas más importantes del deterioro durante el almacenamiento, ya que la mayoría de frutas y legumbres contienen entre el 80% y 90% de agua , parte del cual se pierde por transpiración (Hardenburg *et al.* 1998).

La pérdida de firmeza se produce a través de 3 mecanismos: pérdida de la turgencia celular, degradación de almidones y ruptura de las paredes celulares que es la de mayor importancia en la mayoría de frutas (Seymour *et al.* 1993).



Figura 13. Parte superficial del camu camu a 5° C después de 19 días, mostrando los daños ocasionados por el frío.

Después de estas exposiciones prolongadas del camu camu, a temperatura de 5 °C se tiene como resultado que el camu camu no resiste esta temperatura debido a que hubo mayor pérdida de agua y a la aparición de manchas en la superficie del fruto a causa de la baja temperatura y a su origen tropical.



Figura 14.Parte interna del camu camu a 5 °C después de 19 días, mostrando los daños causados por el frío.

Transcurrido 19 días desde el inicio del experimento, el desecador fue abierto y el camu camu fue pesado, para calcular la pérdida de peso del producto durante el tiempo que estuvo siendo estudiado. La pérdida de peso fue de 4.9%.

4.3 Calor de respiración del camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K) a 10°C

Tabla 10. Calor de respiración a 10°C

Días	Tasa de respiración mgCO ₂ /Kg.h	Calor de respiración Kcal/día.Tn
1	38	2330
2	21	1301
3	17	1030
4	22	1355
5	23	1409
6	14	867
7	15	921
8	21	1301
9	15	921
10	16	975
11	18	1084
12	23	1409
13	16	975
14	25	1517
15	23	1409
16	22	1355
17	16	975
18	15	921
19	13	813
20	12	759

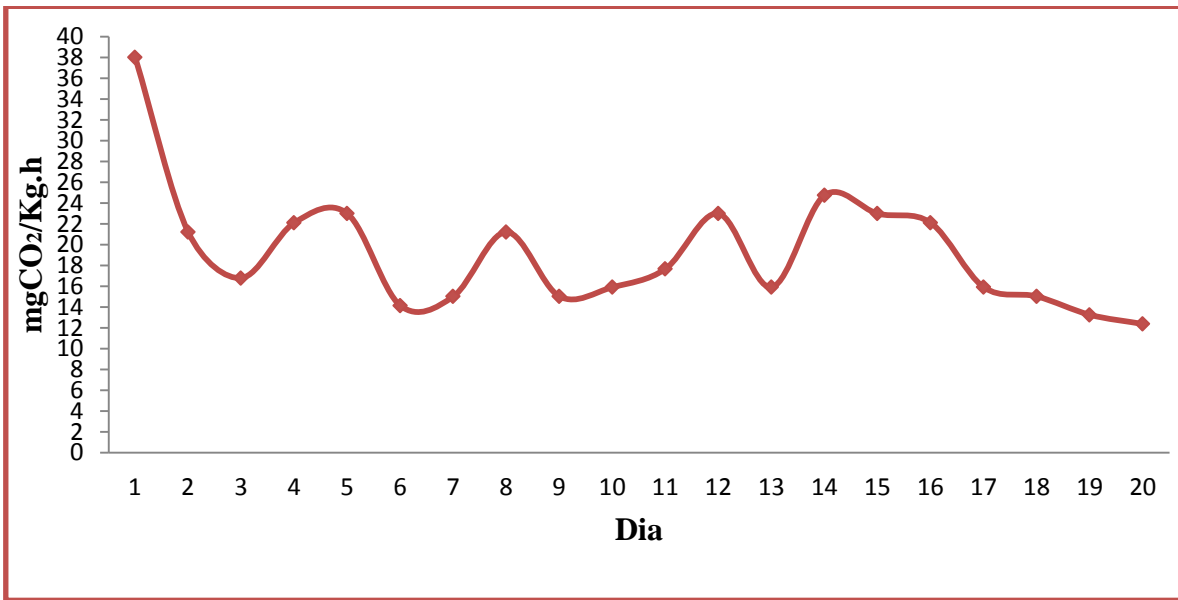


Figura 15. Tasa de respiración del camu camu a 10°C con 94 % de HR

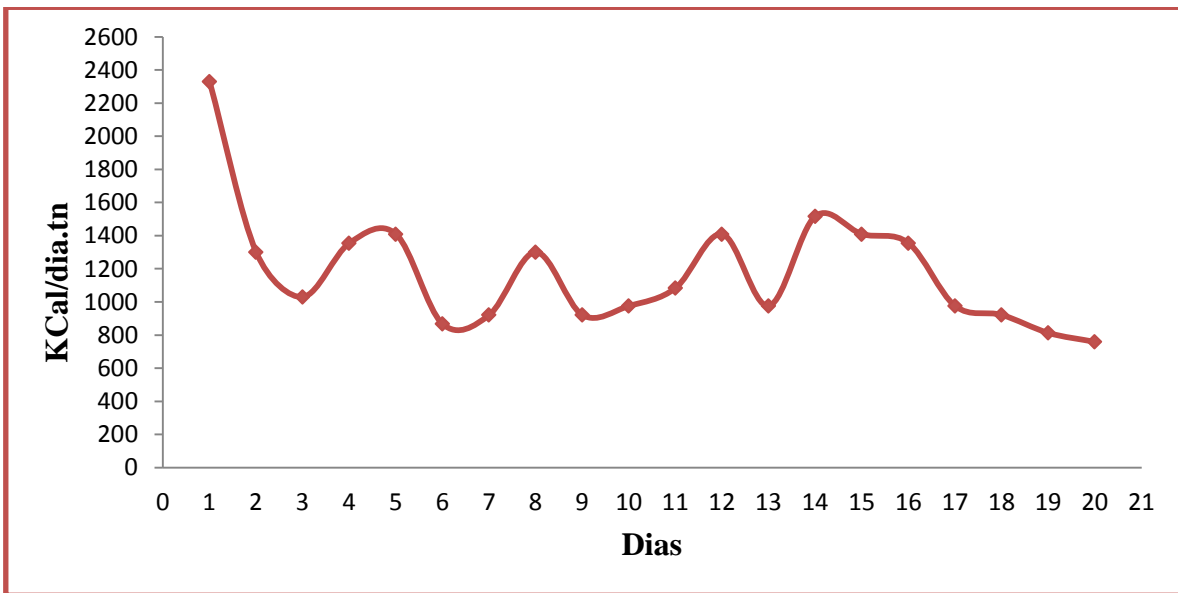


Figura 16. Calor de respiración del camu camu a 10 °C con 94 % de HR

Se colocó el camu camu con un peso aproximado de 1 Kg en el desecador, a una temperatura de 10 °C con 94 % de HR durante 20 días.

Después de 20 días de almacenamiento a 10°C, la tasa respiratoria desciende en forma oscilatoria de 38 mgCO₂/Kg.h en el día 1 a 12mgCO₂/Kg.h en el día 20 y el calor de respiración desciende de 2330Kcal/Tn.día a 759Kcal/Tn.día en el día 20 tal como se muestra en la **figura 15 y 16, y la tabla 10**. Confirmándose que la curva pertenece a una fruta no climatérica como es el camu camu. A este tipo de comportamiento de tasa de respiración se conoce con el nombre de respiración no climatérica (Monteiro, S. *et al.*, 1988).

El camu camu estuvo en buen estado de apariencia externa e internamente hasta el día 15, sin embargo días después comenzaron a aparecer manchas de color marrón que abarcan un 10% la superficie del fruto, que han sido relacionados con el daño por frío, de acuerdo con (Keller, 1978, citado por Cisneros, 1988) que define como síntomas de daños por frío a cualquier cambio estructural o funcional que indica la presencia de una enfermedad o trastorno.

Pero estas manchas no causaron alteración alguna en la estructura de la membrana de la fruta hasta el día 20, en la cual se dio por terminado la prueba debido a que dichas manchas iban en aumento y algunos frutos comenzaban a mostrar hundimientos tal como se aprecia en la **figura 17** y por tanto afectaba la calidad de apariencia y de consumo del camu camu.



Figura 17. camu camu mostrando manchas y hundimientos después de 20 días de almacenamiento, a 10 °C.

Así como también se observó agua en la pared interna y en la base del desecador, pero en cantidades mínimas, lo que revela que el fruto perdió mínima cantidad de agua, la cual quiere decir que estuvo a una temperatura adecuada en las cuales se conservó en buenas condiciones favoreciendo el tiempo de vida de la fruta tal como se muestra en la **figura 18**.



Figura 18. Camu camu mostrando la pulpa en buen estado después de 20 días de almacenamiento, a 10 °C.

Transcurrido 20 días desde el inicio del experimento, el desecador fue abierto y el camu camu fue pesado, para calcular la pérdida de peso del producto durante el tiempo que estuvo siendo estudiado. La pérdida de peso fue de 3.8%

4.4 Calor de respiración del camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K) a 20°C

Tabla 11. Calor de respiración a 20°C

Días	Tasa de respiración mgCO ₂ /Kgh	Calor de respiración Kcal/dia.Tn
1	58	3542
2	60	3660
3	56	3424
4	56	3424
5	60	3660
6	55	3365
7	55	3365
8	50	3070
9	48	2952
10	47	2893

