

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA QUÍMICA**



FEB 2018

**INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
**“CARACTERIZACIÓN FÍSICO- QUÍMICA Y**  
**COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DEL ZUMO**  
**DE NARANJITA DE QUITO (*Solanum***  
***quitoense*)”**

**AUTOR: ING. ZOILA MARGARITA DÍAZ CÓRDOVA**

**PERÍODO DE EJECUCIÓN: Del 1 de Febrero de 2016 al**  
**28 de Febrero de 2018**

**Resolución de Aprobación N° 218-2016-R**

**Callao, 2018**

TABLA N° 6.15: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO DE LA NARANJITA DE QUITO.....	65
TABLA N° 6.16: PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DEL ZUMO...	66
TABLA N° 6.17: DILUSIONES DE LA CONCENTRACIÓN DEL ZUMO	66
TABLA N° 6.18 PROGRAMACIÓN DE RHEOLAB QC PARA LA MUESTRA PATRÓN.....	67
TABLA N° 6.19: VALORES PARA DETERMINAR LA VISCOSIDAD PARA LA MUESTRA PATRÓN.....	68
TABLA N° 6.20: PROGRAMACIÓN DE RHEOLAB QC PARA LA MUESTRA 1.....	70
TABLA N° 6.21: VALORES PARA DETERMINAR LA VISCOSIDAD MUESTRA 1.....	71
TABLA N° 6.22: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 2.....	72
TABLA N° 6.23: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 3.....	76
TABLA N° 6.24: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 4.....	80
TABLA N° 6.25: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 5.....	85
TABLA N° 6.26: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 6.....	88

TABLA N° 6.27: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 7.....	92
TABLA N° 6.28 COMPARACIÓN DE VALORES OBTENIDOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUIMICAS, CON LOS VALORES DE DIFERENTES FUENTES...	96
TABLA N° 6.29 CARACTERIZACION REOLÓGICA DEL ZUMO DE NARANJITO DE QUITO A DIFERENTES CONCENTRACIONES.....	97
TABLA N° 6.30 VALORES DE LOS PARÁMETROS QUE DEFINEN EL COMPORTAMIENTO DEL ZUMO DE NARANJITO.	97

## LISTADO DE FOTOS

	Pág.
FOTO N° 5.1	
BALANZA PARA DETERMINAR HUMEDAD	
MODELO: GR-200 .....	48
FOTO N° 5.2	
pH METER ETI 8100 PLUS .....	48
FOTO N° 5.3	
EQUIPO CALIBRADO CON AGUA DESTILADA. ...	49
FOTO N° 5.4	
MUFLA ESZTERGOM. ....	49
FOTO N° 5.5	
EXTRACTOR VELT SOXHLET. ....	49
FOTO N° 5.6	
DIGESTOR VELD SCIENTIFICA. ....	50
FOTO N° 5.7	
DESTILADOR VELD SCIENTIFICA. ....	51
FOTO N° 5.8	
RECEPCIÓN DE LA NARANJITA DE QUITO PARA	
LA CARACTERIZACIÓN. ....	52
FOTO N° 5.9	
EXTRACCIÓN DEL ZUMO DE LA NARANJITA. ...	54
FOTO N° 5.10	
RECEPCIÓN Y CLASIFICACIÓN .....	55
FOTO N° 5.11	
LAVADO. ....	55
FOTO N° 5.12	
PELADO .....	55
FOTO N° 5.13	
CORTE .....	55
FOTO N° 5.14	
MOLIENDA. ....	56
FOTO N° 5.15: TAMIZADO .....	56
FOTO N° 5.16: OBTENCIÓN DEL ZUMO .....	56

## LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA N° 4.1: CURVA DE FLUJO OBTENIDA BAJO COMPRESIÓN UNIDIRECCIONAL PARA LA FUERZA DE FRACTURA.....	17
FIGURA N° 4.2: CURVA DE FLUJO OBTENIDA BAJO COMPRESIÓN UNIDIRECCIONAL PARA LA FUERZA DE FIRMEZA.....	18
FIGURA N° 4.3: ÁRBOL DE NARANJILLA DE QUITO.....	26
FIGURA N° 4.4: PLANTUELAS DE QUITO QUITO.....	27
FIGURA N° 4.5: SISTEMA RADICULAR DEL QUITO QUITO.....	27
FIGURA N° 4.6: TALLO DE NARANJILLA.....	28
FIGURA N° 4.7: HOJAS DE QUITO QUITO.....	28
FIGURA N° 4.8: FLOR DE NARANJILLA.....	29
FIGURA N° 4.9: FLOR DEL NARANJITA DE QUITO O LULO.....	29
FIGURA N°4.10: FRUTO DE NARANJILLA.....	30
FIGURA N° 4.11: FRUTO VERDE DE QUITO QUITO.....	31
FIGURA N° 4.12: FRUTO DE QUITO QUITO SIN PELOS.....	31
FIGURA N° 4.13: FRUTO CORTADOS DE QUITO QUITO.....	32
FIGURA N° 4.14: SEMILLAS DE NARANJILLA.....	33
FIGURA N° 4.15: NARANJILLA ( <i>SOLANUM QUITOENSE</i> LAM) VARIEDAD INIAP QUITOENSE 2009.....	36

## LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
GRÁFICO N° 6.1: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA PATRÓN.....	68
GRAFICO N° 6.2: VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN	69
GRÁFICO N° 6.3: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 1.....	70
GRAFICO N° 6.4: VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA 1.....	71
GRÁFICO N° 6.5: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 2.....	75
GRÁFICO N° 6.6: VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 2.....	75
GRÁFICO N° 6.7: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 3.....	79
GRÁFICO N° 6.8: VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 3.....	79
GRÁFICO N° 6.9: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 4.....	83
GRÁFICO N°6.10: VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 4.....	83
GRÁFICO N°6.11: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 5.....	87
GRÁFICO N°6.12: VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 5.....	87
GRÁFICO N°6.13: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 6 .....	91
GRÁFICO N°6.14: VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 6.....	91
GRÁFICO N°6.15: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 7.....	95
GRÁFICO N°6.16: VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 7.....	95

## II. RESUMEN Y ABSTRACT

### 2.1 Resumen

La naranjita de quito (*Solanum quitoense*) posee grandes potenciales agroindustriales por lo que se torna interesante su producción y procesamiento en nuestro país, para ello es necesario conocer las características físico químicas y reológicas de este fruto.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la caracterización físico química y el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita de quito a diferentes concentraciones ya que la influencia de la temperatura no tuvo mayor relevancia.

La investigación se realizó en dos partes: la primera para la caracterización físico química que se realizó en el Laboratorio del Instituto de Investigación Especialización en Agroindustria y la segunda para la caracterización reológica que se realizó en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ingeniería Química.

Las metodologías aplicadas para la caracterización físico químicas se encuentra descritas para cada una de las pruebas en el capítulo V, página 57, ítem 5.3.5. Los resultados obtenidos son: humedad 85,33; pH 3,18, sólidos solubles 8,88; acidez titulable 2,72; % ceniza 0,6013; % grasas 0,3078; % proteínas 0,162; vitamina C, 62,30mg; carbohidratos totales, 13,758%; índice de madurez, 3,2647.

La metodología aplicada para las pruebas reológicas se indican en el capítulo V, página 60, ítem 5.3.6 y los datos obtenidos para la presentación de los resultados para el zumo patrón y siete muestras desarrolladas a diferente concentración determinadas por el reómetro RheoLabQC se encuentran en el capítulo VI, página 97, Tabla 6.29, se obtuvo los modelos plásticos de Bingham, Ostwald y Herschel-Bulkey que obedecen al comportamiento plástico y pseudoplásticos, concluyendo de esta manera que la concentración del zumo es un factor que influye en su comportamiento reológico, esto debido a que al variar su concentración disminuye la cantidad de sólidos, cambiando la estructura del zumo del naranjito de quito.

Palabras clave: Naranjita de quito; características físico químicas; reología, modelos reológicos.

## 2.2 Abstract

The objective of this research work is to determine the physical and chemical characterization and the rheological behavior of the juice (juice) of the quito oranges at different concentrations, since the influence of temperature was not significant.

The research was carried out in two parts: the first for the physical chemical characterization carried out in the Laboratory of the Research Institute Specialization in Agroindustry and the second for the rheological characterization that was carried out in the Research Laboratory of the Chemical Engineering Faculty.

The research was carried out in two parts: the first for the physical chemical characterization carried out in the Laboratory of the Research Institute Specialization in Agroindustry and the second for the rheological characterization that was carried out in the Research Laboratory of the Chemical Engineering Faculty.

The methodologies applied to the physical chemical characterization are described for each one of the tests in chapter V, page 47, item 5.3.5. The results obtained are: humidity 85,33; pH 3,18, soluble solids 8.88; titrable acidity 2.72; % ash 0.6013; % fats 0,3078; % protein 0.162; vitamin C, 62.30mg; total carbohydrates, 13.758%; Maturity index, 3,2647.

The methodology applied for the rheological tests are indicated in chapter V, page 60, item 5.3.6 and the data obtained for the presentation of the results for the standard juice and seven samples developed at different concentrations determined by the RheoLabQC rheometer are found in Chapter VII, page 97, Table 6.29, we obtained the plastic models of Bingham, Ostwald and Herschel-Bulkey that obey the plastic behavior and pseudoplastics, concluding in this way that the concentration of the juice is a factor that influences its rheological behavior, This is due to the fact that, by varying its concentration, the quantity of solids decreases, changing the structure of the orange juice from quito.

Keywords: Orange from Quito; physicochemical characteristics; rheology, rheological models.

### III. INTRODUCCIÓN

En el Perú existe un fruto de grandes potenciales llamado naranjita de quito cuyo nombre científico es (*Solanum quitoense*) y que pertenece a la familia de solanáceas, fruto conocido como lulo o frutas dorada de los incas. Es poco consumida de manera fresca, pero que preparada como bebidas refrescantes posee grandes propiedades antioxidantes, además puede utilizarse para elaboración de yogurt, helados, jaleas y mermeladas por lo que se torna interesante su producción y procesamiento. Para su procesamiento es necesario conocer, las características físicas y químicas del zumo (jugo) de la naranjita de quito, así también, conocer el comportamiento reológico del fruto, para evitar posibles sobredimensionamientos de bombas, marmitas, conducciones, evaporadores, que podrán repercutir negativamente en la economía del proceso.

La reología es la ciencia que estudia el flujo y deformaciones de sólidos y fluidos; bajo la influencia de fuerzas mecánicas Bird: 2007. El estudio del comportamiento reológico es utilizado en distintos campos de la industria, sobre todo en la industria de los alimentos donde la mayoría de sustancias tienen comportamientos complejos, para determinar las condiciones de proceso de elaboración así como el control de calidad de dicho producto y el desarrollo de nuevos productos.

El objetivo de la investigación es determinar la caracterización físico química y el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita de quito a diferentes temperaturas y concentraciones.

El estudio reológico será desarrollado con el reómetro rotacional RheolabQC de Anton Paar, contribuyendo al desarrollo de nuevas tecnologías, que pueden ser aplicadas al sector industrial como en el desarrollo de nuevos productos y en este caso indirectamente se beneficia al sector agrario por que se incentivaría el cultivo de este recurso natural.

### **3.1 Exposición del Problema de investigación**

#### **3.1.1 Planteamiento del problema de investigación**

¿Cómo será la caracterización físico química y el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjilla del quito a diferentes temperaturas y concentraciones?

#### **Problemas Específicos**

- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del zumo (jugo) de la naranjita de quito?
- ¿Cuál es el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita del quito a diferentes temperaturas?
- ¿Cuál es el comportamiento reológico de del zumo (jugo) de la naranjita del quito a diferentes concentraciones?

#### **3.1.2 Objetivos**

##### **a. Objetivo General**

Determinar la caracterización físico química y el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita de quito a diferentes temperaturas y concentraciones.

##### **b. Objetivo Específico**

- Determinar las características fisicoquímicas del zumo (jugo) de la naranjita de quito
- Definir el comportamiento reológico de del zumo (jugo) de la naranjilla de quito a diferentes temperaturas.
- Definir el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita de quito a diferentes concentraciones.

### **3.2 Importancia y justificación de la investigación**

El país requiere de este tipo de investigaciones, por que contribuyen a la ampliación y desarrollo de nuevas tecnologías, que pueden ser aplicadas al sector industrial, porque permite abrir una puerta al desarrollo de nuevos productos y en este caso al sector agrario por que se incentivaría el cultivo de este recurso. El aporte sería tecnológico y económico e indirectamente social

Los hechos que motivaron la realización de la investigación fueron: la gran potencialidad que representa este fruto para su industrialización, en sus diferentes presentaciones como jaleas, mermeladas, helado y demás. Representando una oportunidad de negocio con los beneficios económicos y sociales que se desprenden de esta actividad y porque este estudio permitirá el mejor manejo durante su procesamiento lo que constituirá un gran aporte tecnológico y económico, por lo tanto podemos concluir que el estudio de la caracterización y comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjilla del quito se justifica

#### **3.2.1 Formulación de la Hipótesis**

Si determinamos las características físico químicas y realizamos sus medidas reológicas a diferentes temperaturas y concentraciones podremos caracterizar y determinar el comportamiento reológico del zumo de naranjita de quito.

#### **3.2.2 Hipótesis Específicas**

- El zumo de la naranjita de quito será de color amarillo anaranjado de sabor agridulce de rico aroma pH °brix y densidad.
- El comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita del quito a diferentes temperaturas será de un fluido no newtoniano independiente del tiempo comportándose como un fluido pseudoplástico.
- El comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita de quito a diferentes concentraciones será de un fluido no newtoniano independiente del tiempo comportándose como un fluido pseudoplástico.

## IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Antecedentes del Estudio

Se ha encontrados algunos estudios principalmente en Colombia y Ecuador que nos permiten tener conocimiento sobre el fruto naranjita de quito en cuyos países se conoce como lulo.

Según Morton (1987), clasifica que las dos variedades botánicas de lulo (*Solanum quitoense*) más importantes en Colombia son la septentrional y la quitoense. La primera se caracteriza por la presencia de espinas en el tallo y hojas y por una mayor acidez en sus frutos, mientras que la segunda variedad no presenta espinas y sus frutos más dulces. Sin embargo en nuestro medio en la zona de Oxapampa se tiene la variedad quitoense.

Tamayo (2001), en su cartilla divulgativa dice que debido al alto valor nutricional que esta posee el lulo (*Solanum quitoense*) es considerado un frutal importante en Colombia y óptimo para la exportación hacia Europa, Asia y Norteamérica. Mercado que pueden aprovechar nuestros agricultores si se incentiva la producción masiva de este fruto para la exportación.

Ríos (2004), se refiere a la tipificación de los sistemas de producción y comenta que alrededor del 74% de la producción del cultivo (*Solanum quitoense*) en Colombia se realiza en un esquema de economía campesina, donde se desconoce la variedad de usos que se pueden aprovechar a partir de este cultivo, el problema se presenta también en la zonas de producción de este fruto en la selva central del Perú, carecen de una planificación de grandes cultivos y por desconocimiento no se aprovecha el enorme potencial.

De los estudios de Mejía (2012), se determina que el municipio de Cundinamarca (Colombia) posee las mejores condiciones agroecológicas favorables para la producción de lulo (*Solanum*

*quitoense*). Sin embargo hace mención que la producción y calidad en el cultivo de lulo (*Solanum quitoense*) depende de la selección de la semilla, así como del sitio donde yace el cultivo. En el Perú las mejores condiciones se encuentran en Oxapampa y Pozuzo pero la siembra es insipiente y no se selecciona las semillas.

Arias y Rendón (2014), indican que la producción de lulo (*Solanum quitoense*) en Colombia se está incrementando de manera gradual debido a la mejora de precios impulsada por el incremento de la demanda interna y que el problema principal es la corta vida del fruto (*Solanum quitoense*) en postcosecha, es decir, su rápido deterioro afectan la calidad del fruto (*Solanum quitoense*), esto hace suponer que el procesamiento debe hacerse en la zona, esto daría trabajo a los pobladores del sector y los frutos se podrían exportar procesados.

En el Perú se ha determinado un estudio sobre la naranjita de quito en el 2017, el estudiante de la universidad Daniel Alcides Carrión, Pedro Yupanqui ha elaborado un proyecto "Estudio de Factibilidad para la Instalación de una Planta Procesadora de Quito Quito (*Solanum quitoense*) en el sector Acuzazú del distrito de Oxapampa, donde especifica que se encuentra laborando con 40 productores, levantando información, elaborando encuestas. Actualmente la demanda del quito quito en Oxapamapa es como sigue: en las fruterías con 50,83kg, seguido de las tiendas mayoristas con 20kg, restaurantes con 17,59 Kg y cafeterías con 4,50 Kg, con un precio promedio de S/.1.80 en el mercado local.

Revisando a Pelegrine y Araujo (2014), entendemos la importancia de conocer las propiedades físicas y químicas de la pulpa de frutas que se someterá a todos los procesos de manufactura.

**"Entre estas propiedades, el comportamiento reológico ocupa una posición prominente, y es útil no sólo como una medida de calidad, sino también en proyectos, evaluación y operación de equipos de procesamiento de alimentos, tales como bombas, tubos, etc."**

Manifiesta también que en Brasil, debido a la escasez de datos sobre las propiedades reológicas de jugos, pulpas y otras frutas de concentrado nacional, la mayoría de equipos procesadores de estas frutas están diseñados de acuerdo a los datos reológicos de las frutas producidas en el exterior.