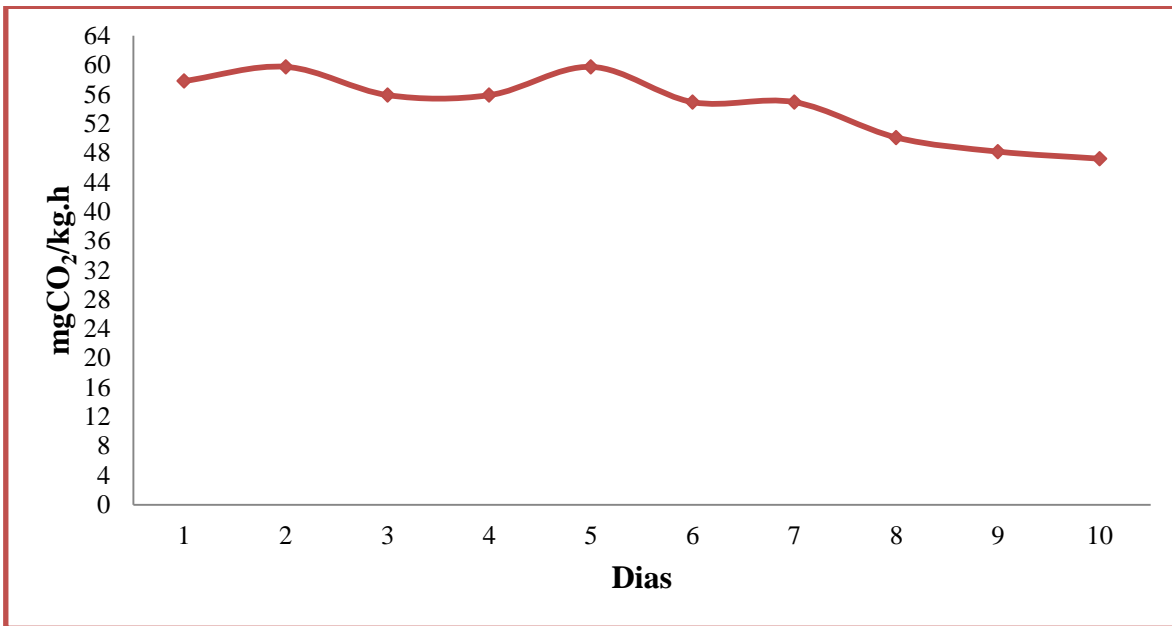


Figura 19. Tasa de respiración del camu camu a 20°C con 84 % de HR

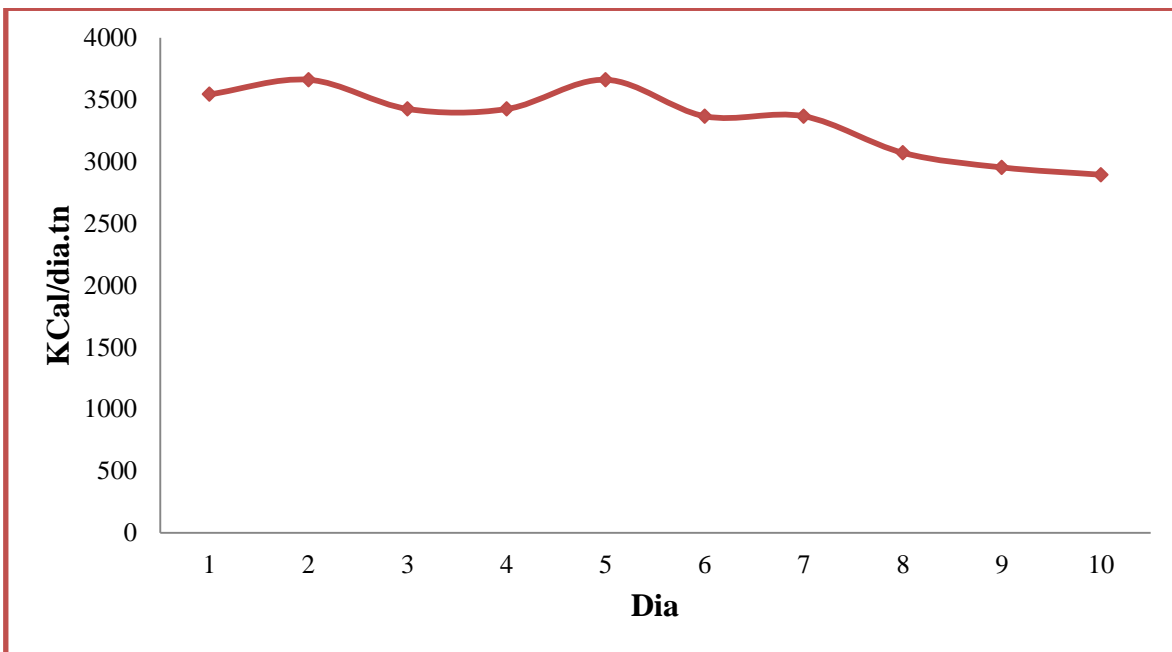


Figura 20. Calor de respiración del camu camu a 20 °C con 84 % de HR.

Se colocó el camu camu con un peso aproximado de 1 Kg en el desecador, a una temperatura de 20 °C con 84 % de HR durante 10 días.

La tasa de respiración de los frutos de camu camu se incrementó debido al aumento de la temperatura en 10°C, trayendo como consecuencia menos días de almacenamiento de la fruta, que concuerda con lo dicho por Seymour *et al.* (1993), que en muchos frutos no climatéricos por lo general existe una correlación entre tasas respiratorias elevadas y una corta vida útil poscosecha.

Tal como se aprecia en la **figura 19 y 20** se nota un descenso de las tasas de respiración así como también del calor de respiración durante todo el proceso de 58 mgCO₂/Kg.ha 47 mgCO₂/Kg.h, y de 3542Kcal/Tn.día a 2893Kcal/Tn.día, a este tipo de comportamiento de actividad respiratoria se le conoce como respiración no climatérica, según (Goldschmidt 1997), los frutos no climatéricos pueden experimentar un incremento en su actividad respiratoria durante su almacenamiento, con un patrón de tipo lineal sin evidencias de un pico o punto máximo definido.

El almacenamiento duro solamente 10 días debido a que la temperatura aceleró el proceso de respiración, durante los 10 días de prueba, el camu camu solo estuvo apto para el consumo hasta el día 7, posteriormente se comenzó a notar manchas de color café con picaduras negra por toda la superficie de la cascara como se aprecia en la **figura 21**, es allí cuando las frutas se vuelven más susceptibles a la acción de microorganismos a causa de la temperatura y el pasar de los días que aceleran su senescencia.

A esta temperatura no se observó agua dentro del desecador, pero sí una leve descomposición de la pulpa a consecuencia de la temperatura, tal como se muestra en la **figura 21**, trayendo como consecuencia el ablandamiento y el cambio de color de la pulpa.



Figura 21. Camu camu en el decimo día de almacenamiento a 20 °C

Transcurrido 10 días desde el inicio del experimento, el desecador fue abierto y el camu camu fue pesado, para calcular la pérdida de peso del producto durante el tiempo que estuvo siendo estudiado. La pérdida de peso fue de 3.2%

4.5 Calor de respiración del camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K) a 28°C

Tabla 12. Calor de respiración a 28°C

Días	Tasa de respiración mgCO ₂ /Kgh	Calor de respiración Kcal/dia.Tn
1	62	3794
2	59	3631
3	57	3468
4	57	3523
5	53	3252
6	55	3360
7	51	3143

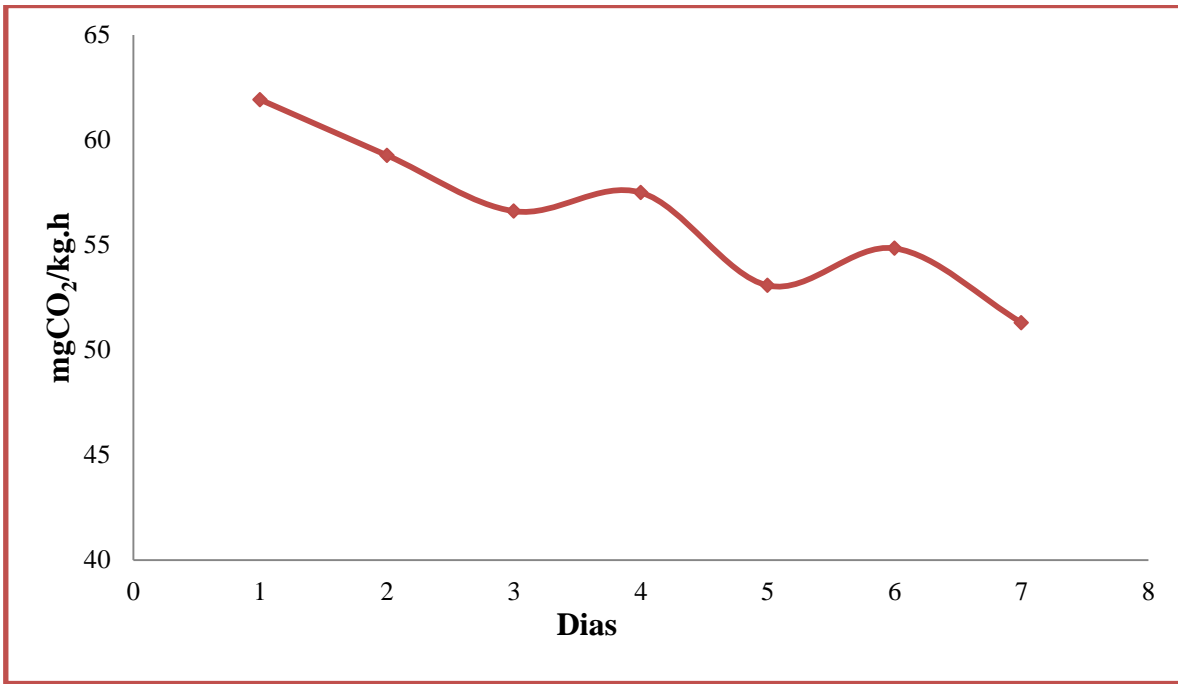


Figura 22. Tasa de respiración del camu camu a 28°C con 85.5 % de HR.

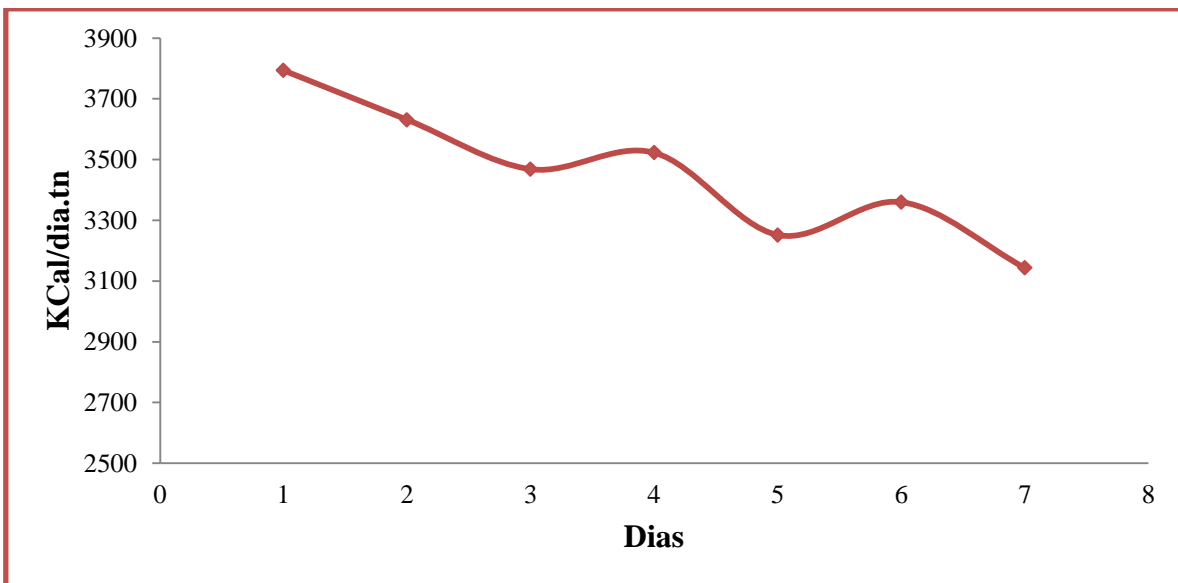


Figura 23. Calor de respiración del camu camu a 28 °C con 85.5 % de HR.

Se colocó el camu camu con un peso aproximado de 1 Kg en el desecador, a una temperatura de 28 °C con 85.5 % de HR durante 7 días.

La tasa de respiración de almacenamiento en el primer día de almacenaje es de 62mgCO₂/Kg.h, descendiendo hasta 51mgCO₂/Kg.h en el último día, como también el calor de respiración descendió de 3794Kcal/Tn.día a 3143Kcal/Tn.día, tal como se aprecia en la **figura 22 y 23**, también aquí se notó un descenso en la tasa de respiración y el calor de respiración comprobándose de esta manera que la curva tiene un comportamiento no climatérico.

Para esta condición, el camu camu estuvo apto en cuanto a su calidad solo hasta el día 3 posteriormente a partir del día 4 de almacenamiento se comenzó a evidenciar el deterioro en la parte superficial del fruto, manifestándose por el inicio de manchas y picaduras indicando así el comienzo de la pérdida de la calidad, ya en el día 6 comenzaron a aparecer hongos alrededor de las picaduras, que son signos de una completa descomposición de su pared celular tal como se aprecia en la **figura 24**.



Figura 24. Camu camu a 28 °C en el séptimo día de almacenamiento.

A esta temperatura tampoco se observó agua en las paredes del desecador, pero sí una rápida descomposición de la pulpa a causa de la temperatura ambiente. Debido a que el camu camu estuvo almacenado a temperatura ambiente, el metabolismo de la fruta aceleró

provocando una mayor tasa respiratoria, una rápida descomposición del fruto y por consiguiente un almacenamiento corto.

Transcurrido 7 días desde el inicio del experimento, el desecador fue abierto y el camu camu fue pesado, para calcular la pérdida de peso del producto durante el tiempo que estuvo siendo estudiado. La pérdida de peso fue de 1.9%

Pérdida de peso

Tabla 13. Pérdida de peso del camu camu a diferentes temperaturas

Temperatura °C	Días de almacenamiento	% de pérdida de peso
5	19	4.90
10	20	3.80
20	10	3.20
28	7	1.90

Durante el almacenamiento de los frutos, la tendencia general fue la pérdida de peso con el transcurso del tiempo y la temperatura; y, según lo reportado por (Tlapa Rangel C. C. 1999), El aumento de la pérdida de peso en los frutos, se debe a la evaporación acumulativa de agua del fruto hacia el exterior a través del tiempo, influyendo factores, entre ellos la temperatura y la diferencia de presión de vapor de agua.

En general se aprecia que en los frutos frigoconservados a 5°C, se obtuvieron los mayores registros de pérdida de peso respecto a los frigoconservados a 10°C y los almacenados a 20 y 28°C. La diferencia de pérdida de peso de los frutos frigorefrigerados a 5°C y 10°C, se puede explicar debido a la alteración que sufren las membranas por cambios en la permeabilidad a causa de que al someter los ácidos grasos de la membrana celular a bajas temperaturas cambian de estado líquido a sólido (Lyons, 1972). Además de las diferencias de las condiciones de humedad relativa de las cámaras, ya que la cámara que operaba a 5°C

mantenía una humedad relativa de 91%, en tanto que la cámara que operaba a 10°C mantenía una humedad relativa de 94% y según lo reportado por (Tlapa Rangel C. C. 1999), una humedad relativa alta del aire reduce las diferencias de presión de vapor entre el producto y el aire, y de esta manera se pierde menos agua.

Los daños causados a 5 °C durante los 19 días de almacenamiento trajeron consigo un 4.9% de pérdida de peso, este porcentaje coincide con Hardenburg et al. 1998, quien determina que para la mayoría de frutas y vegetales se considera que pérdidas de peso entre 3% y 6% son suficientes para producir un marcado desmejoramiento de la calidad.

Los frutos de camu camu almacenadas a temperatura de 20 °C y 28 ° C presentaron menos pérdida de peso, puede ser debido a que estuvieron almacenados menos días con humedad relativa de 84% y 85.5% respectivamente.

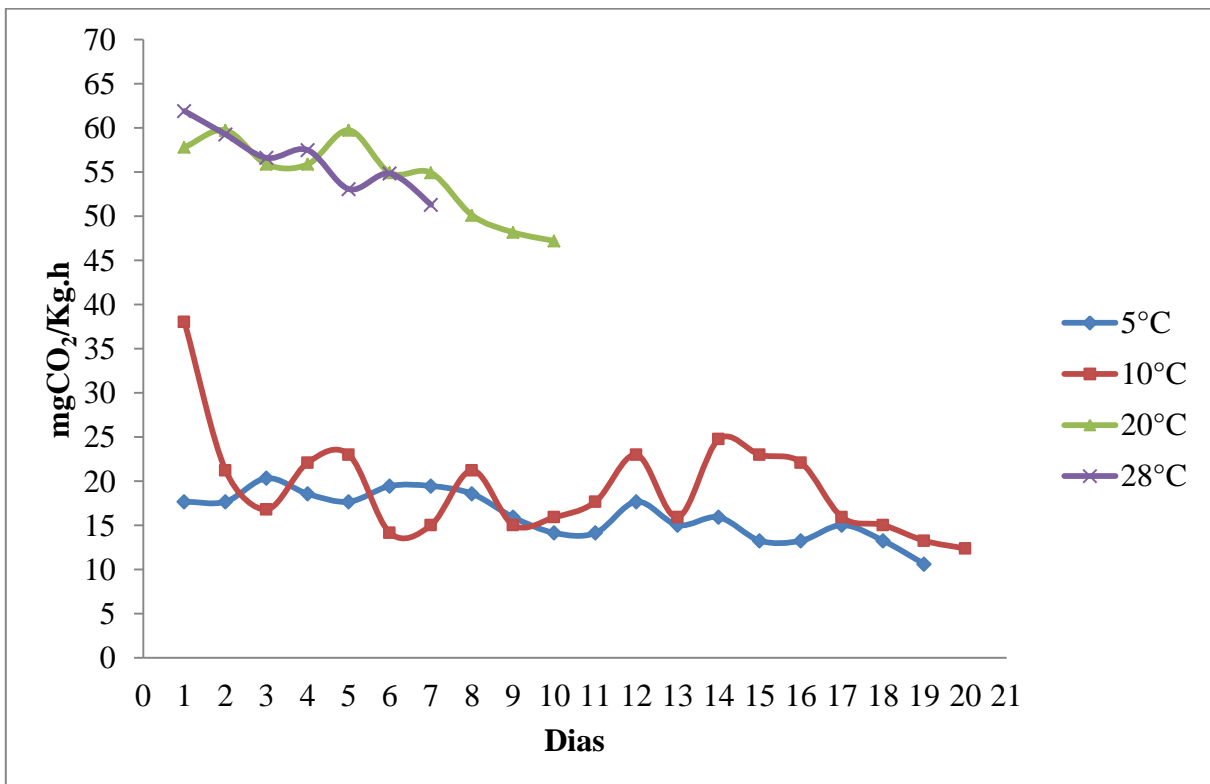


Figura 25. Tasa de respiración del camu camu a temperaturas de 5, 10, 20 y 28°C.

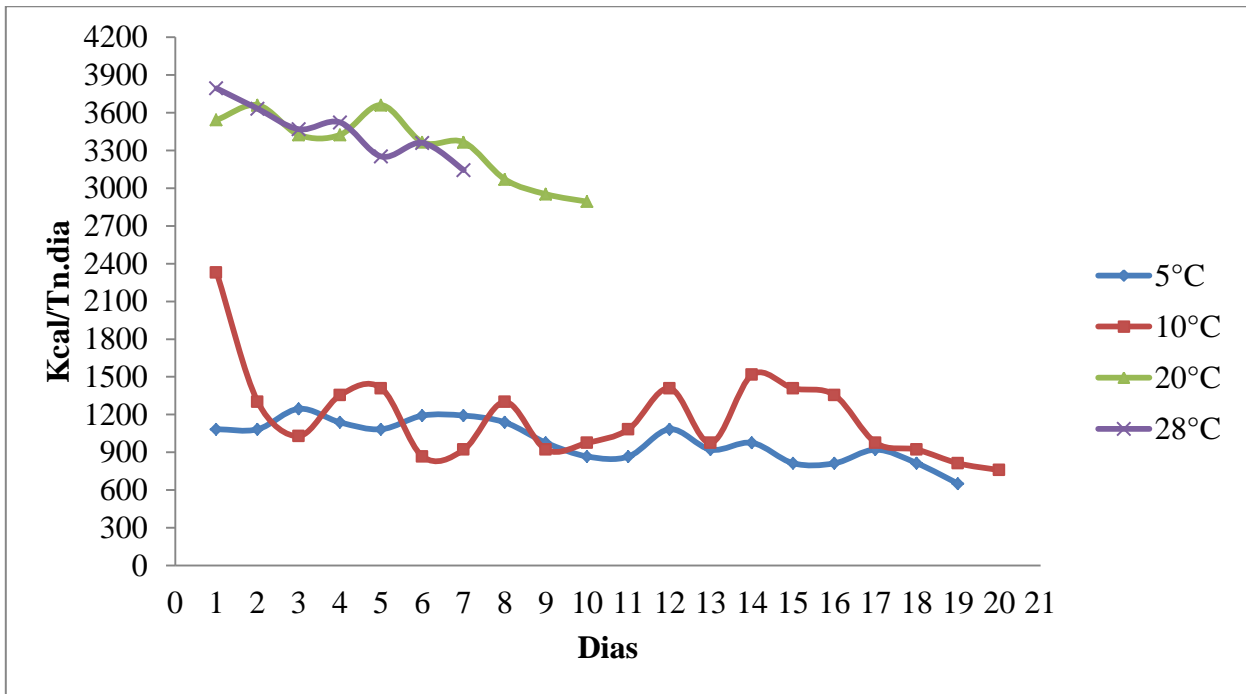


Figura 26. Calor de respiración del camu camu a temperaturas de 5, 10, 20 y 28°C.