Hace mención que las frutas del Brasil tiene características diferentes a las producidas en otras partes del mundo como sólidos (soluble e insoluble) que pueden afectar a la reología del fluido. Esto hace pensar que estas propiedades tenemos que determinarlas para las frutas de nuestra región y a las condiciones requeridas, los frutos en el Perú tiene otras características.

Caicedo (1999), en su trabajo manejo integrado de cultivo afirma que **“durante el proceso de maduración la epidermis del fruto cambia de verde oscuro a verde claro, posteriormente adquiere tonalidades amarillas en los costados hasta llegar al color amarillo característico de los frutos maduros de la variedad.”**

Ciro y Osorio (2007), en su informe “Avance experimental de la ingeniería de postcosecha de frutas colombianas: resistencia mecánica para frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L)”

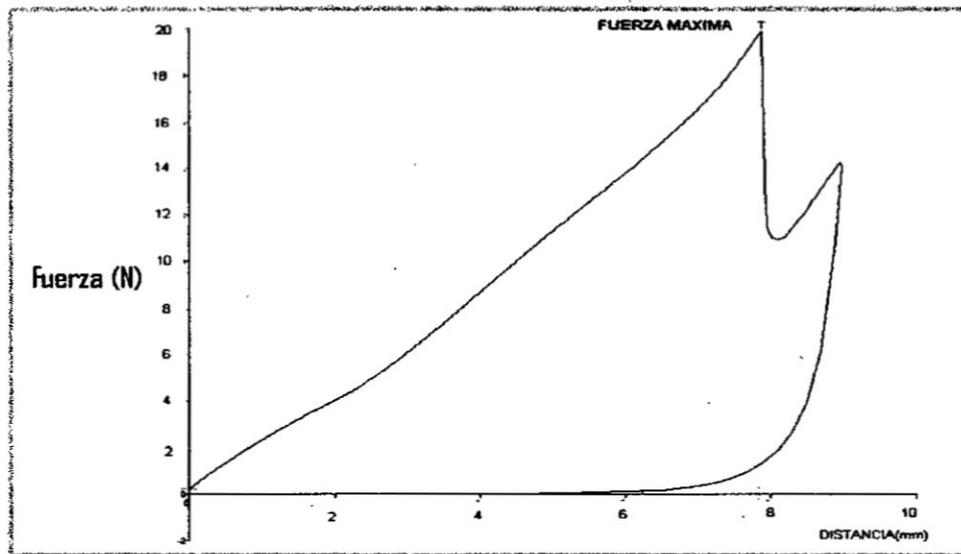
Realizó la caracterización reológica, para una misma producción, seleccionó y clasifico en 3 niveles de maduración (verde, pintón y maduro) y determinó la fuerza de fractura y fuerza de firmeza de los frutos de Uchuva *Physalis* almacenada bajo refrigeración.

El método aplicado por **Ciro y Osorio (2007)** fue:

a. Para la fuerza de fractura, los frutos de uchuva fueron sometidos a compresión unidireccional usando un analizador de textura a una velocidad de carga de 1 mm/s. para diferentes tiempos de postcosecha (1, 3, 5, 7, 9 días) el producto fue sometido en dos sentidos de carga (longitudinal y transversal). La dirección longitudinal fue tomada de polo a polo, mientras que la dirección transversal se consideró en el eje del ecuador del fruto. Para cada grado de madurez (verde, pintón y

maduro) fueron realizadas 10 replicaciones para cada sentido de carga (longitudinal y transversal), para un total de 60 frutas por día. El valor de la fuerza de fractura para cada ensayo fue determinado mediante la información fuerza vs deformación. Esta variable fue definida como el punto donde existió una caída brusca de la fuerza.

**FIGURA N°4.1: CURVA DE FLUJO OBTENIDA BAJO COMPRESIÓN UNIDIRECCIONAL PARA LA FUERZA DE FRACTURA**

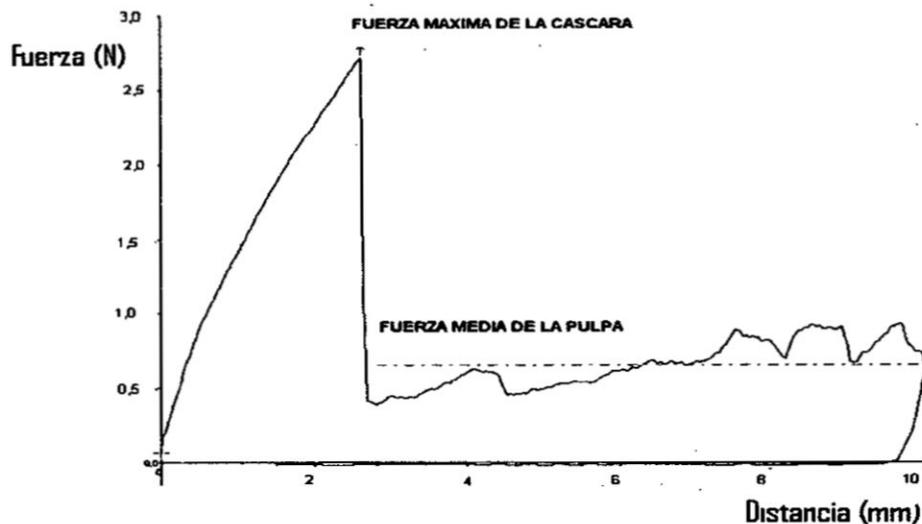


**Fuente: "Avance experimental de la ingeniería de postcosecha de frutas colombianas: resistencia mecánica para frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L)" de Ciro Velásquez, H., Osorio Saraz, J., 2007, p.41, Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.**

b. Para la fuerza de firmeza, se determinó utilizando un analizador de textura, adaptándole una aguja de penetración cilíndrica de 2mm de diámetro.

La fruta fue sometida a un proceso de punzamiento a una velocidad de carga constante de 1 mm/s. Para cada grado de madurez (verde, pintón y maduro) se realizaron 10 replicaciones a través del tiempo de postcosecha del producto (1, 3, 5, 7 y 9 días). El valor de la fuerza de firmeza máxima se consideró al punto más alto de la gráfica resultante y la fuerza de firmeza media fue determinada como la fuerza constante durante toda la prueba.

**FIGURA N° 4.2: CURVA DE FLUJO OBTENIDA BAJO COMPRESIÓN UNIDIRECCIONAL PARA LA FUERZA DE FIRMEZA.**



Fuente: "Avance experimental de la ingeniería de postcosecha de frutas colombianas: resistencia mecánica para frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L)" de Ciro Velásquez, H., Osorio Saraz, J., 2007, p.42, Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Otro estudio sobre comportamiento físico-químico es de Mejía et al. (2012). Evaluaron el comportamiento fisicoquímico del fruto de lulo (*Solanum quitoense*) en diferentes grados de madurez y encontraron que durante la maduración aumentan los sólidos solubles totales, mientras que la acidez total titulable se incrementa al final de la maduración.

Torres et al. (2012), afirma que la pérdida de firmeza y ablandamiento de frutos (*Solanum quitoense*) es debida a los procesos de degradación de almidón y solubilización de sustancias pécticas, siendo la poligalacturonasa una de las enzimas implicadas en este ablandamiento, esta enzima cataliza la ruptura hidrolítica de los enlaces de galacturónicos en la matriz de pectina

Gonzales y Ordoñez (2013), en su trabajo de investigación Cambios en las propiedades fisicoquímicas de frutos de lulo (*Solanum quitoense*)

cosechados en tres grados de madurez”, Se utilizaron 300 frutos por grado de madurez y se determinaron las características físicas (peso, volumen, densidad, diámetro equivalente, índice de esfericidad, rendimiento de pulpa y cáscara) y químicas (pH, acidez, sólidos solubles, índice de madurez (IM) y contenido de vitamina C. Los resultados mostraron que la madurez no afecta significativamente las variables físicas, pero sí las propiedades químicas de los frutos

Serna-Cock, Velásquez y Ayala (2010), resalta que para que los procesos industriales sean técnicos y económicamente factibles, es importante tener el conocimiento de las propiedades físico - químicas. **“Entre estas propiedades, la reología de las frutas es el comportamiento más importante y a la vez muy útil. Estas propiedades reológicas también son significativas como parámetros de control de calidad en los productos finales. En la elaboración de productos, se requiere encontrar la mezcla óptima de ingredientes que permita generar un nuevo producto cuya formulación ofrezca características de producto funcional con alto valor nutricional y en las que se mantengan propiedades fisicoquímicas, organolépticas de aroma y sabor deseables”.**

Marquez (2009) realizó un estudio del efecto de los días poscosecha sobre la firmeza de frutas de guanábana (*Annona muricata* L. cv. Elita) almacenadas a 23°C y 65% de HR analizando el efecto de la fuerza vs los días de poscosecha. La guanábana presentó gran variabilidad en su firmeza. Para productos inmaduros (día 0) con 80 N en promedio, la resistencia a la penetración es muy alta inclusive hasta el día 2 de poscosecha, del día 2 hasta el 4, se presentó el mayor descenso en la firmeza, a partir del día 4 el comportamiento fue ligeramente decreciente, con pendiente suave, obteniendo resultados para las frutas maduras entre 7,48 y 4,72 N para los días 5 y 7 respectivamente; para las sobremaduras (día 9), la fuerza de firmeza mostró un valor promedio de 3,62 N, el comportamiento de la firmeza estuvo acorde con lo planteado por *Ciro et al.* (2007).

Hernández et al. (2015), en su trabajo de investigación "Caracterización reológica de la pulpa de naranja"; realiza un estudio reológico utilizando un viscosímetro rotacional Brookfield.

Coloca 400ml de pulpa de naranja en seis vasos de precipitado con capacidad 600ml para los experimentos asociados a los rangos de temperaturas: 0, 5, 10, 15, 20 y 25 °C. Se empleo un baño maría a temperatura controlada acoplado al sistema del viscosímetro rotacional antes mencionado. Se construyeron las curvas de esfuerzo de deformación en función de la velocidad de deformación ( $\tau$  Vs  $\dot{\gamma}$ ), y se procedió a calcular los parámetros reológicos descriptores del fluido utilizando el modelo de Ostwald de Waele (Ley de potencia).

$$\tau = K(\dot{\gamma})^n$$

$\tau$  = esfuerzo cortante (Pa)

K = índice de consistencia (Pa.s)

n = índice de comportamiento al flujo (adimensional)

$\dot{\gamma}$  = velocidad de deformación del fluido ( $s^{-1}$ )

La influencia de la temperatura en la viscosidad aparente se estimó a partir de la ecuación de:

$$\eta = B \cdot e^{Ea/RT}$$

$\eta$  = viscosidad aparente (Pa.s)

Ea = energía de activación (KJ/mol)

R = constante universal de los gases (8,314 KJ/mol K)

T = temperatura absoluta (K); B = parámetro de ajuste.

Se seleccionaron 3 velocidades de deformación a temperatura constante para realizar el ajuste de los datos y discernir los resultados obtenidos.

Ibarz y Peleg (1993), en su investigación "Reología de alimentos de fluidos" clasificó los instrumentos para el estudio de la textura, y clasificó los instrumentos para la medida de propiedades al flujo de

DL

alimentos fluidos en tres categorías: 1) fundamental, 2) empírico y 3) imitativo.

Los ensayos fundamentales miden propiedades físicas definidas. Los ensayos empíricos miden parámetros que no están claramente definidos. Los ensayos imitativos miden propiedades bajo condiciones similares a las que se dan en la práctica.

Métodos fundamentales, se emplean diversos instrumentos para medir las propiedades de flujo, estos pueden clasificarse según la geometría utilizada: capilar, Couette (cilindro concéntrico), plato y cono, platos paralelos, retro extrusión, flujo por compresión.

Métodos empíricos, se usan en el control de calidad de productos y en el tratamiento de estudios con los efectos del cambio de condiciones de procesado en la consistencia de purés.

Viscosímetros rotacionales con geometrías de husillos (Spindles) que son de difícil análisis matemático han sido utilizados en ensayos empíricos. Las geometrías incluyen husillos con agujas con protuberancias y aletas.

Métodos imitativos, en casos especiales miden propiedades reológicas bajo condiciones de simetría similares a las que se presentan en la práctica.

## **4.2 Marco Conceptual**

### **4.2.1. La Naranjita de Quito o Lulo**

La naranjita de quito (*Solanum quitoense*) es un fruto ácido que tomó ese nombre por la forma redonda y anaranjada, en el Ecuador se llama naranjilla de quito o nuqui; en el Perú naranjita de quito, los incas la llamaban lulum; en Colombia lulo, naranjilla o toronja. <http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

La Naranjita de quito es un fruto poco conocido, que se encuentra básicamente en la ceja de selva de nuestro país, especialmente en la zona de Oxapampa y Pozuzo es muy apreciado por los lugareños

quienes ofrecen a los turistas como refrescos, sin embargo no se está aprovechando este recurso en su potencialidad.

### **Descripción**

Para conocer sobre este fruto exótico de nuestra selva central, nos hemos servido del portal [sabelotodo.org](http://www.sabelotodo.org) donde nos indica que la naranjita de quito es un arbusto herbáceo de 2,5 m de alto con tallos gruesos que se convierten en algo leñoso con la edad; espinosos en la naturaleza sin espinas en las plantas cultivadas, las hojas son alternas, oblongo-a-ovaladas de 60cm de largo y 45 cm de ancho, suaves y lanudas con espinas en los peciolo las hojas jóvenes, los tallos jóvenes están cubiertos con pelos de color purpura (<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

Produce racimos cortos y axilares de hasta 10 flores fragantes de 3 cm de ancho con 5 pétalos, blancas en la superficie superior, purpura y peludas por debajo y 5 estambres prominentes amarillos. Un pelaje marrón protege la fruta hasta que está completamente madura, cuando el bello se retira muestra una piel lisa brillante, coriácea y bastante gruesa. El fruto coronado con el cáliz persistente de 5 puntas, es redonda u oval de hasta 6,5 cm y consta de 4 compartimentos. (<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

### **Origen y distribución**

La naranjita de quito se cree que es originaria de Perú, Ecuador y el sur de Colombia, en los andes centrales y en el norte de Venezuela, en las cordilleras de Costa Rica pueden variar de parcialmente a muy espinosa. Desde 1913 el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos ha tratado de introducir las semillas en california y florida pero sin resultados, en 1950 ciertas plantaciones se realizaron en puerto rico, donde uno de los varios productores sembró 70000 plantas de la variedad silvestre. En 1962 la compañía procesadora de naranjilla Ltda

de San José incluyó 511 hectáreas de plantas, la pulpa se enviaba a Estados Unidos allí se mezclaba con manzana o piña. En 1963 se introduce la naranjilla a Guatemala como un producto nuevo con una plantación comercial y otras semi comerciales. La naranjita de quito también es una planta ornamental en los conservatorios del norte, sin producir frutos. (<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

### **Variedades**

Se conocen dos variedades: *Solanum quitoense* var. septentrionale y *Solanum quitoense* var. Quitoense. (<http://jardin-mundani.blogspot.pe>).

La variedad botánica septentrional se diferencia de la variedad de quitoense, solo por las espinas en el tallo, ramas, peciolos y venas principales en las hojas. Una cepa dulce, pero muy jugosa existe alrededor de la ciudad de Baza a 80 Km de Quito, Ecuador. Una forma salvaje y espinosa en costa rica, llamada berenjena de olor, tiene troncos leños, las ramas y los frutos inusualmente grandes. (<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>). En el Ecuador se tiene un programa de mejoramiento de frutos y se han obtenido híbridos con buenos resultados (Wilcaso, 2007)

La naranjilla de jugo INIAP Quitoense-2009, proviene de una selección de la variedad Baeza (2005-2007), que ha sido mejorada en cuanto a productividad y resistencia a las plagas en el Ecuador.

### **Clima**

En Colombia florece en regiones húmedas a alturas entre 1600 y 2400m con precipitación anual de 150 cm. En Panamá la naranjita crece en altitudes de 1200 a 1800 m. En Ecuador crece entre 1500m y 1800 m con temperaturas promedio de 17°C. (<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

Puede ser cultivada en un rango de alturas de 600 a 2000 m.s.n.m., siendo de 1000 a 1400 m.s.n.m. la altura óptima. El rango de

temperaturas es de 17 a 26 °C, el óptimo corresponde a los 20 °C. Se adapta a zonas con precipitaciones de 1800 a 4300 m.m/amo. Es un cultivo de día corto, requiriendo un promedio de 2.6m.m/año. Es un cultivo de 2.6/horas/luz/día. (Wilcaso 2007)

### **Suelo**

Se desarrolla mejor en un suelo rico orgánico, pero también crece en suelos pobres, en los pedregales y en la piedra caliza escarificada. En América del Sur las naranjitas se siembran en suelo virgen donde los arboles han sido talados y la maleza quemada. <http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

Requiere suelos ricos en materia orgánica, con adecuado drenaje y pH de 5,2 a 5,8. Los suelos del Oriente son ácidos, con bajo contenido de nitrógeno, fósforo y potasio; y alto contenido de aluminio.