En las **figuras 25 y 26** se observa que a menor temperatura menor es la tasa y el calor de respiración y a mayor temperatura mayor es la tasa y el calor de respiración, también se puede apreciar que las tendencias de las curvas son características de los frutos no climatéricos.

Al igual que todas las reacciones químicas, las reacciones bioquímicas de la respiración son sensibles a los cambios de temperatura. Puesto que las reacciones de respiración están reguladas por enzimas, los límites de temperatura dentro los cuales puede tener lugar son muy estrechos. A temperaturas próximas a 0 °C, la intensidad de la respiración se hace muy baja. A medida que aumenta la temperatura, la intensidad de la respiración va aumentando hasta que se alcanza temperaturas destructoras de la actividad de las enzimas, esto se comprobó con el equipo a temperatura ambiente, el calor de respiración del vegetal estaba aumentando a medida que la temperatura ascendía (Montes D.J.E. 1998). Como se aprecia en la tabla 14.

Los frutos de camu camu analizados exhibieron una curva de respiración tipo no climatérico, teniendo semejanza con los resultados obtenidos por Ortiz, O. J. y Suarez, R. A. 2006, quienes almacenaron camu camu a 12 °C, obteniendo tasas de respiración de 36 a 63 mgCO₂/Kg.h y calor de respiración de 2206 Kcal/Tn.día a 3860 Kcal/Tn.día.

Tabla 14. Calor de respiración del camu camu a diferentes temperaturas

Temperatura °C	Tasa de respiración mgCO ₂ /kg.h	Calor de respiración Kcal/Tn.día
5	11 a 20	650 a 1246
10	12 a 38	759 a 2330
20	47 a 60	2893 a 3660
28	51 a 62	3143 a 3794

En general, cuanto más elevada es la temperatura, más corto es el periodo de tiempo necesario para que la intensidad de respiración se anule. Por consiguiente menor tiempo de duración en el almacenaje y conservación del vegetal.

Las recolecciones de muestra, para la determinación del calor de respiración fueron hechas cada 24 h, en donde el sistema estuvo funcionando por días dependiendo de la temperatura

4.6 Calor de respiración en función de las Temperaturas.

Tabla 15. Calor de respiración promedio del camu camu a diferentes temperaturas.

Temperatura °C	Tasa de respiración mgCO ₂ /kg.h	Calor de respiración Kcal/Tn.día
5	16	993
10	22	1360
20	54	3335
28	56	3449

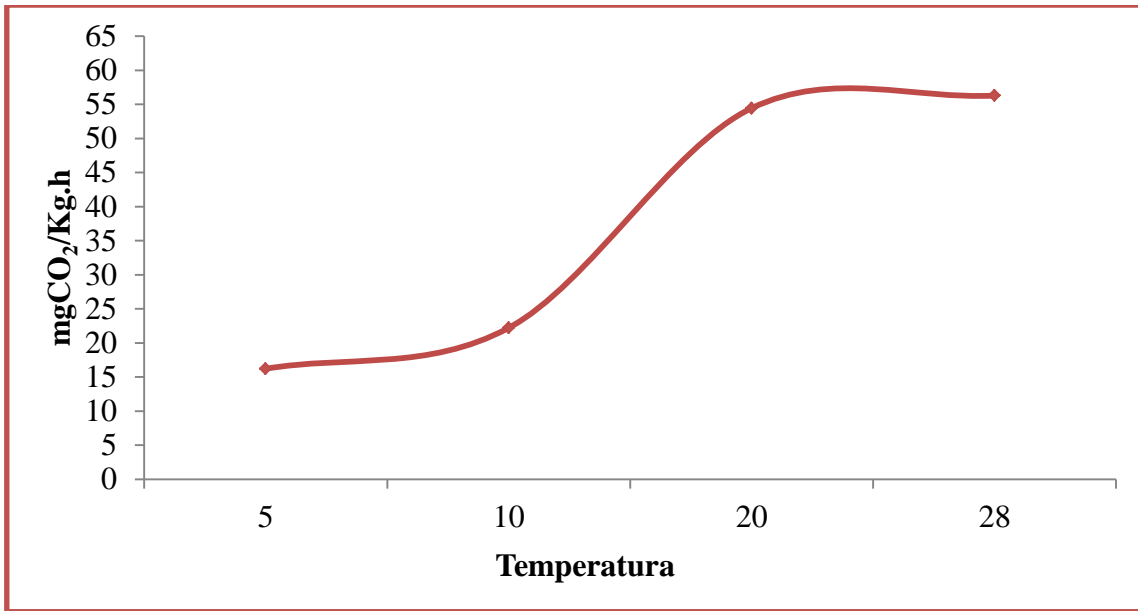


Figura 27. Comportamiento de la tasa de respiración del camu camu en función de la temperatura.

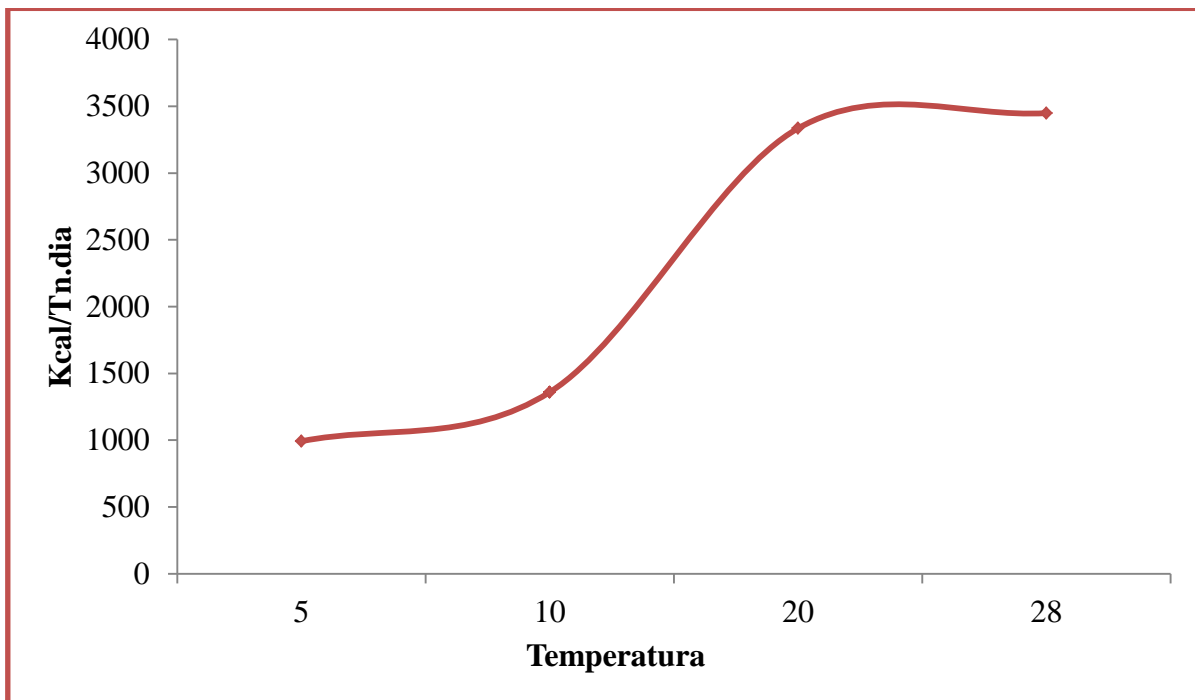


Figura 28. Comportamiento del calor de respiración del camu camu en función de la temperatura.

Al analizar la figura 27 y 28 se nota que al aumentar la temperatura de almacenamiento provoca un aumento en el calor de respiración de la fruta este crecimiento observado es consecuencia del aumento de la actividad metabólica de la fruta y por consiguiente disminución en el periodo de almacenaje y comercialización del producto.

4.7 Tasa de respiración acumulada en función de la Temperatura

Tabla 16. Tasa de respiración acumulada de camu camu en función de la Temperatura

Día	Tasas de respiración acumulada en mgCO ₂ /kg			
	5°C	10°C	20°C	28°C
1	361	913	1387	1486
2	785	1422	2821	2908
3	1274	1826	4162	4267
4	1719	2356	5503	5646
5	2144	2908	6937	6920
6	2611	3248	8255	8236
7	3078	3609	9573	9467
8	3524	4118	10775	
9	3906	4479	11932	
10	4245	4861	13065	
11	4585	5286		
12	5010	5837		
13	5370	6220		
14	5753	6814		
15	6071	7366		
16	6389	7897		
17	6750	8279		
18	7069	8639		
19	7323	8958		
20		9255		