Son preferibles los suelos ligeramente inclinados, ya que en suelos planos se producen acumulaciones de agua que afectan al normal desarrollo de las plantas. (Wilcaso, 2007)

### **Propagación**

La naranjita de quito se puede propagar por acodos aéreos o por esquejes de madera dura, pero también se puede cultivar a partir de semillas, se extienden a la sombra y para que se seque elimine el mucilago se lavan y se secan al aire 140 000 semillas aproximadamente pesan 0,5 Kg. Las plantuelas se cultivan en viveros al mismo modo que para los tomates y después de 2 a 3 meses se trasplantan a terreno fijo. (<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

### **Cosecha y rendimiento**

La planta consume muchos nutrientes y crece muy rápido, las plantas de semillas florecen de 4 a 5 meses después del trasplante, la

fructificación comienza 10 a 12 meses después y continua por 3 años, cuando las plantas llegan a los 4 años de edad disminuyen la productividad y comienzan a morir. <http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

Los frutos deben recogerse cuando están a mitad de coloración para evitar caídas y magulladuras y asegurar que se encuentren los frutos firmes para soportar la manipulación en el proceso. Una planta sana produce de 100 a 150 frutos al año, un buen rendimiento anual es de 135 frutos por planta equivalente a 9 kg y 27273 Kg por hectárea. <http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

La cosecha de naranjilla inicia después de 9 meses del trasplante, obteniendo una producción de 2 a 3 años. Los frutos se cosechan cuando presenta un 75% de color amarillo y debe conservar el pedúnculo. (Caicedo 2012)

### **Usos y Beneficios**

Se consume de manera natural, como fruta fresca, por lo general se prepara jugos, cremoladas, mermeladas, jaleas, helados, yogures, etc. y de manera industrial se puede comercializar el zumo congelado.

Posee alto contenido de vitamina C, ayuda en la fijación de hierro en el cuerpo, evitando así la anemia, altos contenidos de fosforo y vitamina. La naranjilla también es rica en vitaminas del grupo B como lo son tiamina (B1), riboflavina (B2) y niacina (B3) que son importantes en procesos de conducción de impulsos nerviosos, procesos hepáticos y hormonales. (Wilcaso 2012)

### **Características generales de la planta.**

Según Caicedo en su tesis "Diseño de una Planta Agroindustrial destinada a la elaboración de productos a base de naranjilla (*Solanum quitoense* var. verde) en la provincia de Pichincha", refiere las siguientes características:

### **Clasificación taxonómica**

Reino: Vegetal

Subreino: Spermatophyta

Division: Angiosperma

Subdivision: Dicotiledona

Clase: Simpétala

Subclase: Pentacíclica

Orden: Tubifloras

Familias: Solanacea

Sección: Lasiocarpa

Género: Solanum

Especie: quitoense

Nombre Científico: Solanum quitoense.

Nombre vulgar: Naranjilla, lulo, naranja de castilla, berenjena de olor, entre otros.

**FIGURA N° 4.3: ÁRBOL DE NARANJILLA DE QUITO**

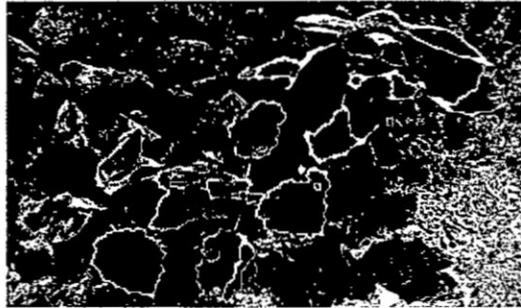


Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012)

ZU

## Descripción Botánica

**FIGURA N°4.4 : PLANTUELAS DE QUITO QUITO**



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

## Raíz

La naranjilla posee una raíz pivotante que se extiende hasta 50cm. Los híbridos, al ser propagados vegetativamente, no presentan raíz principal pero si una gran cantidad de raíces laterales (Gómez, 2009 pág. 24) tomado de Caicedo (2012)

**FIGURA N° 4.5: SISTEMA RADICULAR DEL QUITO QUITO**



Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012)

## Tallo

La naranjilla posee un tallo erecto y en ocasiones ramificado desde el suelo, es robusto, leñoso, cilíndrico, vellosos y siempre es de color verde. (Gómez, 2009 pág. 25). Citado por Caicedo 2012.

*24*

**FIGURA N° 4.6: TALLO DE NARANJILLA**



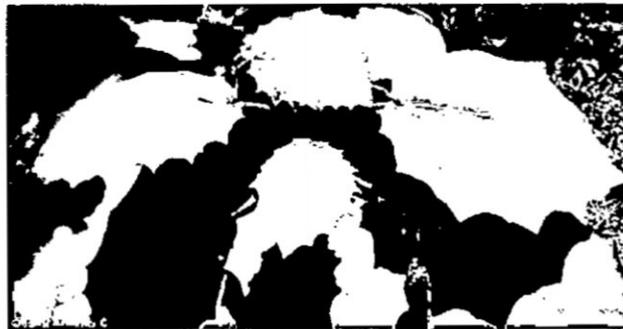
Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012)

### **Hojas**

Son de gran tamaño, pudiendo alcanzar hasta los 40cm de largo. Tienen una forma oblonga-ovalada, de color verde oscuro el haz y un color ligeramente violeta en el envés (Gómez, 2009 pág. 25), citado por Caicedo 2012.

La Naranjita de Quito no soporta temperaturas inferiores a 10°C. Las hojas del *Solanum quitoense* que pueden llegar a medir más de 50 centímetros, presentan nerviaciones moradas y la superficie de las hojas está cubierta de una fina pilosidad lanosa como terciopelo.

**FIGURA N° 4.7 : HOJAS DE QUITO QUITO**



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

Puede vivir a pleno sol, pero la elevada radiación solar acorta su vida productiva, se prefiere cultivarlo en penumbra, obteniéndose así

frutos durante todo el año a lo largo de cuatro o cinco años. <http://jardin-mundani.blogspot.pe>. Tanto las flores como las hojas nuevas están cubiertas de una suave lanosidad que al tacto parece terciopelo.

### **Flores**

Estas se encuentran adheridas a las axilas de las ramas gracias a pedúnculos cortos. Son de características hermafroditas (flor hembra y macho) y se agrupan en corimbos de tres a doce unidades. Presentan corolas de cinco pétalos de color cremoso envolviendo a cinco estambres amarillos (Gómez, 2009 pág. 26), citado por Caicedo 2012.

**FIGURA N° 4.8: FLOR DE NARANJILLA**



Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012)

**FIGURA N° 4.9: FLOR DEL NARANJITA DE QUITO O LULO**



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

Su estructura floral está formada por 5 pétalos blancos, 5 estambres amarillos muy gruesos y un pistilo.

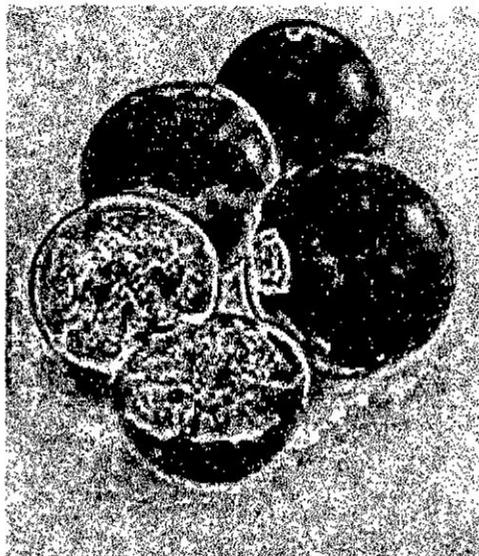
### **Fruto**

Es muy característico, de color amarillo intenso, amarillo rojizo o naranja una vez maduro, lo cubre una suave y tupida pilosidad. La corteza es de aspecto liso y muy resistente.

La pulpa, materia prima comercialmente, es de color verde, jugosa y tiene un sabor agridulce. Se encuentra dividida en cuatro secciones casi simétricas, con numerosas semillas. Las variedades híbridas tienen una pulpa verdosa clara y amarilla.

La planta de naranjilla presenta frutas desde la base de las ramas hasta el ápice de la planta, por lo que es posible encontrar dentro de la misma planta rutos y flores en diferentes estados de desarrollo (Gómez, 2009 pág. 26), citado por Caicedo 2012.

**FIGURA N°4.10: FRUTO DE NARANJILLA**



**Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012),  
adaptado de Díaz 2010.**

*DA*

**FIGURA N° 4.11: FRUTO VERDE DE QUITO QUITO**



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

Fruto verde de Lulo o Naranjita de Quito cubierto de pelos que provocan irritaciones cutáneas y urticarias en las personas sensibles. Para la recolección se usan guantes protectores y los pelos se retiran con un cepillo o un trapo. <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

**FIGURA N° 4.12 : FRUTO DE QUITO QUITO SIN PELOS**



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

Naranjitas de Quito sin los pelos urticantes procedentes de Colombia, adquiridas en almacenes de Palma de Mallorca.

### TABLA N° 4.1: INFORMACIÓN NUTRICIONAL

#### Valor alimenticio por cada 100

Calorías	23 cal
Humedad	85,8 – 92,5 g
Proteína	0,107 - 0,6 g
Carbohidratos	5,7 g
Grasa	0,24g
Fibra	0,3 – 4,6 g
Ceniza	0,61 – 0,8g
Calcio	5,9 – 12,4 mg
Fósforo	12,0 – 43,7 mg
Hierro	0,34 – 0,64 mg
Caroteno	0,071– 0,232 mg (600 I.U.)
Tiamina	0,04 – 0,094 mg
Riboflavina	0,03 – 0,047 mg
Niacina	1,19 – 1,76 mg
Ácido ascórbico	31,2 – 83,7 mg

Fuente: Análisis de frutas frescas en Colombia y Ecuador.  
Información tomada de internet 29 de enero 2018  
(<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

### TABLA N° 4.2: VALOR NUTRICIONAL POR CADA 100g DE PULPA

Valor energético	28 cal
Humedad	91,6 %
Proteína	0,7 g.
Grasa	0,1 g
Carbohidratos	6,8 g
Fibra	0,4 g
Ceniza	0,6 g

Vitamina A	50 mg
Tiamina	0,6 mg
Riboflavina	0,4 mg
Niacina	1,5 mg
Ácido ascórbico	65 mg
Calcio	8 mg
Fósforo	14 mg
Hierro	0,4 mg

Fuente: [www.deperu.com/abc/frutas/5306/la-naranja](http://www.deperu.com/abc/frutas/5306/la-naranja)

**TABLA N° 4.3 CONTENIDO NUTRICIONAL EN HÍBRIDO PALORA, PUYO Y VARIEDAD AGRIA**

Características	Híbrido Palora	Híbrido Puyo	Variedad Agria
Humedad (%)	91,62	90,18	85,88
Ceniza (%)	0,52	0,51	0,82
Proteínas (%)	0,41	0,66	1,31
Fibra (%)	1,22	1,69	3,25
Acidez (%)	2,22	1,56	0,95
Alcaloides (+ot)	0,05	0,05	0,05
Sólidos solubles (%)	5,70	5	6
Sólidos totales (%)	8,38	14,12	9,82
Azúcares totales (%)	1,93	2,83	2,19
Vitamina C (mg/100g)	-	83,5	83,7

Fuente: Wilcaso 2007

**FIGURA N° 4.15 : NARANJILLA (*Solanum Quitoense* Lam)  
**VARIEDAD INIAP QUITOENSE 2009.****



Fuente: Wilcaso (2007)

**TABLA N°4.4: CUALIDADES FÍSICAS VARIEDAD INIAP –  
 QUITOENSE 2009**

Características	Promedio
Físicas	
Peso de Fruto (g)	109.5
Largo de fruto (cm)	58.6
Rendimiento del fruto	30%
Pulpa (%)	58.8
Cáscara (%)	24,7
Semilla (%)	16,4
Químicas	
pH	2,72
Acidez (%)	2,51
Sólidos Solubles (° Brix)	9,6

Fuente : Caicedo 2012, adaptado de INIAP- Departamento de  
 Nutrición y Calidad, 2009

Los numerosos estudios reológicos realizados en alimentos que se encuentran en la bibliografía confirman la gran diversidad de comportamientos al flujo que pueden presentar. Todo ello hace necesario un análisis crítico de los fenómenos subrayados bajo una variedad de condiciones de flujo y establecer las relaciones entre la estructura y el comportamiento al flujo (Barbosa-Canovas *et al.*, 1993), citado por Garza 1998.

El tamaño o volumen, la forma, la concentración y la interacción de las partículas son parámetros básicos que afectan a las propiedades reológicas de cualquier sistema, sea éste molecular, una suspensión, una dispersión, una pasta o un gel. Sin embargo, el rango de operación de cada uno de estos parámetros básicos es diferente para cada uno de los sistemas. De hecho, no son estos parámetros por sí mismos los que controlan las propiedades de flujo, sino las interacciones entre ellos (Rha, 1978), citado por Garza 1998.

El comportamiento reológico de un fluido alimentario puede describirse según distintas ecuaciones que relacionan el esfuerzo cortante con la velocidad de deformación. En la literatura existen muchos modelos para describir este comportamiento, sin embargo son varios los autores (Kokini, 1992; Rha, 1978) que coinciden al afirmar que uno de los modelos más comúnmente usados y de aplicación general para ajustar los datos experimentales y expresar cuantitativamente el comportamiento al flujo de los fluidos inelásticos independientes del tiempo es el modelo propuesto por Herschel y Bulkley:

$$\tau = \tau_0 + K_H \dot{\gamma}^n \quad (1)$$

donde:

$\tau$  = esfuerzo cortante

$\tau_0$  = umbral de fluencia

$K_H$  = índice de consistencia de flujo

$\dot{\gamma}$  = velocidad de deformación

$n$  = índice de comportamiento al flujo

Esta ecuación puede representar, dependiendo de los valores que tomen las constantes, comportamientos newtonianos, plásticos de Bingham, pseudoplásticos y dilatantes. En la siguiente tabla se muestra el comportamiento al flujo y algunos ejemplos de varios tipos de alimentos fluidos y semifluidos.

**TABLA N° 4.7: CARACTERÍSTICAS DE FLUJO DE ALIMENTOS LÍQUIDOS**

Tipo de flujo	Índice de consistencia	Índice de comportamiento al flujo	Umbral de fluencia	Ejemplo
Newtoniano	Viscosidad $k > 0$	$n = 1$	$\tau_0 = 0$	Zumos clarificados, aceites, leche, jarabes de pastelería.
Seudoplástico	Viscosidad aparente $k > 0$	$0 < n < 1$	$\tau_0 = 0$	Zumos concentrados cremogenados y purés,
Plástico de Bingham	Plasticidad constante $k > 0$	$n = 1$	$\tau_0 > 0$	Aderezos de ensalada, salsa de dulce de chocolate, ketchup.
Tipo mixto	Índice de consistencia	$0 < n < 1$	$\tau_0 > 0$	Mermelada, jalea
Dilatante	Índice de consistencia $k > 0$	$0 < n < \infty$	$\tau_0 = 0$	Mantequilla de cacahuete, pasta de salchichas.

Fuente: Rha C. K. 1978

## **Clasificación de los alimentos fluidos según su comportamiento reológico**

Los alimentos fluidos según su comportamiento reológico, se clasifican como alimentos newtonianos y no newtonianos, según siga o no la ley de Newton de la viscosidad. Además, existen alimentos en los que su comportamiento depende del tiempo de actuación del esfuerzo realizado sobre ellos. Finalmente, existe otro grupo de alimentos que se comportan como fluidos viscosos y sólidos elásticos a la vez, son los fluidos viscoelásticos. (Holdsworth, 1971; Muller, 1973; Rao, 1977b; Barbosa-Cánovas *et al.*, 1993), citado por Garza 1998.

Así, la clasificación de los fluidos alimentarios según su comportamiento reológico puede establecerse de la siguiente forma:

- Fluidos newtonianos.
- Fluidos no newtonianos.
  - Independientes del tiempo
    - Plásticos de Bingham
    - Seudoplásticos
    - Dilatantes
  - Dependientes del tiempo
    - Fluidos tixotrópicos
    - Fluidos reopéticos
  - Fluidos viscoelásticos

Stroshine (1999), en sus investigaciones se menciona que los productos agrícolas pueden considerarse como materiales de ingeniería de naturaleza anisotrópica cuyas propiedades mecánicas están relacionadas con su comportamiento bajo la acción de fuerzas aplicadas. El comportamiento mecánico que pueden exhibir los materiales biológicos no

es perfectamente elástico ni perfectamente plástico. Estos materiales biológicos exhiben un comportamiento medio entre los anteriores y son agrupados bajo la definición de materiales viscoelásticos, en donde su comportamiento es representado mediante modelos reológicos.

Las propiedades reológicas de un material biológico están en función de su composición bioquímica y su estructura física con una gran dependencia del factor tiempo.

Para la firmeza del fruto Valero y Ruiz (1996), definen a la firmeza de un material, como la fuerza necesaria para romper los tejidos carnosos y está relacionada con los diferentes estados durante el proceso de maduración, por tanto, la firmeza de la fruta es considerada como un buen indicativo de la madurez. También depende del estado de la fruta en el momento de recolección, de la temperatura y forma de almacenamiento y puede relacionarse con el color externo. La firmeza es la resistencia de un material a la deformación o penetración, y cada material se caracteriza por una curva de deformación en respuesta a fuerzas variables aplicadas sobre él, se recomienda utilizar un coeficiente de elasticidad específico.

#### **4.2.2.1 Las medidas reológicas**

Son consideradas como una herramienta analítica que arroja información de la organización estructural de los alimentos. Varios factores afectan el comportamiento reológico de las pulpas de frutas que incluyen la temperatura, concentración de sólidos solubles totales y el tamaño de partícula. Ortega, Salcedo y Arrieta (2015), citado por Garza 1998.

Como resultado de la interacción compleja entre los azúcares, las sustancias pécticas y los sólidos en suspensión, la gran mayoría de las pulpas de frutas son fluidos no Newtonianos. Ortega, Salcedo y Arrieta (2015), citado por Garza 1998.

Diferentes ecuaciones han sido usadas para la descripción reológica de productos líquidos a base de frutas:

Modelo de Bingham, modelo de Ostwald de Waele o Ley de Potencia, modelo de Herschel y Bulkley, entre otros.