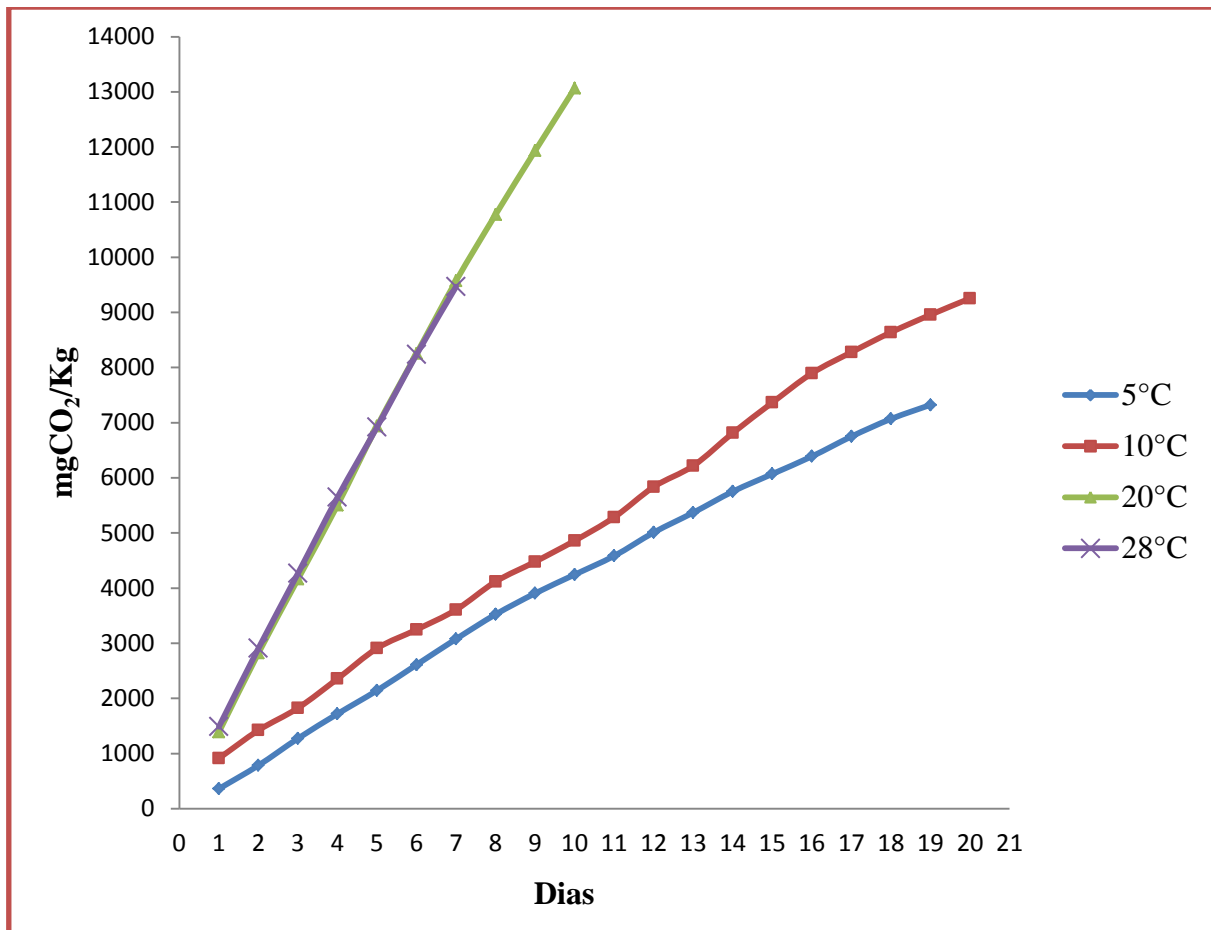


Figura 29. Curva de la tasa de respiración acumulada de camu camu a diferentes temperaturas.

En la tabla 16 y figura 29 se aprecia que aproximadamente a los 7 días de almacenamiento a 20°C, la tasa de respiración acumulada es mayor que a 5,10 y 28°C, para seguir incrementándose así hasta los 10 días de almacenamiento

1. El respirómetro diseñado permitió la evaluación de la actividad respiratoria del camu camu almacenados a temperaturas de 5, 10, 20 y 28°C. Para el almacenaje a 5°C, la tasa respiratoria fue de 11 a 20 mgCO₂/kg.h, con calor de respiración de 650 a 1246 Kcal/Tn.día y calor de respiración promedio de 993 Kcal/Tn.día; Para el almacenaje a 10°C, la tasa respiratoria fue de 12 a 38 mgCO₂/kg.h, con calor de respiración de 759 a 2330 Kcal/Tn.día y calor de respiración promedio de 1181 Kcal/Tn.día; Para el almacenaje a 20°C, la tasa respiratoria fue de 47 a 60 mgCO₂/kg.h, con calor de respiración de 2893 a 3660 Kcal/Tn.día y calor de respiración promedio de 3335 Kcal/Tn.día; Para el almacenaje a 28°C, la tasa respiratoria fue de 51 a 62 mgCO₂/kg.h, con calor de respiración de 3143 a 3794 Kcal/Tn.día y calor de respiración promedio de 3453 Kcal/Tn.día, notándose que al incrementar la temperatura provoca un aumento en la tasa de respiración así como también en el calor de respiración de la fruta, este aumento observado es consecuencia del aumento de la actividad metabólica de la fruta, trayendo como consecuencia su rápida descomposición.
2. El almacenamiento a 5 °C no es una temperatura adecuada, porque la baja temperatura altero rápidamente la superficie de la fruta, perdiendo así su textura, peso y calidad visual, al igual que el almacenamiento a 20 y 28 °C tampoco son temperaturas adecuadas por que a estas temperaturas se incrementa rápidamente la actividad metabólica de la fruta trayendo como consecuencia su rápida descomposición.
3. Un factor importante para que el camu camu se mantenga visualmente atractivo durante más tiempo, con textura firme tanto internamente como externamente es que la atmosfera que rodea a la fruta tenga una alta humedad relativa.
4. El aumento de la pérdida de peso en los frutos, se debe a la evaporación acumulativa de agua del fruto hacia el exterior a través del tiempo, influyendo factores, entre ellos la temperatura y la diferencia de vapor de agua, es decir los frutos conservados a 5 °C con una HR de 91%, perdieron mayor peso que aquellos

conservados a 10°C con una HR de 94 %, 20°C con una HR de 84 % y 28 °C con una HR de 85.5 %.

5. El sistema utilizado para la determinación del calor de respiración del vegetal funciona correctamente, no hubo problemas de fuga de CO₂ liberado por el vegetal dentro del desecador, el CO₂ es totalmente adsorbido por la solución alcalina los resultados obtenidos en el **ítem 4.1 (Prueba de recuperación de CO₂)** permiten esta conclusión, considerando que la cantidad de CaCO₃ colocada dentro del desecador fue de 0.6068 g, rige totalmente; que el porcentaje de recuperación fue de **95.49 %**, asimismo el equipo puede ser considerado adecuado para operaciones que envuelven captura de CO₂ interno en el desecador por la solución básica.
6. La temperatura es un factor que afecta la durabilidad del camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K), presentando una relación directa con la intensidad respiratoria y una relación inversa con la firmeza de la pulpa y la pérdida de peso, donde el almacenamiento a 10 °C y humedad relativa del 93.8 % , es una alternativa para la conservación de este producto, siendo necesario realizar estudios para establecer el tiempo adecuado con el fin de evitar daños por frío, principalmente el oscurecimiento de la pulpa.
7. De acuerdo a los resultados obtenidos los frutos de camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K). pueden ser almacenados a 10°C durante 20 días para mantener la calidad de la pulpa.
8. la vida útil de la fruta a 10 °C fue mayor, debido a la acción del frío sobre los procesos metabólicos del fruto. A pesar de esta ventaja, la temperatura utilizada para refrigeración promovió el daño por frío a los 17 días, lo cual representaría pérdidas a nivel comercial, ya que éste se manifiesta en la superficie de la cascara de la fruta, afectando principalmente su apariencia, mas no la parte de la pulpa.
9. De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos se puede decir que la fruta de camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K), son frutas no climatéricas.

1. Para el funcionamiento de este prototipo se deberá seguir los pasos ya mencionados en el **Capítulo III**, así mismo se debe reconocer los posibles puntos críticos de fuga y trabajar con mucho cuidado tomando en cuenta estos puntos críticos, para que no haya fuga de CO₂ proveniente de la respiración del vegetal.
2. Trabajar con temperaturas que no se han estudiado en este proyecto de tesis, tales como 0, 15, 25, 30 y otros; para así poder tener una temperatura precisa para cada vegetal.
3. Determinar el calor de respiración de los diferentes vegetales que son netamente de la amazonia, para así poder saber a qué temperatura tendrán mayor tiempo de vida útil.
4. Modificar el respirómetro para estudios posteriores de calor de respiración, haciéndolo más eficiente, que el sistema funcione con tres desecadores conectados en serie, para así poder tener datos por triplicado en el mismo tiempo y tener datos precisos.

1. Álvaro R.C.,1986. Almacenamiento de frutas y hortalizas. Programa nacional de capacitación agropecuaria – PNCA.
2. Angueira M, Sandoval A. J. y Barreiro J. A. 2003. Tasas de respiración en cuatro híbridos de pimentón (*Capsicum annum L.*). Asociación Interciencia Caracas Venezuela. VOL. 28 N° 10
3. Alvin. P. T. 1952. Apuntes de fisiología vegetal. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba - Costa Rica.
4. Artés, F. 1987. Refrigeración y comercialización hortofrutícolas en la Región de Murcia. II Edición. Ed. CEBAS-CSIC. 150 p.
5. Artés, F. 1995. Innovaciones de los tratamientos físicos modulados para preservar la calidad hortofrutícolas en la post-recolección. II. Tratamientos térmicos cíclicos. Revista Ciencia Tecnología de Alimentos 35(2) 139-149.
6.
Artés, F. 1999. Avances en los tratamientos post-cosecha para la conservación en fresco de limón y pomelos. Levante Agrícola, Especial post-cosecha. (38), 348:289-294.
7. Artés, F. 2000. Conservación de los productos vegetales en atmósferas modificadas. En: Aplicación del frío en los alimentos. Editor. M. Lamúa. Ed. Mundi Prensa. Cap. 4.105-125.
8. Bower J.H., Biasi W.V., Mitcham E.J. 2003. Effects of ethylene and 1-MCP on the quality and storage life of strawberries. Postharvest Biology and Technology 28:417-423.

9. Brovelli, A.E.; Brecht, K.J. and Sherman, B.W. (1999); Nonmelting flesh trait in peaches is not related to low ethylene production rates. En: Hortscience. Vol. 34, No. 2 ; p. 313–315
10. Calzada, J. 1980: 143 frutales nativos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
11. Capitani, G.; Hohenester, E.; Feng, L.; Storici, P.; Kirsch, J. and Johan, N.J. (1999). Structure of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase, a key enzyme in the biosynthesis of the plant hormone ethylene. En: J. Mol. Biol. Vol. 294, No. 3 ; p. 745-756.
12. Carmona, G. 2001. Rol de la temperatura en el almacenamiento de productos frescos. Guía técnica postcosecha N° 5. Consejo Nacional de Producción, Dirección de Calidad Agrícola, San José de Costa Rica. 17 p.
13. Cisneros L., E. 1988. Susceptibilidad al daño por frío en aguacate durante 3 meses a 4°C, 10°C, 10"- 40°C y 40C- 10°C. Tesis de Maestría área Fruticultura. C P, México
14. Cuquerella, J., Martínez-Jávega, J. M y Jiménez – Cuesta, M. 1983. Frigoconservación de cítricos. Hoja técnica. INIA No 45 20p.
15. Chaves, S.A. y Mello-Farias, C.P. (2006). Ethylene and fruit ripening: From illumination gas to the control of gene expression, more than a century of discoveries. En: Genetics and Molecular Biology. Vol. 29, No. 3 ; p. 508-515
16. Chávez, W. 1993: Camu camu. p. 139-146. En: C.W. Clay y C.R. Clement. Selected species and strategies to enhance income generation from Amazonian forest. FO: Misc. /93/6. Working Paper. FAO. Rome.

17. Davies, S., A. Stewart, 1990. Nutritional Medicine. Avon Books, New York.
18. Del Río, N. A., Martínez-Jávega, J. M, Navaro, P., Navaro, J. y Cuquerella, J. 1999. Aplicaciones del frío en post-cosecha de cítricos: Panorama actual. Levante Agrícola, 348: 253-262.
19. Dossat R. J. 1980. Principios de refrigeración. Primera edición. México. Editorial CECSA.
20. FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1987). Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Parte I. Serie: Tecnología Poscosecha. Oficina general de la FAO para América Latina y el Caribe. Chile. 6: 96
21. Fennema, O. 1993. Química de alimentos. Zaragoza: Acribia. 1095 p.
22. Fisher, J. y Hart, L. 1971. Análisis moderno de los alimentos. Zaragoza : Acribia, 619 p.
23. J. Montes; S. Arévalo 2001. Determinación del calor de Respiración de Frutas por el Método de titulación. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la UNAP, Iquitos, Perú. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, v.2, n° 1, p. 27- 37.
24. Giovannoni J (2001). Molecular biology of fruit maturation and ripening. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 52: 725-749
25. Goldschmidt E.E. 1997. Ripening of citrus and other non-climacteric fruits: a role for ethylene. Acta Hort. 463:335-340.
26. Hardenburg R.E., Watada A.E., Wang C.Y. 1998. Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros. San José, CR: IICA. 150 p.

27. Hall, Carl W., Salas Arango, Freddy. 1968. Equipo para procesamiento de productos agrícolas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Primera edición. Lima-Perú.
28. Insel, P.; Turner, E. and Ross, D. 2004. Nutrition. Massachussets : Jones and Bartlett. Audbury, 740 p.
29. Kader, A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. Agriculture and Natural Resources. Davis, California : University of California, 535 p.
30. Kader, A. A, Lu Arpaia, M. 2000. Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha de aguacate. // index. html/ Posthasverts Technologes Research and Information Center.
31. Kader, A.A. and Mitcham, B.1994. Optimum Procedures for Ripening Mangoes. Perishables Handling Newsletter Issue No. 80. P. 16. Univ. of California.
32. Kader AA, Adaskaveg JE, Arpaia ML, Barret DM, Bruhn CM, Cantwell MI, Cook RL, Crisosto CH, Edwards DC, Forster H, Fortlage RJ, Gorny JR, Harris LJ, kitinoja L, Mitcham EJ, Mitchell FG, Mitchell JP, Reid MS, Sommer NF, Suslow TV, Thompson JF, Zagory D (2002) *Postharvest technology of horticultural crops*, Ed 3ra, University of california. Agriculture and Natural Resources
33. Kidd, F. y West, C.(1923). D.S.I.R. Rep.Ed. Invest. For 1922, p. 30.
34. Lyons J. M. 1972. Phase transitions and control of cellular metabolism at low temperatures. *Cryobiology*. 98: 341-350.
35. Lucangeli, C. y Murray, R. 1998. Tecnología de potscosecha. El etileno, un gas para tener en cuenta. San Pedro-Buenos Aires: Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. p. 4.

36. Martínez- Jávega J.M. 1997. La frigoconservación en naranjas y mandarinas. Rev. Phytoma. 90: 136-140.
37. Medlicott, A. 1996 . Manual de tecnología post-cosecha de mango. Armenia: Quindío. Convenio Sena- Reino Unido, 195 p.
38. Mendoza O., Picon C. & Vásquez C. 1989. Informe de la expedición de recolección de germoplasma de camu camu (*Myrciaria dubia*) en la Amazonía peruana. Informe Técnico N° 11. Programa de Investigación en Cultivos Tropicales. INIA. Lima.
39. Monteiro, Sigrist. J.M. et. al. 1988. “Tecnología de Post - colheita de frutas Tropicais”. Campinas - Brasil. Instituto de Tecnología de alimentos. P. 21-26.
40. Montes D.J.E. 1998. Determinación del calor de respiración de frutas por el método de titulación. Trabajo de Fin de Carrera, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), Iquitos, Perú.
41. Morita, T. y Assumpcao, R.M.V.1972. “Manual de Solucoes Reagentes e Solventes”. Brasil. Edit. Edgar Blucher .Ltda. S.P. p 9-10, 26-27,77-78.
42. Muños Delgado J.A. 1985. Refrigeración y congelación de alimentos vegetales. Profesor de investigación del instituto del frio (C.S.I.C). Madrid-España.
43. Mc Vaugh, R. 1958. Flora of Peru. Myrtaceae I. Field Museum of Natural History. Botanical Series. Vol. 13 (2):569-812.
44. Mc Vaugh, R. 1963. Tropical American Myrtaceae II. Field Museum of Natural History. Botanical Series. Vol. 29 (8):395-532.

45. Neves Filho, L.C. (1983). Armazenamento de géneros e productos alimentícios. Governo do Estado de São Paulo, Coordenadoria de Indústria e Comercio, São Paulo, Brasil.
46. O'HARE T.J. 1997a. Carambola. In Mitra, S. ed. Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits. UK, CAB International. p. 295-307.
47. O'HARE T.J. 1997b. Rambutan. In Mitra, S. ed. Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits. UK, CAB International. p. 309-321.
48. Offers, J. A. 1987. Diseases and defects found in the marketplace. Citrus. 69 p.
49. Ortiz, O. J. y Suarez, R. A. 2006. Determinación de las condiciones óptimas de almacenamiento del fruto camu camu (*myrciria dubia h.b.k.*) en atmósferas Modificadas. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero de Alimentos. Universidad de la salle, Facultad de ingeniería de alimentos. Bogotá - Colombia.
50. Pereira, G., Luiz, F., Dias, V., Brommonschenkel, S. 2008. Influência do tratamento com etileno sobre o teor de sólidos solúveis e a cor de pimentas. Bragantia, Campinas: 67.
51. Peters, C. M. y A. Vásquez. 1986. Estudios ecológicos de camu camu (*Myrciaria dubia*) I. Producción de frutos en poblaciones naturales. Mimeógrafo.
52. Phan, C.T.,Pantastico, Er.B., Ogata, K y Chachin, K. (1975)- En "Postharvest physiologi, handling and utilization of tropical and subtroical fruits and vegetables" (Pantastico, Er.B,ed) 86-102, The Avi Publishing Company, Inc.Westport, Conn.
53. Pinedo, M. y Armas, M. 2007. El camu camu y sus usos populares como planta medicinal. Publicado en LEISA revista de agroecología • 23.3 •

54. Pinedo, P.M.; Inga, S.H.; Pinedo, F.S.; Linares, B.C. 2002. Variación del contenido de vitamina C de camu camu silvestre en Loreto, Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Programa de Ecosistemas Terrestres. Informe de colección de germoplasma. 7 p.
55. Pinedo, P.M.; Riva, R.R.; Rengifo, S.E.; Delgado, V.C.; Villacrés, V.J.; Gonzales, C.A.; Inga, S.H.; López, U.A.; Farronay, P.R.; Vega, V.R.; Linares, B.C. 2001. Sistema de Producción de camu camu en restinga. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú. 141 p.
56. Ponce de León, L. 1997 y M.E, Bózquez. Técnicas de almacenamientos. Manejo post-cosecha del mango. Ed. EMEX. A. C. p. 22 -24.
57. Planella, V.I. 1987. Tecnología del manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Bogotá: IICA, 242 p.
58. Ramírez C, Arquita y Meneses A., Miguel. 1989. Caracterización Física y Estudio de Deterioración Postcosecha de Tomate de Árbol, Uchuva y Mora de Castilla a dos Condiciones Ambientales. Bogotá . p.9. Tesis (Ingeniero Agrícola). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Agrícola.
59. Reid, S.M. and Pratt, H.K. 1970. Ethylene and the respiration climacteric. En: Nature. Vol. 226 ; p. 976-977.
60. Ryall, A. L. Y W. T. Pentzer. 1982. Handling transportation and storage of fruit and vegetables. Vol. 2. Fruit and trees nuts. AVi Pub. Comp. Inc. Westport. Conn 610p
61. Rizzini, F., Bonghia, C., Tonuttib, P. 2009. Postharvest water loss induces marked changes in transcript profiling in skins of wine grape berries. Postharvest Biology and Technology: 52, 247–253.

62. Romojaro A. F., 2006. Mecanismos reguladores de la maduración de los frutos climatéricos. Academia de ciencias de la Región de Murcia. Murcia-España.
63. Rovalo, M. M.; Rojas, G. M. 1993. “Fisiología Vegetal Experimental “Practicas de laboratorio. México. Editorial. Limusa S.A. p. 269.
64. Salisbury, F. y ROSS, C. Fisiología vegetal. México: Iberoamérica, 1992. 759 p.
65. Seymour G.B., Taylor J.E., Tucker G.A. 1993. Biochemistry of fruit ripening. London, Chapman and Hall. 454 p.
66. Serek, M., Woltering, E., Sisler, E., Frello, S., Sriskandarajah, S. 2006. Research review paper Controlling ethylene responses in flowers at the receptor level. Biotechnology Advances 24: 368–381.
67. Snowdon A. L. 1990 Postharvest diseases and disorders of fruits and vegetables. General Introduction and Fruits. Florida, USA. Vol. 1 1:54-87
68. Smith, W.H. 1957. “The Production of carbon dioxide and metabolic. Heat by horticultural produce” Modern Refrigeration. p. 493 - 494.
69. Tlapa Rangel C. C., 1999. Evaluación de daños por frío y producción de etanol en aguacate (*Persea americana Mill*) CV HAS. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de ingeniería agroindustrial. Tesis profesional como requisito parcial para obtener el título de ingeniero agroindustrial. Chapingo Mexico 1999.
70. Vega G. M., L.Carrillo, F. Y K.E. Yahia. 1997. Actividad de ADH, PDC y producción de awtaldehído y etanol (*Persea americana Mill*) cv Hass dañado **por** frío. UAS.