Muchos alimentos líquidos tienen un comportamiento reológico que puede ser caracterizado usando el modelo de Ley de Potencia o de Ostwald de Waele, ya que se ajusta bien con los datos experimentales.

$$\sigma = K\dot{\gamma}^n$$

Donde  $\sigma$  es el esfuerzo de corte (Pa),  $\dot{\gamma}$  es la velocidad de cizalla ( $s^{-1}$ ),  $K$  es el índice de consistencia (Pa.sn) y  $n$  es el índice de comportamiento de flujo (adimensional).

Además, una ecuación tipo Arrhenius se puede utilizar para describir la influencia de la temperatura sobre la viscosidad aparente a una velocidad de cizalla constante:

$$\eta_{app} = \eta_0 e^{\frac{Ea}{RT}}$$

Donde  $T$  es la temperatura absoluta,  $R$ : la constante universal de los gases,  $\eta_0$ : el factor pre exponencial y  $Ea$ : la energía de activación para la viscosidad.

Alvarado, Juan de Dios realizó estudios para la determinación de la madurez de frutas por medida de la densidad relativa del jugo, de diversas frutas en la que se encontraba el jugo de naranjilla, considerándolo los jugos son sistemas complejos y heterogéneos. García y Burón consideran a los zumos y purés de frutas como una suspensión de partículas sólidas que son restos de estructuras vegetales, en un líquido constituido por una solución coloidal de pectinas y por otra solución verdadera de azúcares, ácidos orgánicos y sales minerales.

El análisis que se puede hacer es que:

a) no se cuenta con un trabajo de determinación del comportamiento reológico de la naranjita de quito en el Perú.

b) las pruebas reológicas son necesarias para conocer cómo se debe manipular a lo largo de cada proceso elegido y deben realizarse en situ para cada variedad.

#### **4.2.2.2 Reómetro RheolabQC**

El reómetro es un equipo de medición de las propiedades reológicas de las sustancias con la cual se determina la viscosidad dinámica y estructural en profundas investigaciones, permite medir las siguientes anomalías de fluencia: la viscosidad estructural, la dilatancia, la plasticidad, la tixotropía y la reopexia.

Reómetro rotacional RheolabQC de Anton Paar, es un reómetro de última generación que se encuentra en el laboratorio de investigación de la Facultad de ingeniería química, adquirido por la unidad de posgrado en diciembre de 2014.

Descripción de las características del reómetro:

El reómetro es un equipo moderno de funcionamiento fiable y simple.

Tiene un software para ser utilizado desde una computadora dedicada.

Es rotacional que mida esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad, presenta diversas geometrías (copas).

Se selecciona entre los ajustes de prueba de velocidad de corte y tensión de corte en tiempo de respuesta muy cortos.

Tiene un sistema de reconocimiento automático y configuración, todas las geometrías utilizadas medirán automáticamente y serán controladas por ordenadores y la información se leerá en software.

Incluye una base flexible para colocar las copas o contenedores de muestra, fácil de colocar en el equipo.

Tiene 2 geometrías (copas) que abarque sustancias ligeras y sustancias viscosas como geles, ketchup, mayonesa, mermeladas etc. y geometría de paletas.

#### **Especificaciones técnicas:**

- Tipo de motor: EC-motor DC.
- Rango de torque: 0,25 - 75 mNm
- Rango de velocidad: 0,01 - 1200 1/min
- Rango de viscosidad: 0,001 - 1000 000 Pas
- Rango shear stress: 0,5-30000 Pa

- Resolución de torque:  $< 0,1 \text{ uNm}$
- Dimensiones:  $300 \times 720 \times 350 \text{ mm}$
- Conexión a puerto serial RS232

#### 4.2.2.3 Terminología

**Naranjita de quito.**- Es un fruto redondo y anaranjado, se caracteriza por ser un fruto jugoso con un bajo contenido en azúcar y un sabor ligeramente ácido, en su composición presenta gran cantidad de calcio, potasio y fósforo y vitaminas, es un antioxidante natural.

**Reología.**- Es la ciencia del flujo y la deformación, que estudia las propiedades mecánicas fluidos. Por lo tanto el campo de la Reología se extiende desde la mecánica de fluidos newtonianos por una parte, hasta la elasticidad de Hooke por otra.

**Esfuerzo de corte.**- Se define el esfuerzo de corte o cizalla ( $\tau$ ) como la fuerza por unidad de área necesaria para alcanzar una deformación dada. La unidad de esta magnitud más comúnmente utilizada es el Pascal (Pa).

**Velocidad de deformación.**- La velocidad de deformación se define como el cambio de velocidad a través de la distancia entre dos placas. Su unidad es  $\text{s}^{-1}$ .

**Viscosidad.**- Es una propiedad reológica muy importante que mide la resistencia a la deformación del fluido. Otra forma de definir la viscosidad es como la relación entre el esfuerzo de corte y la tasa de deformación adoptada por el fluido

**Zumo o jugo.** Es la sustancia líquida que se extrae de los vegetales o frutas, normalmente por presión, aunque el conjunto de procesos intermedios puede suponer la cocción, molienda o centrifugación de producto original.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Equipos, Materiales y Reactivos

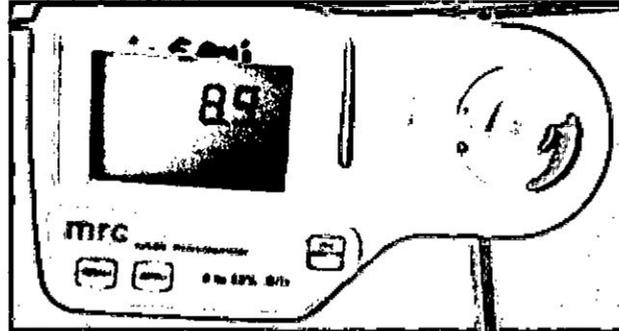
#### Equipos

- Kjendall VELP SCIENTIFICA
- Balanza de humedad Desecador.
- Estufa.
- Phmetro
- Reómetro
- Mufla
- Reómetro RheoLabQC

#### Materiales

- Vaso precipitado
- Cuchillos
- Colador
- Bagueta
- Espátula
- Mortero y pilón
- Agua destilada
- Cápsula de porcelana.
- Pinzas.
- Bureta
- Soporte universal
- Matraz
- Colador
- Pulpa de naranjilla de quito
- Crisoles
- Papel aluminio
- Cocinilla eléctrica

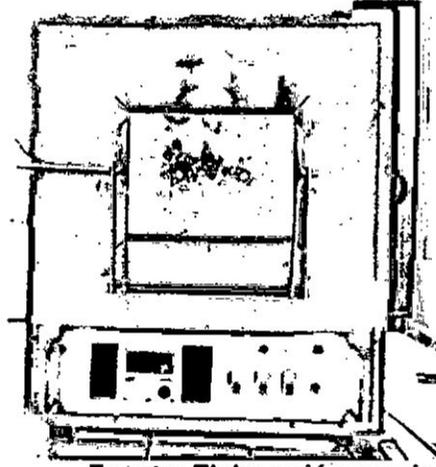
**FOTO N° 5.3: EQUIPO CALIBRADO CON AGUA DESTILADA**



**Fuente: Elaboración propia**

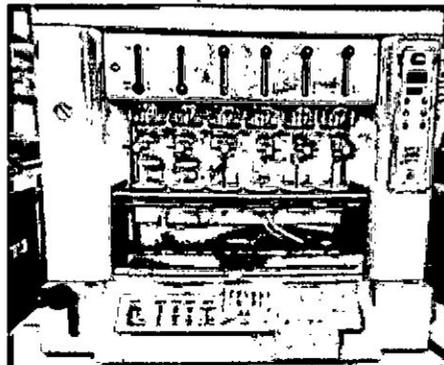
Marca de equipo: MRC REF-85. Rango de lectura de 0 to 85% Brix.

**FOTO 5.4: MUFLA ESZTERGOM**



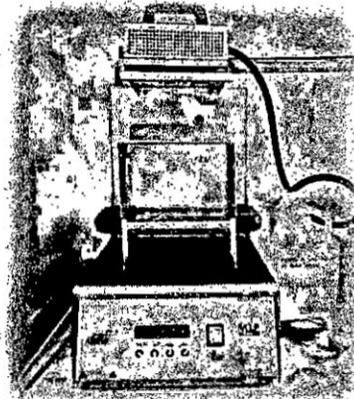
**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.5 : EXTRACTOR VELT SOXHLET.**



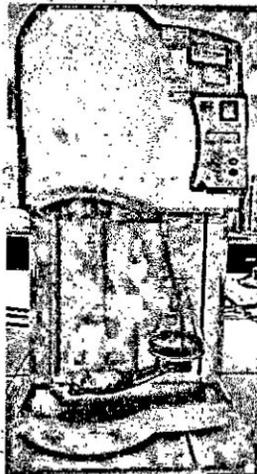
**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.6: DIGESTOR VELP SCIENTIFICA**



Fuente: Elaboración propia

**FOTO N° 5.7: DESTILADOR VELP SCIENTIFICA**



Fuente: Elaboración propia

## **5.2 La población de la investigación y la muestra**

Se empleó 10 Kg de naranjita de quito de procedencia de Oxapampa y para cada análisis se tomó las muestras necesarias según requiera el método utilizado.

## **5.3 Las técnicas, procedimientos e Instrumentos para recolección de datos**

### **5.3.1 Acondicionamiento de la Naranjita de Quito**

Se clasifican las materias primas en estudio, de acuerdo a sus condiciones organolépticas, sin fermentación y sin pardeamiento, luego

se lavan y desinfectan, para conservarlas en bolsas herméticas bajo refrigeración.

Se realiza el análisis organoléptico a los frutos:

### **5.3.2 Análisis organolépticos de la Naranja de Quito.**

Consiste en el examen de características tales como, color, consistencia, textura, sabor y olor. Esta evaluación determina la aceptación del producto.

#### **a. Evaluación del color**

La evaluación del color se hace con métodos subjetivos y con métodos objetivos. Los métodos subjetivos hacen uso de catálogos de color y de filtros vítreos. Con tales dispositivos, el resultado del examen depende del juicio de los especialistas. Los métodos objetivos funcionan con celdas fotoeléctricas que miden la luz que se refleja en la superficie. En ese caso, el color se mide en unidades físicas llamadas milivoltios. La investigación del color se complementa con la evaluación del panel. En el caso del laboratorio simplemente este análisis se hace con una evaluación a panel, ya que se carece de instrumentos apropiados para realizar un buen estudio

#### **b. Evaluación de la consistencia y textura**

La consistencia de un producto se percibe mediante los dedos, el paladar y los dientes. La consistencia ideal de un producto se determina por medio del panel de prueba. Se han desarrollado métodos empíricos para medir y clasificar la consistencia de muchos productos. La consistencia de un producto influye, además, directamente en el funcionamiento del equipo, mientras la textura de productos sólidos también se valora con el panel de prueba. La textura se puede clasificar en: firme, blanda, jugosa, correosa, elástica, fibrosa.

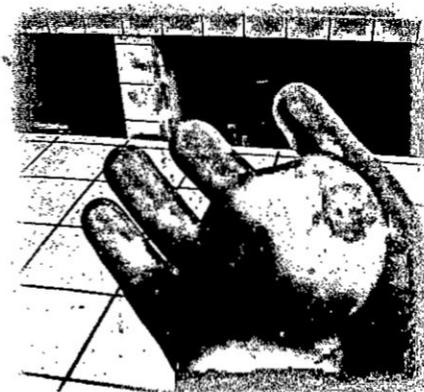
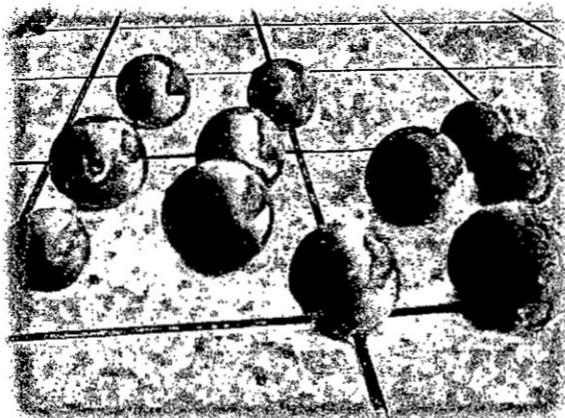
### c. Evaluación de sabor y olor

Estas son verdaderas características sensoriales. Son evaluadas solamente por el panel de prueba. Se pueden distinguir 4 sabores básicos: dulce, ácido, salado y amargo. Por lo general la percepción de cierto sabor será una combinación de la percepción de sabores y olores.

#### Resultados obtenidos:

- Forma: redonda ligeramente achatada en los polos.
- Sabor: ácido, agrídulce
- Tamaño: 5 a 6 cm. de diámetro
- Color: amarillo anaranjado.
- Aroma: Similar al de la cáscara de naranja, típico de todas las frutas con contenido cítrico.

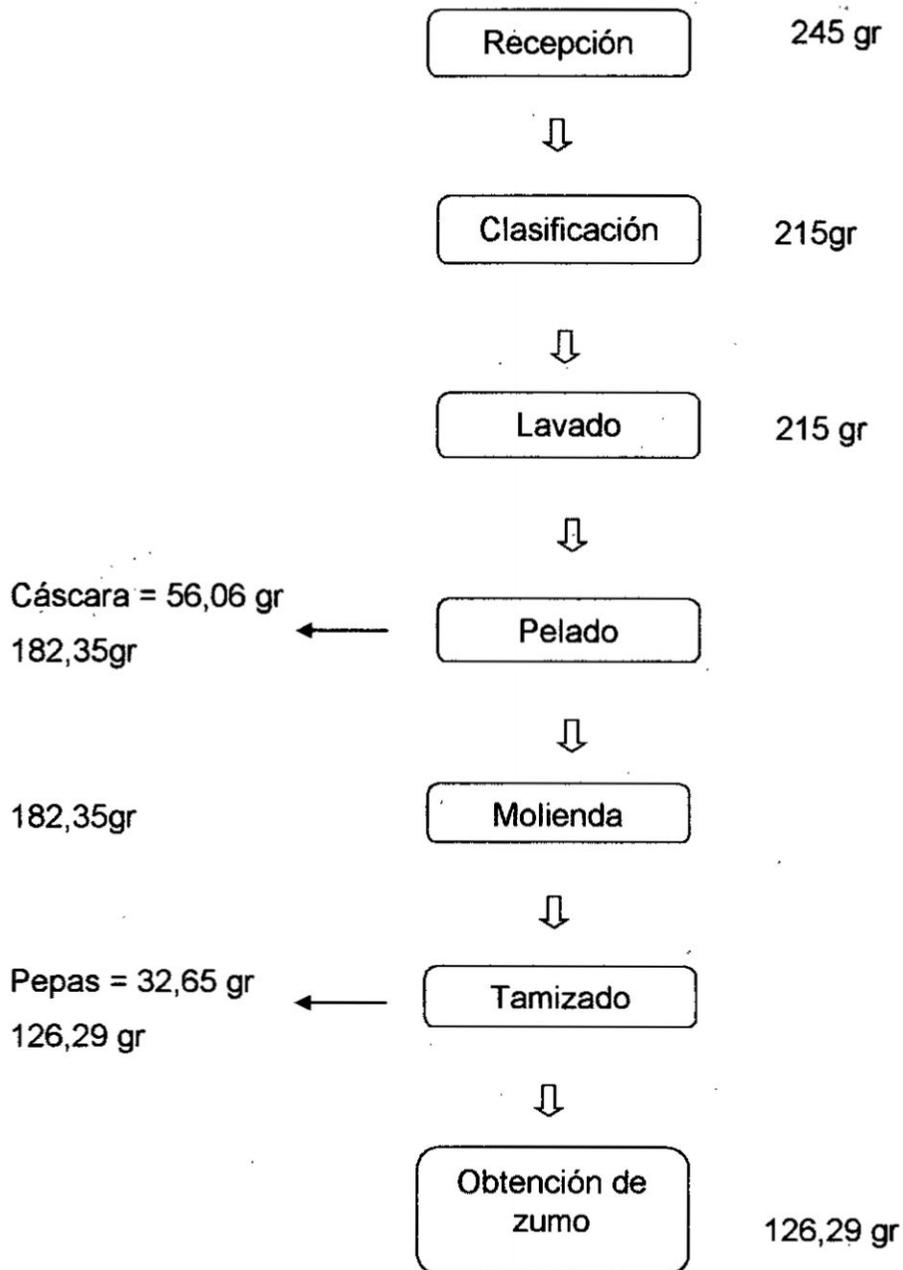
**FOTO 5.8: RECEPCIÓN DE LA NARANJITA DE QUITO PARA LA CARACTERIZACIÓN**



**Fuente: Elaboración propia**

Después de la evaluación organoléptica se determina el rendimiento:

## FLUJOGRAMA DE RENDIMIENTO DEL NARANJILLO

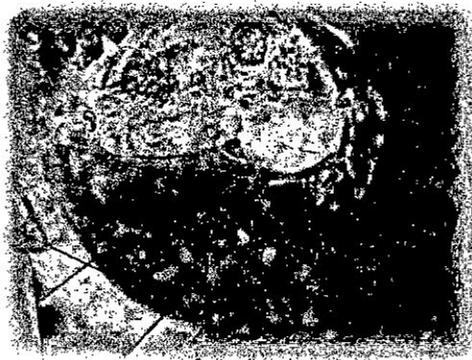


### 5.3.3 Balance de rendimiento del Naranjita de Quito

#### Procedimiento

- Se pesó 4 naranjas medianas las cuales pesan 215 gr
- Se peló y separó el fruto de su cáscara
- Se pesó la cáscara , siendo su peso de la cáscara de 56,06 gr
- Luego se separó las pepas y el zumo provenientes de la fruta
- Las pepas fueron pesadas siendo su peso de 32,65 gr
- El zumo fue pesado y su peso fue de 126,29gr

#### FOTO N° 5.9 : EXTRACCIÓN DEL ZUMO DE LA NARANJITA



Fuente: Elaboración propia

Fruta entera: 100%; zumo: 58,73%; cáscara: 26,07 %; pepas: 15,18%

Luego de realizar los cálculos correspondientes se puede establecer la

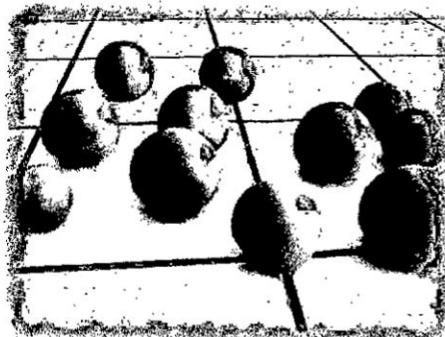
siguiente relación:  $\frac{\text{zumo}}{\text{fruta}} = \frac{1}{2}$

**5.3.4 Secuencia de operaciones para obtención del zumo de la Naranjita de Quito, mostrado con fotos de elaboración propia.**

*211*

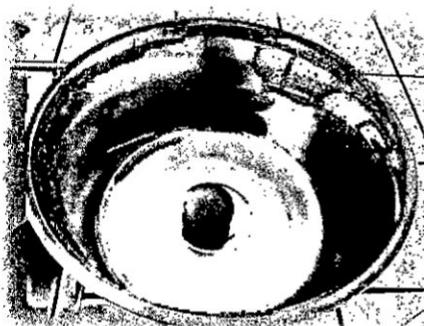
**FOTO N° 5.10**

**RECEPCIÓN Y CLASIFICACIÓN**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.11: LAVADO**



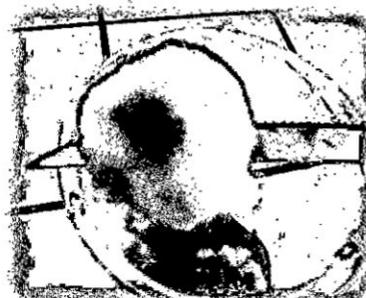
**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.12: PELADO**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.13: CORTE**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.14: MOLIENDA**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.15: TAMIZADO**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.16: OBTENCIÓN DEL  
ZUMO**



**Fuente: Elaboración propia**

### **5.3.5 Metodología empleada para la caracterización físico química**

Se realizó en el Instituto de Investigación Especializado en Alimentos, se utilizó en los análisis las siguientes metodologías:

% de humedad, se determinó por pesada directa de cada uno de los frutos en la balanza electrónica, el resultado se reportó como % en pérdida de peso.

pH A.O.C.981,12,1980

Sólidos solubles (°Brix) A.O.A.C- 932,12-2000

Ácidos Titulable (% de ácido cítrico) A.O.A.C- 939,05-2000

% de cenizas A.O.A.C official method 1995 930,05

% de grasas A.O.A.C official method 1995 930,09

% de proteínas AOAC 920,152

Vitamina C . Ciancaglioni.P et al Using a classical method of vitamin C Quantification as a tool for discussion of its role in the body. *Biochem.Mol.Biol.Edu.*29: 110 - 114, 2001.

% de Carbohidratos totales Agriculture Handbook del USDA, composición de los alimentos 1975. Metodologías descritas en cada prueba.

#### **5.3.5.1 Determinación de Humedad**

Se realizó por triplicado con 3 muestras distintas de quito quito.

El % humedad se determinó por pesada directa de cada uno de los frutos en la balanza electrónica. El resultado se reportó como % pérdida de peso.

Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 6.1.

#### **5.3.5.2 Determinación del pH**

Se realizó por triplicado con 3 muestras distintas de quito quito.

El pH por el método potenciométrico, según el método A.O.A.C 981,12 (A.O.A.C 1980).

El potenciómetro fue calibrado inicialmente a través de soluciones de patrón padrones pH 4.01 a 7.01 en un pH-metro ETI.8100 Plus. Se extrajo la pulpa de quito quito 20 ml en vaso de precipitado de 50 ml. 3. La pulpa previamente homogeneizada se tomó una alícuota de 10 ml y se hizo la

lectura de pH directamente. Los resultados se expresan en la Tabla N° 6.2

### 3.5.3.3 Sólidos Solubles

Se utilizaron tres tipos de muestras y el método Sólidos solubles (°Brix) A.O.A.C 932,12, 2000. Los resultados se expresan en la Tabla N° 6.3

### 3.5.3 4 Acidez Titulable

Se utilizaron tres tipos de muestras. Se determinó a la titulable de acuerdo al método A.O.A.C 939,05, 2000 expresándose como porcentaje de ácido cítrico.

$$\% \text{ acidez} = N \text{ HCl} * V \text{ HCl} * 0,064 * 100/V \text{ muestra.} \text{ Ecuación 1}$$

### 3.5.3.5 Cenizas

Se pesó aproximadamente 2 g de zumo de quito quito en crisoles y luego se colocó en una mufla a una temperatura de 600°C, durante 5 horas, luego se colocó en un desecador hasta llegar a temperatura ambiente para luego ser pesado en un balanza analítica. Se utilizó el método de % Cenizas, AOAC Official Method 1995, 930.05. Los valores se expresan en la Tabla 6.6

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Peso del residuo (g)} \times 100 \text{ muestra}}{\text{Peso de la muestra en (g)}} \text{ Ecuación 2}$$

### 3.5.3.6 Determinación de Grasas

%Grasas, AOAC Official Method 1995, 930.09

Se pesó aproximadamente entre 5 gramos de zumo de quito quito libre de humedad y de semillas luego se colocó en un cartucho de celulosa; se agregó hexano 40 ml y se extrajo durante 2 horas y 20 minutos en un extractor VELP Soxhlet. Finalmente se pesó los residuos de grasa depositados en los vasos extractores. Los valores de % de grasa se muestran en la Tabla N° 6.7.

### 3.5.3.7 Determinación de proteínas

Se utilizó el método % Proteína, método AOAC 920.152 del 2000.

- ❖ Se pesó 2g pulpa de quito quito libre de semillas y se adicióno la mezcla catalítica (Ver Tabla N° 6.8).
- ❖ Se colocó en los tubos digestores los catalizadores y muestra luego se agregó el ácido sulfúrico y se digirió las muestras incluyendo el blanco. Se enfrió hasta temperatura ambiente y finalmente se adicióno adiciónar 25,0 ml de agua destilada.
- ❖ Se agregó aun matraz Erlenmeyer de 125 ml luego se adicióno 25mL de solución de ácido bórico 4% P/V y 5 gotas de indicador de tashiro.

Se procedió a realizar el destilado por el equipo con una solución de NaOH ala 40% P/V.

- ❖ Finalmente se procedió a titular el matraz HCl 0,1 N hasta que vire. Para el cálculo de porcentaje de nitrógeno se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Proteína} = (V_{\text{gastado}} - V_{\text{blanco}}) * N \text{ HCl} * 0,014 * 100/W_{\text{muestra}} \dots \text{ Ecuación 3}$$

### 3.5.3.8 Determinación de Vitamina C mg/100

#### Procedimiento experimental

#### a. Preparación del zumo de fruta

- Exprimió el quito quito.
- Se procedió a filtrar a mediante una gasa.

#### b. Titulación del ácido ascórbico

- ✓ Se colocó en un Erlenmeyer de 100 ml:
  - \* 10 ml de zumo de quito quito
  - \* 15 ml de agua destilada
  - \* 0,25 ml de HCl (15% v/v)
  - \* 0,25 ml de almidón (1% w/v) que actúo como indicador.
- ✓ Se llenó la bureta con 15 ml de disolución de yodo 24,1 mM.

- ✓ Se procedió a titular lentamente y agitando la disolución del zumo de quito quito contenida en el Erlenmeyer, hasta que vire al azul.
- ✓ Se procedió a anotar el gasto.

**c. Cálculos**

- ✓ Se calculó la cantidad de vitamina C en la muestra de quito quito en g/L utilizando la siguiente fórmula:

$$\checkmark \frac{g}{L} = 0,424 \times \frac{\text{Volumen yodo consumido}}{\text{volumen de la muestra}} \dots \dots \text{Ecuación 4}$$

**3.5.3.9 Determinación de Carbohidratos Totales**

$$\text{Carbohidratos totales} = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Cenizas} + \% \text{ Grasas} + \% \text{ Proteínas}) \dots \text{Ecuación 5}$$

Los valores de % carbohidratos totales se muestran en la Tabla 6.13

**3.5.3.10 Determinación del Índice de Madurez**

$$\text{IM} = \text{sólidos solubles} / \text{acidez total} \dots \dots \dots \text{Ecuación 6}$$

Los valores de índice de madurez se muestran en la Tabla 6.14

**5.3.6 Metodología empleada para la caracterización reológica**

Las pruebas reológicas se Realizaron en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ingeniería química y se utilizó el RheolabQC que tiene el software RheolabPlus instalado y el sistema de medición CC27/S-SN38074, las muestras se llevaron al equipo RheolabQC para su determinación reológica, se utilizó una muestra patrón y se programó el equipo, mediante el software Rheoplus/32, donde se aplicó un esfuerzo cortante (Share Stress) expresado en Pa para determinar los datos de

velocidad de deformación (Share Rate) y viscosidad (Viscosity), expresados en  $s^{-1}$  y mPa.s. Así también para las 5 muestras rebajando su concentración y 2 muestras de igual concentración que la muestra 1 y 2. Se programó también los números de puntos que se van a tomar y el tiempo en que se va a tomar cada punto.

#### **5.4 Técnicas de análisis o métodos estadísticos**

Para la caracterización físico química se utilizó el promedio de los datos de cada prueba y para las pruebas reológicas el Software RheoPlus arrojó los datos y las gráficas, así como el modelo reológico.

## VI. RESULTADOS

### 6.1 Resultados de las pruebas fisico quimicas del zumo de quito

#### 6.1.1 Determinación de Humedad

**TABLA N° 6.1: VALORES DE % HUMEDAD**

Fruto mediano	M1	M2	M3	Promedio
% humedad	85,3000	85,3400	85,3500	85,3300

#### 6.1.2 Determinación de pH

**TABLA N° 6.2: VALORES DE pH**

	M1	M2	M3	Promedio
pH	3,1900	3,1800	3,1700	3,1800

#### 6.1.3 Sólidos Solubles

**TABLA N° 6.3: VALORES DE SOLIDOS SOLUBLES**

	M1	M2	M3	Promedio
Sólidos solubles	8,8900	8,8700	8,8800	8,8800

#### 6.1.4 Acidez Titulable

**TABLA N° 6.4: VOLUMEN GASTADO EN LA TITULACIÓN**

	Volumen gastado de Hcl 0.1N
Muestra 1	42,6
Muestra 2	42,3
Muestra 3	42,5

**TABLA N° 6.5: VALORES DE ACIDEZ TITULABLE**

	M1	M2	M3	Promedio
Acidez titulable	2,7300	2,7100	2,7200	2,7200

### 6.1.5 Cenizas

**TABLA 6.6: OBTENCIÓN DE % CENIZAS**

Crisoles	Muestra	Crisol + Muestra final	Residuos	% cenizas
32,9778	2,0328	32,9900	0,0122	0,6004
9,2402	2,0048	9,2523	0,0121	0,6011
10,4587	2,0571	10,4711	0,0124	0,6024
			Promedio	0,6013

### 6.1.6 Determinación de Grasas

**TABLA N° 6.7: VALORES DE % GRASA**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
% Grasas	0,3081	0,3079	0,3074	0,3078

Marca de equipo: VELP SCIENTIFICA. Modelo: UDK-127

### 6.1.7 Determinación de proteínas

**TABLA N° 6.8: VOLUMEN DE CATALIZADORES Y ÁCIDO SULFÚRICO**

	$K_2SO_4$ (g)	$CuSO_4$ (g)	Muestra mL	$H_2SO_4$ mL
Blanco	4,3923	1,5109	5 ml H <sub>2</sub> O	10
Muestra 1	4,0224	1,5370	2,5961	10
Muestra 2	4,0637	1,5719	2,5624	10
Muestra 3	4,0524	1,5424	2,5615	10

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 6.9: VALORES DEL VOLUMEN GASTADO PARA TRITURACIÓN**

	Volumen gastado de HCl 0.1N	Peso de muestra
Blanco	0,052	5 ml
Muestra 1	0,1	2,5981
Muestra 2	0,10	2,5439
Muestra 3	0,10	2,6559

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 6.10: VALORES DE % PROTEÍNAS**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
% Proteína	0,1621	0,1651	0,15814	0,162

Fuente: Elaboración propia

**6.1.8 Determinación de Vitamina C mg/100****TABLA N° 6.11: VOLUMEN DE YODO CONSUMIDO**

Repeticiones	Volumen Gastado	Vitamina C (g/L)	Vitamina C (mg/100)
1	14,6	0,619	61,9
2	14,8	0,628	62,8
3	14,7	0,623	62,3
Promedio	14,7	0,623	62,3

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 6.12: VALORES DE VITAMINA C mg/100**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Vitamina C mg/100	62,2000	62,4000	62,3000	62,3000

Fuente: Elaboración propia

**6.1.9 Determinación de Carbohidratos Totales****TABLA N° 6.13: VALORES DE CARBOHIDRATOS TOTALES**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Carbohidratos totales (%)	13,8068	13,7315	13,7381	13,7588

Fuente: Elaboración propia

### 6.1.10 Determinación del Índice de Madurez

**TABLA N° 6.14: VALORES DE INDICE DE MADUREZ**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Índice de Madurez	3,2721	3,2540	3,2680	3,2647

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 6.15: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO DE LA NARANJITA DE QUITO**

Procedencia : Oxapampa – Perú

Parámetros	M1	M2	M3	Promedio
% Humedad	85,3000	85,3400	85,3500	85,3300
pH	3,1900	3,1800	3,1700	3,1800
Sólidos solubles	8,8900	8,8700	8,8800	8,8800
Acidez titulable	2,7300	2,7100	2,7200	2,7200
% cenizas	0,6004	0,6011	0,6024	0,6013
% grasas	0,3081	0,3079	0,3074	0,3078
% proteínas	0,0162	0,0165	0,0158	0,0172
Vitamina C (mg/100)	62,2000	62,4000	62,3000	62,3000
Carbohidratos totales	13,8068	13,7315	13,7381	13,7588
Índice de madurez	3,2721	3,2540	3,2680	3,2647

Fuente: Elaboración propia

### 6.2 Resultados de las Pruebas reológicas del zumo de la naranjita de quito.

Para las pruebas reológicas, se tomaron seis muestras de zumo del naranjito de quito.

**TABLA N° 6.16: PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DEL ZUMO**

Muestra	Volumen (ml)	Masa (g)	pH
1	20	20,4	3,24
2	17,5	16,8	3,26
3	14	13	3,21
4	49	46,5	3,20
5	30	38,4	3,54
6	41	38,2	3,54

Fuente: Elaboración propia

Se homogenizó las 6 muestras y se determinó el pH 3,10 y la densidad del zumo de 0,86 g/ml esto se empleó para rebajar las concentraciones.

Las concentraciones (g/ml) se prepararon del siguiente modo:

**TABLA N° 6.17: DILUCIONES DE LA CONCENTRACIÓN DEL ZUMO**

Concentración	Masa del jugo de la pulpa (g)	Volumen del agua (ml)	pH
1	20	20	3,34
2	20	40	3,39
3	20	60	3,46
4	20	80	3,54
5	20	100	3,58
6	20	20	3,32
7	20	40	3,40

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.1 Prueba con la muestra Patrón

Se programó nueve puntos y se graficó el esfuerzo de corte vs velocidad de deformación los puntos y requeridos, los datos fueron exportados al Excel y luego para su presentación al Word como se muestra.

**TABLA N° 6.18 : PROGRAMACIÓN DE RHEOLAB QC  
PARA LA MUESTRA PATRÓN**

Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Speed	Torque	Status
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/min]	[µNm]	0

**Data Series Information**

Name: CSS 1  
 Number of Intervals: 1  
 Application: RHEOPLUS/32 V3.62 21007635-33024  
 Device: RheolabQC SN81627929; FW1.26  
 Measuring Date/Time: 01/06/2017; 11:43 a.m.  
 Measuring System: CC27/S-SN38074; d=0 mm

Interval: 1  
 Number of Data Points: 9

Time Setting: 200 Meas. Pts., Reset Strain  
 Meas. Pt. Duration 1 s

Event Control: Standard Mode  
 Terminate test, ...  
 ...if  $d(\gamma)/dt > 100$  1/s

Measuring Profile: Shear Stress  
 tau = 1 ... 100 Pa lin

Meas. Pts.	Shear Rate [1/s]	Shear Stress [Pa]	Viscosity [Pa·s]
1	2.02	1	0.495
2	5.08	1.5	0.295
3	11.7	1.99	0.17
4	18.8	2.49	0.132
5	28.1	2.99	0.107
6	39.2	3.49	0.089
7	51.8	3.98	0.0769
8	66.3	4.48	0.0676
9	82.4	4.98	0.0604

Fuente: Elaboración propia

Se observa un decrecimiento de la viscosidad de la muestra, igualmente la poca cantidad de puntos generó una curva poco definida por lo que se determinó aumentar el número de puntos.

### 6.2.3 Muestra 2

Se programó cien puntos para definir el ajuste de la curva, se imprimió solo los datos reportados mas no la caratula de programación.