71. Vega, V. R. 2002. Manual de valor agregado de camu camu IIAP Ucayali - Perú. Programa de Ecosistemas Terrestres.
72. Ulloa, J.A. 2007. Frutas auto estabilizadas en el envase por la tecnología de obstáculos. Primera edición. Nayarit- México.
73. Villachica, L.H. 1996. El Cultivo del Camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) en la Amazonía Peruana. TCA - Secretaría Pro Tempore.
74. Villachica, L.H.; Carvalho, J.E.U.; Muller, C.H. 1996. Frutales y Hortalizas Promisorias de la Amazonía. FAO - Tratado de Cooperación Amazónica.
75. Werbach, M. R. 1993. Las influencias nutricionales en la enfermedad: Libro de la investigación clínica, 2^a ed., Tarzana: Prensa tercera línea.
76. Wills, R.; Lee, T.; McGlasson, W.; Hall, E.; Graham, D. (1984). "Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas. Postrecolección". Ed. Acribia.
77. Wills, R.; McGlasson, W.; Graham, D.; Joyce, D. (1998). Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Segunda edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza- España.
78. Zapata, Sergio y Jean-Pierre Dufour. 1992. Ascorbic, dehydroascorbic and isoascorbic acid simultaneous determinations by reverse phase ion interaction HPLC. J. Food Sci. 57: 506-511
79. Zapata, S.; Pierre - Dufour, J. 1993. Camu - camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh): Chemical Composition of fruit. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 61:349-351.

Cálculos de la recuperación del CO₂

Con el CaCO₃ en el interior del desecador (0.6068 g), el sistema es cerrado por un periodo de cuatro horas, para la retirada de todo el CO₂ presente en el desecador.

El ajuste de fuga de aire fue controlado por el tamaño y la cantidad de burbujas que salían de los tubos conteniendo las soluciones.

Después de este periodo el flujo de aire es interrumpido a través de una válvula que regula el paso de aire, seguidamente las soluciones del sistema fueron retiradas. Y por medio de una jeringa fue inyectado 25 ml de HCl 1 N. en el vaso, interno en el desecador, conteniendo CaCO₃.

Seguidamente se cambiaron las soluciones por otras nuevas y se retomó nuevamente el flujo de aire por un tiempo de 24 h.

Para este periodo de tiempo se recolecto 20 ml de muestra para su titulación en las cuales se obtuvieron gastos de 8.3 ml de HCl. al 2.3824 N para la fenolftaleína y 0.6 ml para el anaranjado de metilo.

La muestra fueron recolectados del matraz N° 11, (en la **figura 4**), con una pipeta volumétrica. La titulación tiene la finalidad de cuantificar el CO₂ presente en la solución de forma iónica.

Calculo de la Alcalinidad fenolftaleinica (A_F)

Datos

$$g_{\text{fen}} = V_F = 8.3 \text{ ml}$$

$$N_{\text{HCl}} = 2,3824\text{N}$$

$$V_{\text{aliquota}} = 20 \text{ ml}$$

$$A_F = V_F \times N_{\text{HCl}} \times 98,67 \times 1000 / V_{\text{aliquota}}$$

$$A_F = 8.3 \times 2.3824 \times 98,67 \times 1000 / 20$$

$$A_F = \mathbf{97554.63}$$

Calculo de la Alcalinidad total (A_T)

Datos

$$V_T = g_{\text{fen}} + g_{\text{anar}} = 8.9$$

$$N_{\text{HCl}} = 2,3824\text{N}$$

$$V_{\text{aliquota}} = 20 \text{ ml}$$

$$A_T = V_T \times N_{\text{HCl}} \times 98,67 \times 1000 / V_{\text{aliquota}}$$

$$A_T = 8.9 \times 2.3824 \times 98,67 \times 1000 / 20$$

$$A_T = \mathbf{104606.78}$$

Calculo del BaCO_3 (ppm CO_2)

Datos

$$A_T = 104606.78$$

$$A_F = 97554.63$$

$$\text{ppm CO}_2 = 2 \times (A_T - A_F)$$

$$\text{ppm CO}_2 = 2 \times (104606.78 - 97554.63)$$

$$\text{ppm CO}_2 = \mathbf{14104.28}$$

Calculo del CO₂ (mgCO₂) presentes en la solución

Datos

$$\text{ppm Car} = 14104.28$$

$$V_{\text{muestra}} = 0,081$$

$$\text{mgCO}_2 = \text{ppmCar} \times V_{\text{muestra}} \times (44/197,34)$$

$$\text{mgCO}_2 = 14104.28 \times 0,081 \times (44/197,34)$$

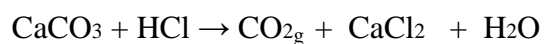
$$\text{mgCO}_2 = 254.73$$

$$\text{gCO}_2 = 0.2547 \text{ (Masa recuperada)}$$

Por lo tanto la masa de CO₂ que rige con la solución del cuarto matraz fue de 0.2547 g.

Calculo de las cantidades de solución a obtener

La reacción que se produce es la siguiente:



Como fue adicionado exceso de HCl es de esperar que la reacción de arriba se desligue totalmente hacia la derecha.



Dónde:

$$\text{molCaCO}_3 = 100.09\text{g}$$

$$\text{molCO}_2 = 44.00\text{g}$$

El segundo calculo cuantifica el CO₂ que se espera recolectar considerando que en el vaso se tiene 0.6068 g de CaCO₃.

100.09 g de CaCO₃ → 44g de CO₂

0.6068 g de CaCO₃ → X

Dónde: X = 0.2668 g (**Masa liberada**)

Con

Con los cálculos de la masa recuperada y la masa liberada procedemos a calcula el porcentaje de recuperación de CO₂ con la ecuación 20

(Masa recuperada)(100) / (Masa liberada) = % de recuperación

(0.2547) (100) / (0.2668) = 95.49 %

Tabla 17. Tasas de respiración del camu camu a 5 °C con una masa de 1 Kg

Día	V _F	V _{anar}	V _T	A _F	A _T	ppmCO ₂	mgCO ₂	mgCO ₂ /Kgh	Cal/Kg.h	Kcal/dia.tn
1	7.25	1	8.3	85213.4	96967.0	23507.1	424.5	18	45	1084
2	6.85	1	7.9	80512.0	92265.5	23507.1	424.5	18	45	1084
3	7.4	1.15	8.6	86976.4	100493.0	27033.2	488.2	20	52	1246
4	6.9	1.05	8	81099.6	93440.9	24682.5	445.8	19	47	1138
5	6.75	1	7.8	79336.6	91090.2	23507.1	424.5	18	45	1084
6	6.35	1.1	7.5	74635.2	87564.1	25857.9	467.0	19	50	1192
7	6.5	1.1	7.6	76398.2	89327.1	25857.9	467.0	19	50	1192
8	7.2	1.05	8.3	84625.7	96967.0	24682.5	445.8	19	47	1138
9	6.9	0.9	7.8	81099.6	91677.8	21156.4	382.1	16	41	975
10	7.5	0.8	8.3	88151.8	97554.6	18805.7	339.6	14	36	867
11	7	0.8	7.8	82275.0	91677.8	18805.7	339.6	14	36	867
12	7.2	1	8.2	84625.7	96379.3	23507.1	424.5	18	45	1084
13	6.9	0.85	7.8	81099.6	91090.2	19981.1	360.9	15	38	921
14	7.05	0.9	8	82862.7	93440.9	21156.4	382.1	16	41	975
15	7	0.75	7.8	82275.0	91090.2	17630.4	318.4	13	34	813
16	7	0.75	7.8	82275.0	91090.2	17630.4	318.4	13	34	813
17	6.9	0.85	7.8	81099.6	91090.2	19981.1	360.9	15	38	921
18	6.6	0.75	7.4	77573.6	86388.7	17630.4	318.4	13	34	813
19	7.1	0.6	7.7	83450.3	90502.5	14104.3	254.7	11	27	650

Tabla 18. Tasas de respiración del camu camu a 10 °C con una masa de 1 Kg

Día	V _F	V _{anar}	V _T	A _F	A _T	ppmCO ₂	mgCO ₂	mgCO ₂ /Kgh	Cal/Kg.h	Kcal/dia.tn
1	5.7	2.15	7.85	66995.4	92265.5	50540.4	912.8	38	97	2330
2	6.75	1.2	7.95	79336.6	93440.9	28208.6	509.5	21	54	1301
3	7.1	0.95	8.05	83450.3	94616.2	22331.8	403.3	17	43	1030
4	6.6	1.25	7.85	77573.6	92265.5	29383.9	530.7	22	56	1355
5	5.75	1.3	7.05	67583.0	82862.7	30559.3	551.9	23	59	1409
6	7.1	0.8	7.9	83450.3	92853.2	18805.7	339.6	14	36	867
7	7.2	0.85	8.05	84625.7	94616.2	19981.1	360.9	15	38	921
8	6.35	1.2	7.55	74635.2	88739.5	28208.6	509.5	21	54	1301
9	7.3	0.85	8.15	85801.1	95791.6	19981.1	360.9	15	38	921
10	7.5	0.9	8.4	88151.8	98730.0	21156.4	382.1	16	41	975
11	7.05	1	8.05	82862.7	94616.2	23507.1	424.5	18	45	1084
12	6.8	1.3	8.1	79924.3	95203.9	30559.3	551.9	23	59	1409
13	6.1	0.9	7	71696.8	82275.0	21156.4	382.1	16	41	975
14	6.2	1.4	7.6	72872.1	89327.1	32910.0	594.4	25	63	1517
15	6.3	1.3	7.6	74047.5	89327.1	30559.3	551.9	23	59	1409
16	6.4	1.25	7.65	75222.9	89914.8	29383.9	530.7	22	56	1355
17	7.2	0.9	8.1	84625.7	95203.9	21156.4	382.1	16	41	975
18	7.4	0.85	8.25	86976.4	96967.0	19981.1	360.9	15	38	921
19	7.25	0.75	8	85213.4	94028.6	17630.4	318.4	13	34	813
20	7.4	0.7	8.1	86976.4	95203.9	16455.0	297.2	12	32	759