**TABLA N° 6.22:**  
**VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE**  
**GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DELA MUESTRA 2**

Meas. Pts.	Shear Rate [1/s]	Shear Stress [Pa]	Viscosity [Pa·s]
Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
1	0	0.434	0
2	1	0.635	0.635
3	2	0.742	0.371
4	3	0.829	0.276
5	4	0.906	0.226
6	5	0.975	0.195
7	6	1.04	0.173
8	7	1.1	0.157
9	8	1.16	0.145
10	9	1.21	0.135
11	10	1.26	0.126
12	11	1.31	0.119
13	12	1.36	0.114
14	13	1.41	0.108
15	14	1.46	0.104
16	15	1.5	0.1
17	16	1.54	0.0964
18	17	1.59	0.0933
19	18	1.63	0.0904
20	19	1.67	0.0877
21	20	1.71	0.0853
22	21	1.75	0.0831
23	22	1.78	0.0811
24	23	1.82	0.0792
25	24	1.86	0.0774
26	25	1.89	0.0758
27	26	1.93	0.0742
28	27	1.97	0.0728
29	28	2	0.0714
30	29	2.03	0.0702

31			
32	30	2.07	0.069
33	31	2.1	0.0678
34	32	2.14	0.0667
35	33	2.17	0.0657
36	34	2.2	0.0647
37	35	2.23	0.0638
38	36	2.26	0.0629
39	37	2.29	0.062
40	38	2.33	0.0612
41	39	2.36	0.0604
42	40	2.39	0.0597
43	41	2.42	0.0589
44	42	2.45	0.0582
45	43	2.48	0.0576
46	44	2.5	0.0569
47	45	2.53	0.0563
48	46	2.56	0.0557
49	47	2.59	0.0551
50	48	2.62	0.0546
51	49	2.65	0.054
52	50	2.67	0.0535
53	51	2.7	0.053
54	52	2.73	0.0525
55	53	2.76	0.052
56	54	2.78	0.0515
57	55	2.81	0.0511
58	56	2.84	0.0507
59	57	2.86	0.0502
60	58	2.89	0.0498
	59	2.92	0.0494

El programa graficó los datos y realizó el ajuste necesario, arrojando los parámetros para el modelo reológico de Herschel-Bulkey, con  $\tau_0=0,43449\text{Pa}$  y  $b=0,20028$  y  $\rho=0,61718$ . La viscosidad es decreciente con la velocidad de deformación.

#### 6.2.4 Muestra 3

Se programó cien puntos para definir el ajuste de la curva.

**TABLA N° 6.23: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 3**

Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
1	0	0.499	0
2	1	0.682	0.682
3	2	0.784	0.392
4	3	0.869	0.29
5	4	0.943	0.236
6	5	1.01	0.202
7	6	1.07	0.179
8	7	1.13	0.162
9	8	1.19	0.149
10	9	1.24	0.138
11	10	1.3	0.13
12	11	1.35	0.122
13	12	1.39	0.116
14	13	1.44	0.111
15	14	1.49	0.106
16	15	1.53	0.102
17	16	1.58	0.0985
18	17	1.62	0.0952
19	18	1.66	0.0922
20	19	1.7	0.0895
21	20	1.74	0.087
22	21	1.78	0.0847
23	22	1.82	0.0826
24	23	1.86	0.0807
25	24	1.89	0.0789
26	25	1.93	0.0772
27	26	1.97	0.0756
28	27	2	0.0742
29	28	2.04	0.0728
30	29	2.07	0.0715

31	30	2.11	0.0702
32	31	2.14	0.0691
33	32	2.17	0.068
34	33	2.21	0.0669
35	34	2.24	0.0659
36	35	2.27	0.0649
37	36	2.31	0.064
38	37	2.34	0.0632
39	38	2.37	0.0623
40	39	2.4	0.0615
41	40	2.43	0.0608
42	41	2.46	0.06
43	42	2.49	0.0593
44	43	2.52	0.0587
45	44	2.55	0.058
46	45	2.58	0.0574
47	46	2.61	0.0568
48	47	2.64	0.0562
49	48	2.67	0.0556
50	49	2.7	0.0551
51	50	2.73	0.0545
52	51	2.76	0.054
53	52	2.78	0.0535
54	53	2.81	0.053
55	54	2.84	0.0526
56	55	2.87	0.0521
57	56	2.89	0.0517
58	57	2.92	0.0513
59	58	2.95	0.0508
60	59	2.98	0.0504
61	60	3	0.05
62	61	3.03	0.0496
63	62	3.05	0.0493
64	63	3.08	0.0489
65	64	3.11	0.0486
66	65	3.13	0.0482
67	66	3.16	0.0479
68	67	3.18	0.0475
69	68	3.21	0.0472
70	69	3.24	0.0469

El programa graficó los datos y realizó el ajuste necesario, arrojando los parámetros para modelo reológico de Herschel-Bulkey, con  $\tau_0=0,49915\text{Pa}$  y  $b=0,18324$  y  $\rho=0,63854$ . los valores de viscosidad son decreciente con respecto a la velocidad de deformación.

#### 6.2.5 Muestra 4

Se programó cien puntos para definir el ajuste de la curva.

**TABLA N° 6.24: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 4**

Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
1	0	0.587	0
2	1	0.864	0.864
3	2	0.994	0.497
4	3	1.1	0.366
5	4	1.19	0.296
6	5	1.26	0.253
7	6	1.34	0.223
8	7	1.4	0.2
9	8	1.47	0.183
10	9	1.53	0.17
11	10	1.58	0.158
12	11	1.64	0.149
13	12	1.69	0.141
14	13	1.74	0.134
15	14	1.79	0.128
16	15	1.83	0.122
17	16	1.88	0.118
18	17	1.92	0.113
19	18	1.97	0.109
20	19	2.01	0.106
21	20	2.05	0.103
22	21	2.09	0.0996
23	22	2.13	0.0969
24	23	2.17	0.0943
25	24	2.21	0.092
26	25	2.24	0.0898
27	26	2.28	0.0877
28	27	2.32	0.0858
29	28	2.35	0.084
30	29	2.39	0.0823

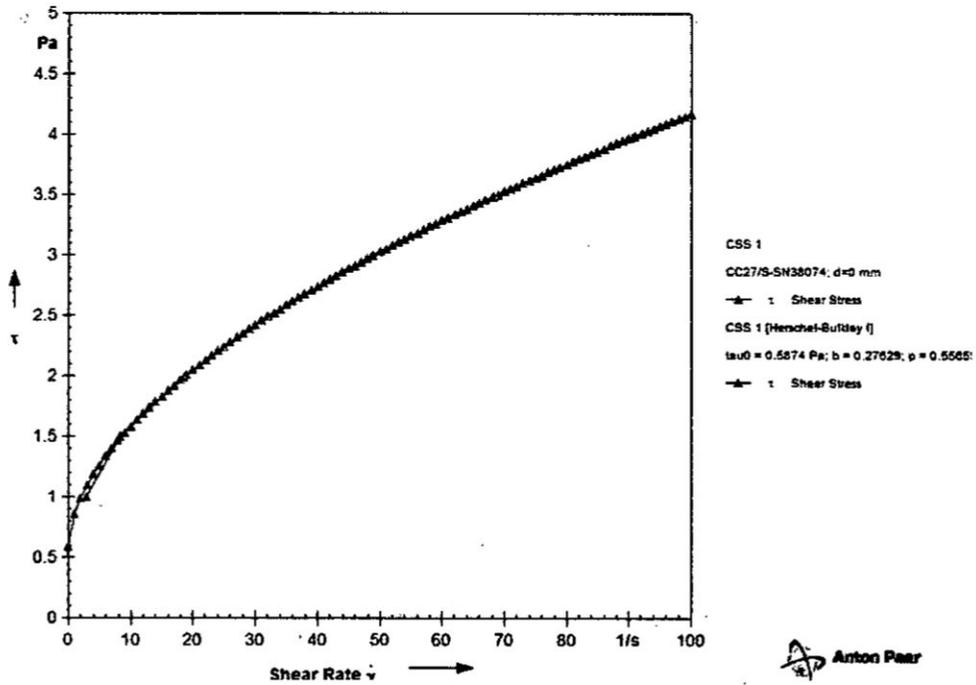
31	30	2.42	0.0807
32	31	2.46	0.0792
33	32	2.49	0.0778
34	33	2.52	0.0764
35	34	2.55	0.0751
36	35	2.59	0.0739
37	36	2.62	0.0727
38	37	2.65	0.0716
39	38	2.68	0.0705
40	39	2.71	0.0695
41	40	2.74	0.0685
42	41	2.77	0.0676
43	42	2.8	0.0667
44	43	2.83	0.0658
45	44	2.86	0.0649
46	45	2.89	0.0641
47	46	2.91	0.0634
48	47	2.94	0.0626
49	48	2.97	0.0619
50	49	3	0.0612
51	50	3.03	0.0605
52	51	3.05	0.0598
53	52	3.08	0.0592
54	53	3.11	0.0586
55	54	3.13	0.058
56	55	3.16	0.0574
57	56	3.18	0.0569
58	57	3.21	0.0563
59	58	3.24	0.0558
60	59	3.26	0.0553
61	60	3.29	0.0548
62	61	3.31	0.0543
63	62	3.34	0.0538
64	63	3.36	0.0533
65	64	3.38	0.0529
66	65	3.41	0.0524
67	66	3.43	0.052
68	67	3.46	0.0516
69	68	3.48	0.0512
70	69	3.5	0.0508

71	70	3.53	0.0504
72	71	3.55	0.05
73	72	3.57	0.0496
74	73	3.6	0.0493
75	74	3.62	0.0489
76	75	3.64	0.0486
77	76	3.66	0.0482
78	77	3.69	0.0479
79	78	3.71	0.0476
80	79	3.73	0.0472
81	80	3.75	0.0469
82	81	3.78	0.0466
83	82	3.8	0.0463
84	83	3.82	0.046
85	84	3.84	0.0457
86	85	3.86	0.0454
87	86	3.88	0.0452
88	87	3.91	0.0449
89	88	3.93	0.0446
90	89	3.95	0.0444
91	90	3.97	0.0441
92	91	3.99	0.0438
93	92	4.01	0.0436
94	93	4.03	0.0433
95	94	4.05	0.0431
96	95	4.07	0.0429
97	96	4.09	0.0426
98	97	4.11	0.0424
99	98	4.13	0.0422
100	99	4.15	0.0419

Fuente: Elaboración propia

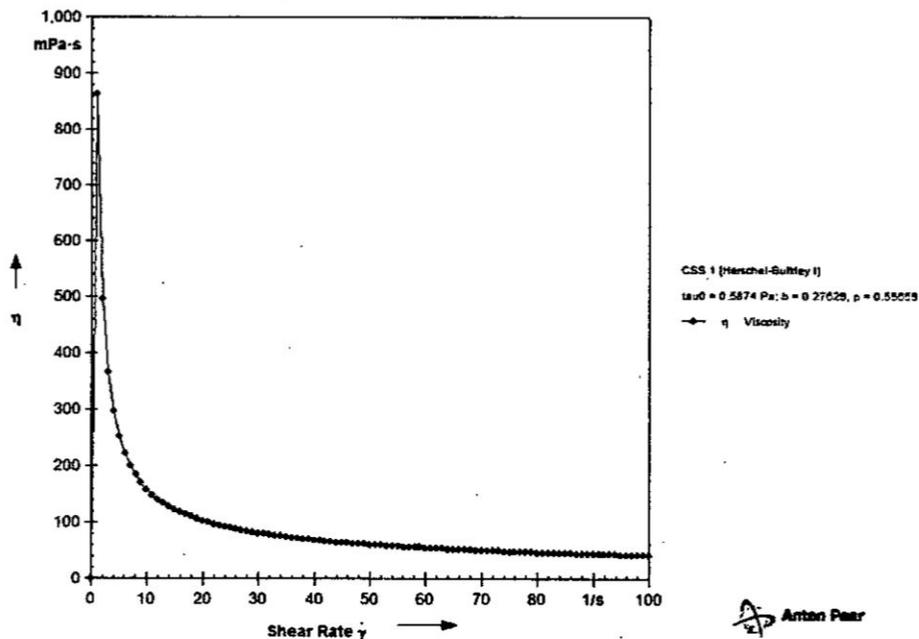
*DM*

**GRÁFICO 6.9 : ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 4**



Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 6.10 : VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 4**



Fuente: Elaboración propia

El programa graficó los datos y realizó el ajuste necesario, arrojando los parámetros para el modelo reológico de Herschel-Bulkey, con  $\tau_0=0,5874\text{Pa}$  y  $b=0,27629$  y  $\rho=0,055659$ , los valores de viscosidad son decreciente con respecto a la velocidad de deformación.

### 6.2.6 Muestra 5

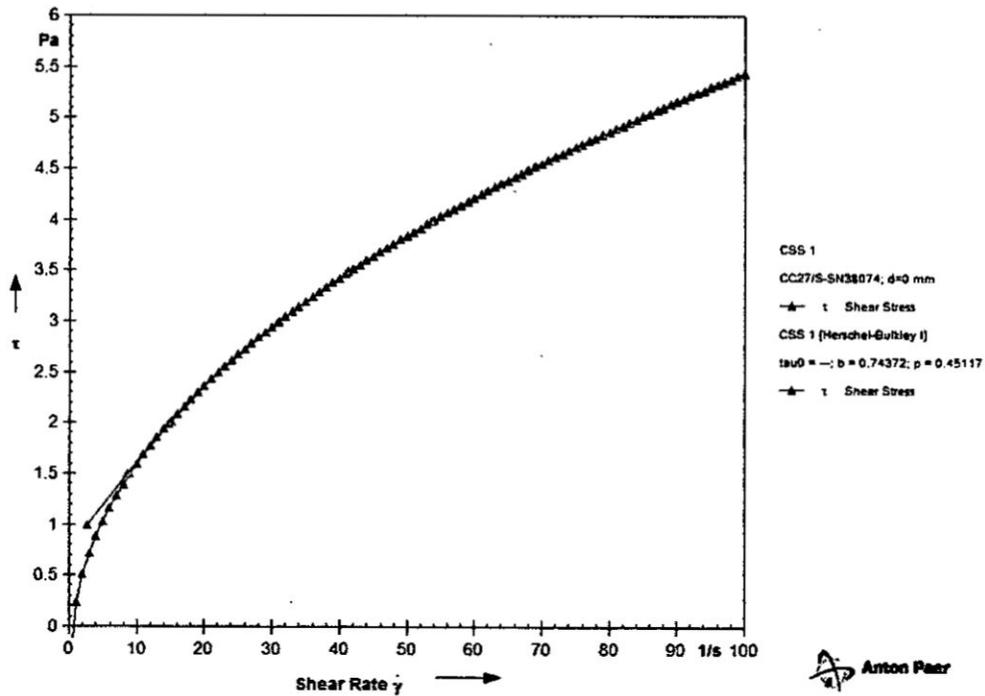
Se programó 94 puntos para definir el ajuste de la curva.

**TABLA N° 6.25: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 5**

Meas. Pts.	Shear Rate [1/s]	Shear Stress [Pa]	Viscosity [Pa·s]
Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
1	0	-0.505	0
2	1	0.239	0.239
3	2	0.512	0.256
4	3	0.716	0.239
5	4	0.885	0.221
6	5	1.03	0.206
7	6	1.16	0.194
8	7	1.28	0.183
9	8	1.4	0.174
10	9	1.5	0.167
11	10	1.6	0.16
12	11	1.69	0.154
13	12	1.78	0.148
14	13	1.86	0.143
15	14	1.94	0.139
16	15	2.02	0.135
17	16	2.09	0.131
18	17	2.17	0.127
19	18	2.24	0.124
20	19	2.3	0.121
21	20	2.37	0.118
22	21	2.43	0.116
23	22	2.49	0.113
24	23	2.56	0.111
25	24	2.61	0.109
26	25	2.67	0.107
27	26	2.73	0.105
28	27	2.79	0.103
29	28	2.84	0.101
30	29	2.89	0.0998

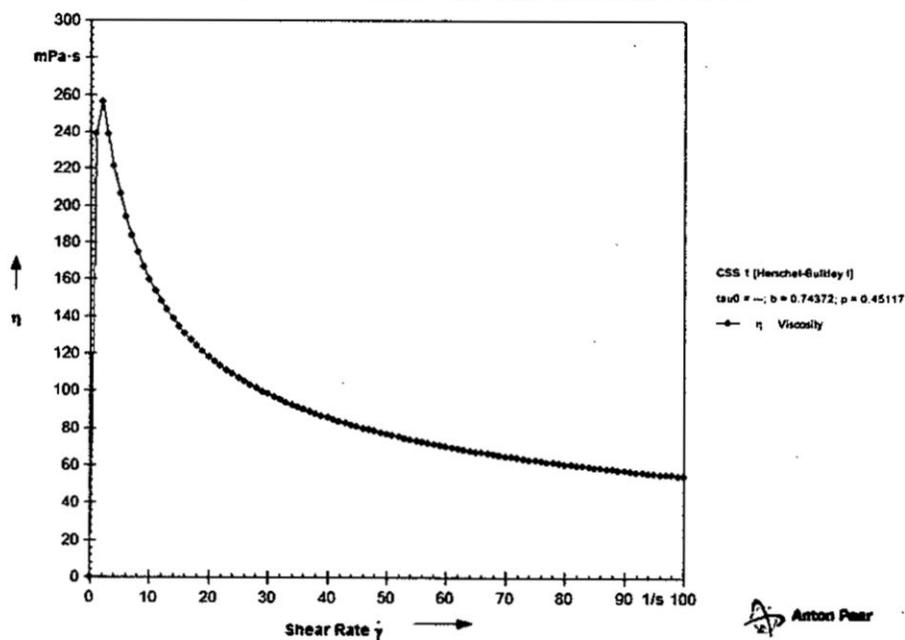
31	30	2.95	0.0982
32	31	3	0.0967
33	32	3.05	0.0952
34	33	3.1	0.0938
35	34	3.15	0.0925
36	35	3.19	0.0913
37	36	3.24	0.09
38	37	3.29	0.0889
39	38	3.33	0.0877
40	39	3.38	0.0866
41	40	3.42	0.0856
42	41	3.47	0.0846
43	42	3.51	0.0836
44	43	3.55	0.0826
45	44	3.6	0.0817
46	45	3.64	0.0808
47	46	3.68	0.08
48	47	3.72	0.0791
49	48	3.76	0.0783
50	49	3.8	0.0776
51	50	3.84	0.0768
52	51	3.88	0.0761
53	52	3.92	0.0753
54	53	3.96	0.0746
55	54	3.99	0.0739
56	55	4.03	0.0733
57	56	4.07	0.0726
58	57	4.1	0.072
59	58	4.14	0.0714
60	59	4.18	0.0708
61	60	4.21	0.0702
62	61	4.25	0.0696

**GRÁFICO 6.11: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 5**



Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 6.12 : VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 5**



Fuente: Elaboración propia

El programa grafica los datos y realiza el ajuste necesario, arrojando los parámetros para el modelo Herschel-Bulkey, con  $\tau_0=0$  Pa y  $b=0,74372$  y  $\rho=0,45117$ , los valores de viscosidad son decreciente con respecto a la velocidad de deformación.