Tabla 19. Tasas de respiración del camu camu a 20 °C con una masa de 1Kg

Día	V _F	V _{anar}	V _T	A _F	A _T	ppmCO ₂	mgCO ₂	mgCO ₂ /Kgh	Cal/Kg.h	Kcal/dia.tn
1	5	3	8	58767.852	94028.56	70521.42	1273.63	58	147.58	3542
2	4.9	3.1	8	57592.495	94028.56	72872.14	1316.09	60	152.50	3660
3	5	2.9	7.9	58767.852	92853.21	68170.71	1231.18	56	142.66	3424
4	5	2.9	7.9	58767.852	92853.21	68170.71	1231.18	56	142.66	3424
5	4.9	3.1	8	57592.495	94028.56	72872.14	1316.09	60	152.50	3660
6	5.1	2.85	7.95	59943.209	93440.88	66995.35	1209.95	55	140.21	3365
7	4.9	2.85	7.75	57592.495	91090.17	66995.35	1209.95	55	140.21	3365
8	4.9	2.6	7.5	57592.495	88151.78	61118.57	1103.81	50	127.91	3070
9	4.8	2.5	7.3	56417.1	85801.06	58767.85	1061.36	48	122.99	2952
10	4.7	2.45	7.15	55241.8	84038.03	57592.49	1040.13	47	120.53	2893

Tabla 20. Tasas de respiración del camu camu a 28 °C con una masa de 1 Kg

Día	V _F	V _{anar}	V _T	A _F	A _T	ppmCO ₂	mgCO ₂	mgCO ₂ /Kgh	Cal/Kgh	Kcal/dia.tn
1	5.1	3.5	8.6	59943.21	101080.71	82274.99	1485.90	62	158.06	3794
2	5.2	3.35	8.55	61118.57	100493.03	78748.92	1422.22	59	151.29	3631
3	4.9	3.2	8.1	57592.49	95203.92	75222.85	1358.54	57	144.51	3468
4	4.7	3.25	7.95	55241.78	93440.88	76398.21	1379.77	57	146.77	3523
5	4.85	3	7.85	57004.82	92265.53	70521.42	1273.63	53	135.48	3252
6	5.2	3.1	8.3	61118.57	97554.63	72872.14	1316.09	55	140.00	3360
7	5.2	2.9	8.1	61118.57	95203.92	68170.71	1231.18	51	130.97	3143

Balance de energía

Calculo del calor de reacción

$\Delta H^{\circ}_R = 675675 \text{Kcal/g.mol}$ (calor de combustión)

Calor de Reacción Total

$$\Delta H_R = \Delta H^{\circ}_R - \Delta H_1 - \Delta H_2$$

$$\text{Donde : } \Delta H_1 = \int_{298}^T C_p dT \text{ (Reactivos)}$$

$$\text{Donde : } \Delta H_2 = \int_{298}^T T C_p dT \text{ (Producto)}$$

$$\Delta H_R = \Delta H^{\circ}_R + \int_{298}^T \Delta C_p dT$$

$$\text{Donde : } \Delta C_p = C_p (C_{p_{\text{producto}}} - C_{p_{\text{reactivo}}})$$

Calculo de la capacidad calorífica (cal/g.mol°C)

$$C_p O_2 = 6.117 + 3.167 \times 10^{-3} T - 1.005 \times 10^{-6} T^2$$

$$C_p CO_2 = 6.339 + 10.14 \times 10^{-3} T - 3.415 \times 10^{-6} T^2$$

$$C_p H_2O = 7.256 + 2.298 \times 10^{-3} T - 0.283 \times 10^{-6} T^2$$

$$C_p = ((7.256 + 6.339 - 6.117) + (2.298 \times 10^{-3} + 10.14 \times 10^{-3} - 3.167 \times 10^{-3})T$$

$$+ (-0.283 \times 10^{-6} - 3.415 \times 10^{-6} + 1.005 \times 10^{-6})T^2)$$

$$C_p = (7.478 + 9.271 \times 10^{-3} T - 2.693 \times 10^{-6} T^2)$$

Calculo de las Entalpias

A temperatura de 5 °C = 278.15 °F

$$\int_{298}^T (7.478 + 9.271 \times 10^{-3} T - 2.693 \times 10^{-6} T^2) dT$$

$$\int_{298}^{278.15} (7.478 + 9.271 \times 10^{-3} T - 2.693 \times 10^{-6} T^2) dT$$

$$7.478 \int_{298}^{278.15} dt + 9.271 \times 10^{-3} \int_{298}^{278.15} T dT - 2.693 \times 10^{-6} \int_{298}^{278.15} T^2 dT$$

$$7.478 T (278.15 - 298) + \frac{9.271 \times 10^{-3}}{2} T^2 (278.15 - 298) - \frac{2.693 \times 10^{-6}}{3} T^3 (278.15 - 298)$$

$$7.478 (278.15 - 298) + \frac{9.271 \times 10^{-3}}{2} (278.15^2 - 298^2) - \frac{2.693 \times 10^{-6}}{3} (278.15^3 - 298^3)$$

$$-148.4383 - 53.014255 + 4.437923$$

$$- 197.014632 \text{ Cal/g.mol}^\circ\text{K}$$

$$- 0.1970146 \text{ KCal/g.mol}^\circ\text{K}$$

Entonces, el calor de reacción total a 278.15 °F es:

$$\Delta H_R = 675 \text{ KCal/g.mol}^\circ\text{K} - (-0.1970146 \text{ KCal/g.mol}^\circ\text{K}) = \mathbf{675.19 \text{ KCal/g.mol}^\circ\text{K}}$$

A temperatura de 10 °C = 283.15 °F

$$\int_{298}^T (7.478 + 9.271 \times 10^{-3} T - 2.693 \times 10^{-6} T^2) dT$$

$$\int_{298}^{283.15} (7.478 + 9.271 \times 10^{-3} T - 2.693 \times 10^{-6} T^2) dT$$

$$7.478 \int_{298}^{283.15} dt + 9.271 \times 10^{-3} \int_{298}^{283.15} T dT - 2.693 \times 10^{-6} \int_{298}^{283.15} T^2 dT$$

$$7.478 T (283.15 - 298) + \frac{9.271 \times 10^{-3}}{2} T^2 (283.15 - 298) - \frac{2.693 \times 10^{-6}}{3} T^3 (283.15 - 298)$$

$$7.478 (283.15 - 298) + \frac{9.271 \times 10^{-3}}{2} (283.15^2 - 298^2) - \frac{2.693 \times 10^{-6}}{3} (283.15^3 - 298^3)$$

$$-111.0483 - 40.004724 + 3.3773$$

$$- 147.675724 \text{ Cal/g.mol}^\circ\text{K}$$

$$- 0.1476757 \text{ KCal/g. mol}^\circ\text{K}$$

Entonces, el calor de reacción total a 283.15 °F es:

$$\Delta H_R = 675 \text{ KCal/g. mol}^\circ\text{K} - (-0.147675 \text{ KCal/g. mol}^\circ\text{K}) = \mathbf{675.15 \text{ KCal/g. mol}^\circ\text{K}}$$

A temperatura de 20 °C = 293.15 °F

$$\int_{298}^T (7.478 + 9.271 \times 10^{-3} T - 2.693 \times 10^{-6} T^2) dT$$

$$\int_{298}^{293.15} (7.478 + 9.271 \times 10^{-3} T - 2.693 \times 10^{-6} T^2) dT$$

$$7.478 \int_{298}^{293.15} dt + 9.271 \times 10^{-3} \int_{298}^{293.15} T dT - 2.693 \times 10^{-6} \int_{298}^{293.15} T^2 dT$$

$$7.478 T (293.15 - 298) + \frac{9.271 \times 10^{-3}}{2} T^2 (293.15 - 298) - \frac{2.693 \times 10^{-6}}{3} T^3 (293.15 - 298)$$

$$7.478 (293.15 - 298) + \frac{9.271 \times 10^{-3}}{2} (293.15^2 - 298^2) - \frac{2.693 \times 10^{-6}}{3} (293.15^3 - 298^3)$$

$$-36.2683 - 13.290337 + 1.141098$$

$$- 48.417539 \text{ Cal/g. mol}^\circ\text{K}$$

$$- 0.0484175 \text{ KCal/g. mol}^\circ\text{K}$$

Entonces, el calor de reacción total a 293.15 °F es:

$$\Delta H_R = 675 \text{ KCal/g. mol}^\circ\text{K} - (-0.0484175 \text{ KCal/g. mol}^\circ\text{K}) = \mathbf{675.05 \text{ KCal/g. mol}^\circ\text{K}}$$

A temperatura de 28 °C = 301.15 °F

$$\int_{298}^T (7.478 + 9.271 \times 10^{-3} T - 2.693 \times 10^{-6} T^2) dT$$

$$\int_{298}^{301.15} (7.478 + 9.271 \times 10^{-3} T - 2.693 \times 10^{-6} T^2) dT$$

$$7.478 \int_{298}^{301.15} dt + 9.271 \times 10^{-3} \int_{298}^{301.15} T dT - 2.693 \times 10^{-6} \int_{298}^{301.15} T^2 dT$$

$$7.478 T (301.15 - 298) + \frac{9.271 \times 10^{-3}}{2} T^2 (301.15 - 298) - \frac{2.693 \times 10^{-6}}{3} T^3 (301.15 - 298)$$

$$7.478 (301.15 - 298) + \frac{9.271 \times 10^{-3}}{2} (301.15^2 - 298^2) - \frac{2.693 \times 10^{-6}}{3} (301.15^3 - 298^3)$$

$$23.5557 + 8.748683 - 0.761310$$

$$31.543073 \text{ Cal/g.mol}^\circ\text{K}$$

$$0.0315430 \text{ KCal/g.mol}^\circ\text{K}$$

Entonces, el calor de reacción total a 301.15 °F es:

$$\Delta H_R = 675 \text{ KCal/g.mol}^\circ\text{K} - 0.0315430 \text{ KCal/g.mol}^\circ\text{K} = \mathbf{674.97 \text{ KCal/g.mol}^\circ\text{K}}$$