### 6.2.7 Muestra 6

Se programó cien puntos para definir el ajuste de la curva.

**TABLA N° 6.26: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 6**

Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
1	0	0.706	0
2	1	0.958	0.958
3	2	1.08	0.542
4	3	1.19	0.396
5	4	1.28	0.319
6	5	1.36	0.271
7	6	1.43	0.238
8	7	1.5	0.214
9	8	1.56	0.195
10	9	1.62	0.18

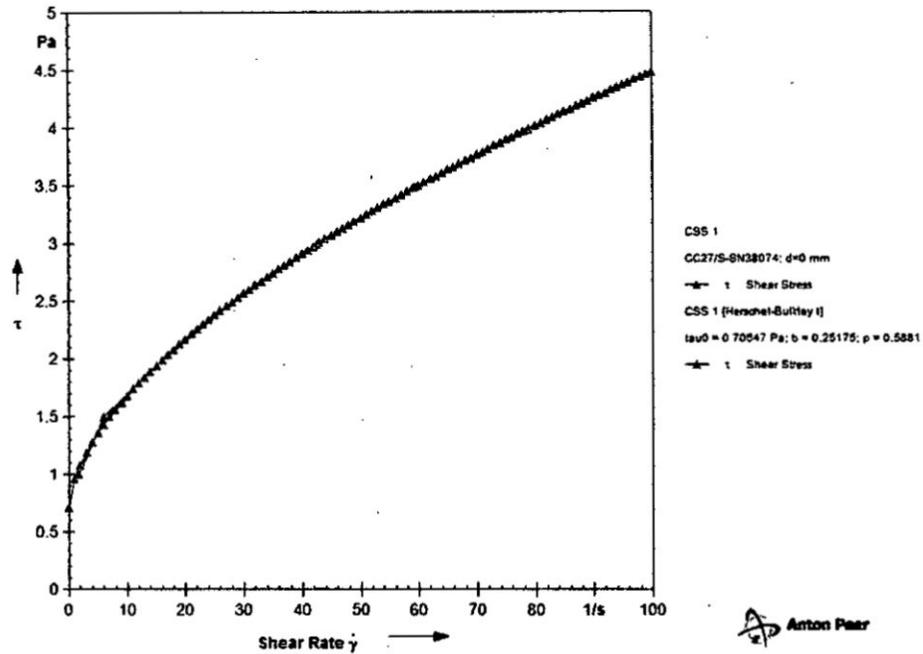
11	10	1.68	0.168
12	11	1.74	0.158
13	12	1.79	0.149
14	13	1.84	0.142
15	14	1.89	0.135
16	15	1.94	0.13
17	16	1.99	0.125
18	17	2.04	0.12
19	18	2.08	0.116
20	19	2.13	0.112
21	20	2.17	0.109
22	21	2.22	0.105
23	22	2.26	0.103
24	23	2.3	0.0999
25	24	2.34	0.0974
26	25	2.38	0.0951
27	26	2.42	0.093
28	27	2.46	0.0909
29	28	2.49	0.089
30	29	2.53	0.0873
31	30	2.57	0.0856
32	31	2.6	0.084
33	32	2.64	0.0825
34	33	2.67	0.081
35	34	2.71	0.0797
36	35	2.74	0.0784
37	36	2.78	0.0772
38	37	2.81	0.076
39	38	2.84	0.0749
40	39	2.88	0.0738
41	40	2.91	0.0728
42	41	2.94	0.0718
43	42	2.97	0.0708
44	43	3.01	0.0699
45	44	3.04	0.069
46	45	3.07	0.0682
47	46	3.1	0.0674
48	47	3.13	0.0666
49	48	3.16	0.0658
50	49	3.19	0.0651
51	50	3.22	0.0644
52	51	3.25	0.0637
53	52	3.28	0.063
54	53	3.31	0.0624
55	54	3.34	0.0618

*24*

56	55	3.36	0.0612
57	56	3.39	0.0606
58	57	3.42	0.06
59	58	3.45	0.0595
60	59	3.48	0.0589
61	60	3.5	0.0584
62	61	3.53	0.0579
63	62	3.56	0.0574
64	63	3.58	0.0569
65	64	3.61	0.0564
66	65	3.64	0.056
67	66	3.66	0.0555
68	67	3.69	0.0551
69	68	3.72	0.0547
70	69	3.74	0.0542
71	70	3.77	0.0538
72	71	3.79	0.0534
73	72	3.82	0.0531
74	73	3.85	0.0527
75	74	3.87	0.0523
76	75	3.9	0.0519
77	76	3.92	0.0516
78	77	3.95	0.0512
79	78	3.97	0.0509
80	79	3.99	0.0506
81	80	4.02	0.0502
82	81	4.04	0.0499
83	82	4.07	0.0496
84	83	4.09	0.0493
85	84	4.12	0.049
86	85	4.14	0.0487
87	86	4.16	0.0484
88	87	4.19	0.0481
89	88	4.21	0.0478
90	89	4.23	0.0476
91	90	4.26	0.0473
92	91	4.28	0.047
93	92	4.3	0.0468

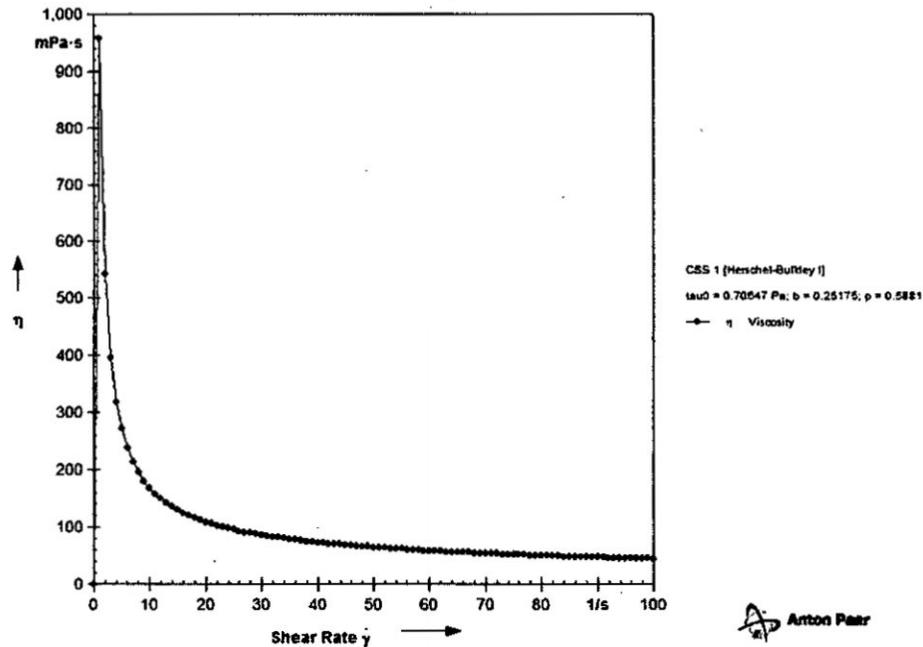
Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO 6.13: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 6**



Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 6.14 : VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 6**



Fuente: Elaboración propia

*[Handwritten signature]*

El programa grafica los datos y realiza el ajuste necesario, arrojando los parámetros para el modelo Herschel-Bulkey, con  $\tau_0=0,070647$  Pa y  $b=0,25175$  y  $\rho=0,5881$ , los valores de viscosidad son decreciente con respecto a la velocidad de deformación.

### 6.2.8 Muestra 7

Se programó cien puntos para definir el ajuste de la curva.

**TABLA N° 6.27: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 7**

Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress
	[1/s]	[Pa]
Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress
	[1/s]	[Pa]
1	0	0.647
2	1	0.834
3	2	0.936
4	3	1.02
5	4	1.1
6	5	1.16
7	6	1.23
8	7	1.29
9	8	1.34
10	9	1.4
11	10	1.45
12	11	1.5
13	12	1.55
14	13	1.59
15	14	1.64
16	15	1.68
17	16	1.72
18	17	1.77
19	18	1.81
20	19	1.85
21	20	1.89
22	21	1.93
23	22	1.97
24	23	2
25	24	2.04
26	25	2.08
27	26	2.11
28	27	2.15
29	28	2.18
30	29	2.22

31	30	2.25	0.075
32	31	2.28	0.0737
33	32	2.32	0.0724
34	33	2.35	0.0712
35	34	2.38	0.0701
36	35	2.42	0.069
37	36	2.45	0.068
38	37	2.48	0.067
39	38	2.51	0.066
40	39	2.54	0.0651
41	40	2.57	0.0643
42	41	2.6	0.0634
43	42	2.63	0.0627
44	43	2.66	0.0619
45	44	2.69	0.0612
46	45	2.72	0.0604
47	46	2.75	0.0598
48	47	2.78	0.0591
49	48	2.81	0.0585
50	49	2.83	0.0579
51	50	2.86	0.0573
52	51	2.89	0.0567
53	52	2.92	0.0561
54	53	2.95	0.0556
55	54	2.97	0.0551
56	55	3	0.0546
57	56	3.03	0.0541
58	57	3.05	0.0536
59	58	3.08	0.0531
60	59	3.11	0.0527
61	60	3.13	0.0522
62	61	3.16	0.0518
63	62	3.19	0.0514
64	63	3.21	0.051
65	64	3.24	0.0506
66	65	3.26	0.0502
67	66	3.29	0.0498
68	67	3.31	0.0495
69	68	3.34	0.0491
70	69	3.36	0.0487
71	70	3.39	0.0484
72	71	3.41	0.0481
73	72	3.44	0.0477
74	73	3.46	0.0474
75	74	3.49	0.0471

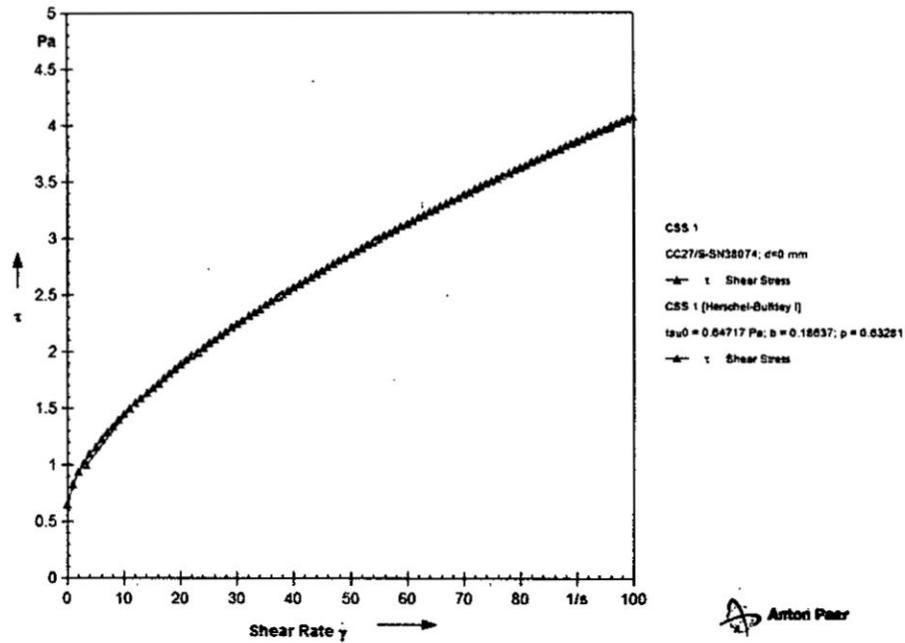
*DM*

76	75	3.51	0.0468
77	76	3.53	0.0465
78	77	3.56	0.0462
79	78	3.58	0.0459
80	79	3.61	0.0457
81	80	3.63	0.0454
82	81	3.65	0.0451
83	82	3.68	0.0448
84	83	3.7	0.0446
85	84	3.72	0.0443
86	85	3.75	0.0441
87	86	3.77	0.0438
88	87	3.79	0.0436
89	88	3.82	0.0434
90	89	3.84	0.0431
91	90	3.86	0.0429
92	91	3.88	0.0427
93	92	3.91	0.0425
94	93	3.93	0.0422
95	94	3.95	0.042
96	95	3.97	0.0418
97	96	4	0.0416
98	97	4.02	0.0414
99	98	4.04	0.0412
100	99	4.06	0.041

Fuente: Elaboración propia

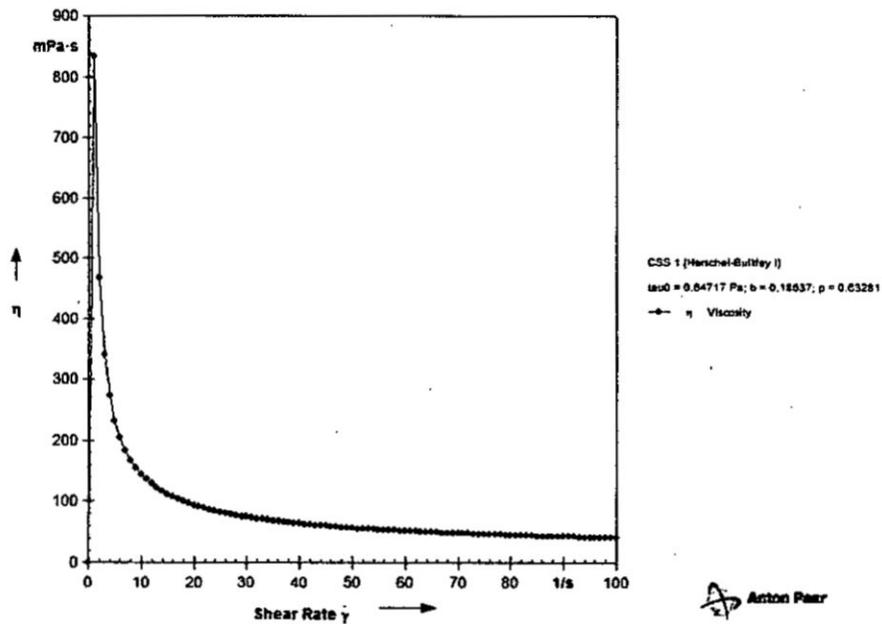


**GRÁFICO 6.15: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 7**



Fuente: Elaboración propia

**RÁFICO N° 6.16 : VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 7**



Fuente: Elaboración propia

*[Handwritten signature]*

El programa grafica los datos y realiza el ajuste necesario, arrojando los parámetros para cada modelo, el modelo mostrado es Herschel-Bulkey, con  $\tau_0=0,64717$  Pa y  $b=0,18637$  y  $\rho=0,63281$ , los valores de viscosidad son decreciente con respecto a la velocidad de deformación.

**TABLA N° 6.28: COMPARACIÓN DE VALORES OBTENIDOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS, CON LOS VALORES DE DIFERENTES FUENTES**

Parámetros	Naranjita de quito de Oxapampa	Análisis de frutas frescas en Colombia y Ecuador (Tabla N° 4.1)	Portal: <a href="http://www.deperu.com">www.deperu.com</a> (Tabla N° 4.2)	Wilcaso 2007 (Tabla N° 4.3)	Caicedo 2012 (Tabla N° 4.4) citado por Wilcaso
% Humedad	85,3300	85,8 – 92,5	91,6	91,2 – 90,18 – 85,88 (según variedad)	85,8 – 92,5
pH	3,1800				2,72
Sólidos solubles	8,8800			5,7 – 5 y 6 (según variedad)	9,6
% Acidez titulable	2,7200			2,22 – 1,56 – 0,99 (según variedad)	2,51
% cenizas	0,6013	0,61 – 0,8		0,52 – 0,51 – 0,82 (según variedad)	
% grasas	0,3078	0,1 – 0,24	0,1		0,1 – 0,24
% proteínas	0,1720	0,107 – 0,6	0,7	0,41 – 0,66 – 1,31 (según variedad)	0,107 – 0,6
Vitamina C (mg/100)	62,3000	31,2 – 83,7	65	83,5 – 83,7 (según variedad)	31,20 – 83,7
Carbohidratos totales (g)	13,7588	5,7	6,8		5,7
Índice de madurez	3,2647				

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 6.29: CARACTERIZACION REOLÓGICA DEL ZUMO DE NARANJITO DE QUITO A DIFERENTES CONCENTRACIONES.**

N°	Concentración Relación: peso del zumo / volumen de agua	Masa del jugo de la pulpa (g)	Volumen del agua (ml)	pH	Modelo reológico
Patrón	1	20	0	3,10	Bingham
1	1/1	20	20	3,34	Ostwald
2	1/2	20	40	3,39	Herschel- Bulkey,
3	1/3	20	60	3,46	Herschel- Bulkey,
4	1/4	20	80	3,54	Herschel- Bulkey,
5	1/5	20	100	3,58	Herschel- Bulkey,
6	1/1	20	20	3,32	Herschel- Bulkey,
7	1/2	20	40	3,40	Herschel- Bulkey,

Fuente : Elaboración propia

**TABLA N° 6.30: VALORES DE LOS PARÁMETROS QUE DEFINEN EL COMPORTAMIENTO DEL ZUMO DE LA NARANJITO DE QUITO**

Muestra	$\tau_0$	K	n
2	0,43449	0,20028	0,61718
3	0,49915	0,18324	0,63854
4	0,5874	0,27629	0,55659
5	0	0,74372	0,45117
6	0,70647	0,25175	0,58810
7	0,64717	0,18637	0,63281

$\tau_0$  = umbral de fluencia

K = índice de consistencia de flujo

n = índice de comportamiento al flujo.

## VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las características físico-químicas del zumo de naranjilla se han realizado en el Laboratorio del Instituto de Especializado en Agroindustria. Los valores obtenidos serán comparados con los datos de las tablas de valor nutricional de algunos autores que han trabajado con la naranjilla capítulo IV, página 37.

En la tabla N° 6.28, las características físico químicas obtenidas en la investigación con el fruto de procedencia de Oxapampa – Perú, se comparan con los datos reportados en los diferentes trabajos. En el caso de la humedad, el valor obtenido está dentro del rango de 85 a 91,6%, siendo el valor obtenido 85,33%. Con respecto a los sólidos solubles se reportan valores entre 5% y 9,6%, el valor obtenido es 8,8800. Respecto al % acidez se reportan valores entre 0,9% a 2,51%, el valor obtenido es 2,72%, no se encontró gran diferencia. Respecto al % de cenizas se reportan valores entre 0,51% a 0,82%, el valor obtenido es 0,6013%. En el análisis del % grasas se reportan valores entre 0,1% a 0,24%, el valor obtenido es 0,3078% se observó una ligera diferencia. Respecto a la proteína analizada se encontraron valores en el rango de 0,41% a 0,60%, el valor obtenido para nuestra muestra es 0,1720%. En el análisis de la vitamina C se encontró valores reportados entre 31,20mg – 83,7mg, el valor obtenido para nuestra muestra es 62,3000mg. En el análisis de carbohidratos totales se reportan valores entre 5,7g y 6,8g, el valor obtenido es 13,7588g. No se encontró reportes de índice de madures en las tablas de otros autores sin embargo el valor obtenido 3,2647 es decir es un fruto maduro.

En cuanto al peso del fruto se reporta un valor de 109,5g, (Caicedo 2012), sin embargo en las pruebas realizadas se encontró un valor promedio de 101g. Caicedo reporta un % de pulpa de 58,8%, de cáscaras 24,7% y

semillas 16,4%. En las pruebas realizadas se encontró zumo: 58,73%; cáscara 26,07% y pepas 15,18%.

Los resultados obtenidos para las pruebas reológicas no se pueden comparar con otros estudios porque no se han encontrado reportes en la bibliografía de trabajos realizados con el reómetro RheoLabQC.

Según tabla N° 6.29 para la muestra patrón del zumo se obtuvo un modelo de Bingham que obedece al comportamiento de un fluido plástico por la cantidad de sólidos en su estructura. Tiene dos parámetros: el esfuerzo de cedencia ( $\tau_0$ ) y una viscosidad plástica ( $\mu_0$ ), la ecuación correspondiente es:

$$\tau = -\mu_0 \dot{\gamma} \pm \tau_0$$

$$\tau_0 = 1,5988 \text{ Pa} \quad \mu_0 = 0,0443 \text{ Pa.s}$$

Para la muestra 1 se obtuvo un modelo de Oswald este modelo sirve para describir el comportamiento de fluidos seudoplásticos y dilatantes. Tiene dos parámetros, conocidos como índice de consistencia de flujo (K) y un índice de comportamiento de flujo (n) la ecuación correspondiente es:

$$\tau = -K|\dot{\gamma}|^{n-1} (\dot{\gamma})$$

$$K=0,3855, \quad n=0,51153.$$

En la tabla 6.30 se observó que de la muestra 2 a la muestra 7 se obtuvo el modelo reológico de Herschel-Bulkey, que obedece al comportamiento de un fluido seudoplástico, la ecuación correspondiente para la curva es:

La ecuación Herschel-Bulkey,

$$\tau = \tau_0 + K_H \dot{\gamma}^n$$

Los parámetros hallados para este modelo se expresan en la Tabla N° 7.3. Se concluye que para el zumo puro de la naranjita de Quito el comportamiento es plástico de Bingham y para la primera dilución es plástico y para las otras diluciones seudoplástico, según valores de los parámetros vemos que el modelo cambia con la concentración del zumo, con la cual se aprueba la hipótesis respecto a su comportamiento de fluido pseudoplástico.

## VIII.- REFERENCIALES

- ACOSTA, O., Pérez, A. M., & y Vaillant, F. (2009). Chemical characterization, antioxidant properties, and volátil constituents of naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) cultivated in Costa Rica. *Latinoam. Nutr.*, 88 - 94.
- ABAD ALVAREZ, M. (2008). "Potencial antioxidante de zumos de frutas nativas del Ecuador" Cuenca: Universidad del Azuay.
- CAICEDO, D. (1999). "Manejo integrado del cultivo. Ibagué: Tecnimpresos".
- CAICEDO ALMEYDA, Rodrigo Andrés (2012) "Diseño de una Planta Agroindustrial destinada a la elaboración de productos a base de naranjilla (*Solanum quitoense* var.verde) en la provincia de Pichincha", facultad de ingeniería ciencias agropecuarias, tesis para obtener el título de ingeniero agroindustrial y de alimentos.
- GARZA GARZA, Salvador (1998) "Caracterización reológica y microbiológica, y cinéticas de deterioro en cremogenado de melocotón" Salamanca – España.
- IBARZ, A. (2006). "Aspectos reológicos de zumo y purés de fruta. Revista de tecnología e higiene de los alimentos".
- IBARZ, A., & Peleg, M. (1993). "Reología de alimentos fluidos. ResearchGate". 89p.
- JAVIER, N. (2014). Elaboracion y evaluacion reologica de meremelada de piña (*Ananas comusus*). Tingo Maria : Universidad Nacional Agraria de la selva. ivars. Brasilia: J Sci Food Agríe.
- HERNÁNDEZ, J., Woyzechowsky, L., Aldana, A., & Sanabria, N. (2015). Caracterización reológica de pulpa de naranja. Caracas: Universidad Simón Bolívar.

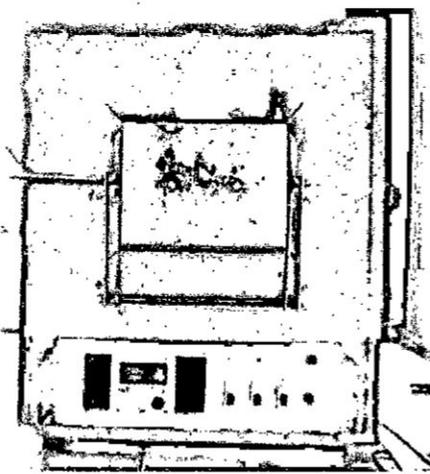
- MÁRQUEZ CARDOZO, Carlos Julio. (2009). Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ciencias Agronómicas – Sede Medellín “Caracterización Fisiológica, Físico-Química, Reológica, Nutraceútica, Estructural y Sensorial de la Guanábana (*Annona muricata* L. cv. ELITA) Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Doctor en Ciencias.
- MEJÍA, C. M., & Gaviria, D. A. (2012). Physicochemical characterization of the lulo (*Solanum quitoense* Lam.).
- MORTON, J. (1987). Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam). Miami: Dowling,.
- PINTO BOCANCHO, Santiago Paúl (2015) “Estudio de Factibilidad para la instalación de una Planta Artesanal Procesadora de la Naranjilla (*Solanum quitoense* lam.), producida por Agricultores de la Parroquia Río Verde, provincia Tungurahua” Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia en Ingeniería en Alimentos de Ecuador.
- RÍOS, G. (2004). Zonificación, caracterización y tipificación de los sistemas de producción de lulo (*Solanum quitoense*).
- RUIZ, Y., SÁNCHEZ, J., HERNÁNDEZ, E., AULEDA, J., & RAVENTOS, M. (2009) Viscosidad de zumos de manzana y melocotón y soluciones de sacarosa en el intervalo 4°C a -6°C. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia .
- STROSHINE, R. (1999). Physical properties of agricultural materials and food products. Purdue University., 152.
- TAMAYO, A. e. (2001). Frutales de clima frio moderado. Rionegro: Cartilla divulgativa.
- TORRES, T. S. (2012). Proteomic analisis ob banana fruit reveals proteins that are differentially accumulated during ripening. Postharvest Biol. Technol.
- VALERO U., C. y. (1996). Técnicas de medida de la calidad de frutas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

YUPANQYU LÓPEZ, Pedro Virgilio (2017). "Estudio de Factibilidad para la Instalación de una Planta Procesadora de Quito Quito (*Solanum quitoense*) en el sector Acuzazú del distrito de Oxapampa. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

#### **PÁGINAS DE INTERNET**

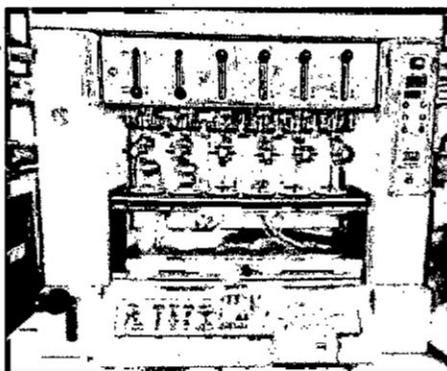
- [http://www.sabelotodo.org/agricultura /frutales/naranjilla.html](http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html)
- [www.deperu.com/abc/frutas/5306/la-naranjilla](http://www.deperu.com/abc/frutas/5306/la-naranjilla)
- <http://jardin-mundani.blogspot.pe>).

**FOTO 5.4: MUFLA ESZTERGOM**



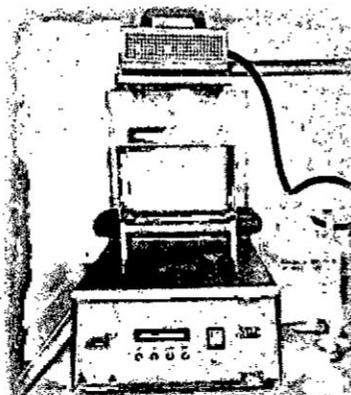
Fuente: Elaboración propia

**FOTO N° 5.5 : EXTRACTOR VELT SOXHLET.**



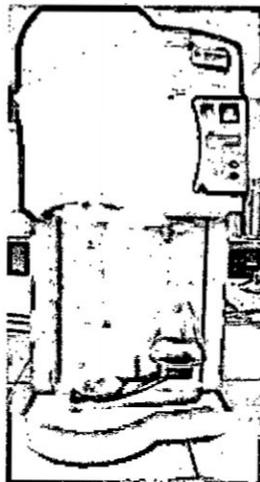
Fuente: Elaboración propia

**FOTO N° 5.6: DIGESTOR VELD SCIENTIFICA**



Fuente: Elaboración propia

**FOTO N° 5.7: DESTILADOR VLP SCIENTIFICA**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO 5.8: RECEPCIÓN DE LA NARANJITA DE QUITO PARA LA CARACTERIZACIÓN**



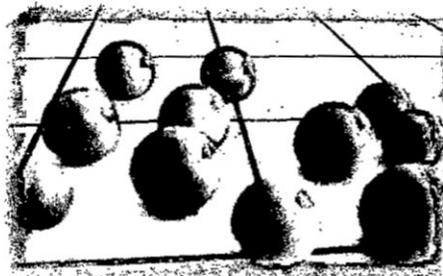
**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.9 : EXTRACCIÓN DEL ZUMO DE LA NARANJITA**



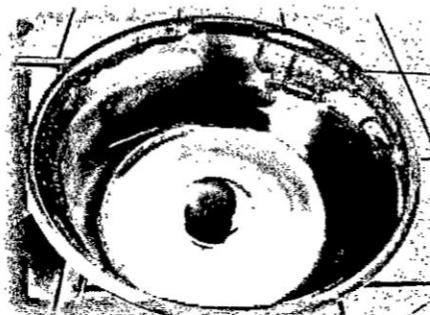
**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.10**  
**RECEPCIÓN Y CLASIFICACIÓN**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.11: LAVADO**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.12: PELADO**



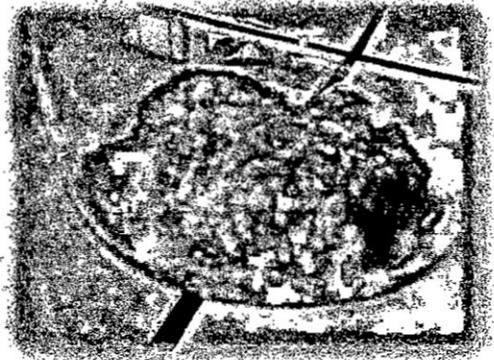
**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.13: CORTE**



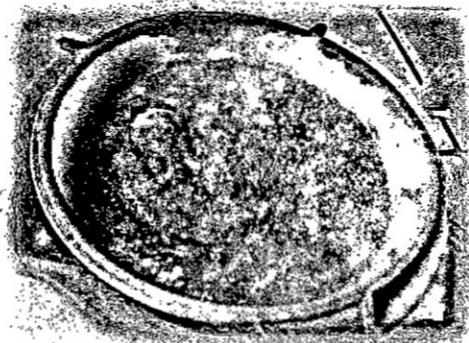
**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.14: MOLIENDA**



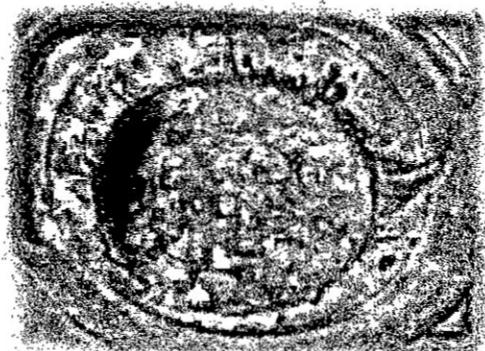
**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.15: TAMIZADO**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.16: OBTENCIÓN DEL  
ZUMO**



**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 6.8: VOLUMEN DE CATALIZADORES Y ÁCIDO SULFÚRICO**

	$K_2SO_4$ (g)	$CuSO_4$ (g)	Muestra mL	$H_2SO_4$ mL
Blanco	4,3923	1,5109	5 ml H <sub>2</sub> O	10
Muestra 1	4,0224	1,5370	2,5961	10
Muestra 2	4,0637	1,5719	2,5624	10
Muestra 3	4,0524	1,5424	2,5615	10

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 6.9: VALORES DEL VOLUMEN GASTADO PARA TRITURACIÓN**

	Volumen gastado de HCl 0.1N	Peso de muestra
Blanco	0,052	5 ml
Muestra 1	0,1	2,5981
Muestra 2	0,10	2,5439
Muestra 3	0,10	2,6559

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 6.10: VALORES DE % PROTEÍNAS**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
% Proteína	0,1621	0,1651	0,15814	0,162

Fuente: Elaboración propia

## X. ANEXOS

- ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA
- ANEXO 2: FIGURA N° 4.1, FIGURA N° 4.2
- ANEXO 3: FIGURA N° 4.3, FIGURA N° 4.4, FIGURA N° 4.5
- ANEXO 4: FIGURA N° 4.6, FIGURA N° 4.7, FIGURA N° 4.8
- ANEXO 5: FIGURA N° 4.9, FIGURA N° 4.10, FIGURA N° 4.11
- ANEXO 6: FIGURA N° 4.12, FIGURA N° 4.13, FIGURA N° 4.14
- ANEXO 7: FIGURA N° 4.15 TABLA N° 4.1
- ANEXO 8: TABLA N° 4.2, FIGURA N° 4.3
- ANEXO 9: TABLA N° 4.4, TABLA N° 4.5
- ANEXO 10: TABLA N° 4.6
- ANEXO 11: TABLA N° 4.7



## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cómo será la caracterización físico química y el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita del quito ( <i>Solanum quitoense</i> ) a diferentes temperaturas y concentraciones?	Determinar la caracterización físico química y el comportamiento reológico del zumo(jugo) de naranjita de quito ( <i>Solanum quitoense</i> ) a diferentes temperaturas y concentraciones.	Si determinamos sus características físico químicas y realizamos sus medidas reológicas a diferentes temperaturas y concentraciones podremos caracterizar y determinar su comportamiento reológico del zumo de naranjita de quito( <i>Solanum quitoense</i> ).	Caracterización físico-química(pH, °Brix, densidad) (X <sub>1</sub> ) Comportamiento reológico del zumo de naranjita de quito (X <sub>2</sub> )	Pruebas cuantitativas y cualitativas. Pruebas instrumentales pH, °B, p. Comportamiento reológico	Características físicoquímicas y comportamiento reológico	Instrumentos de medición(pHmetro, densímetro, refractómetro). reometro

PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
<p>1. ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas del zumo (jugo) de la naranjita de quito (<i>Solanum quitoense</i>)?</p> <p>2 ¿Cuál será el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita del quito (<i>Solanum quitoense</i>) a diferentes temperaturas?</p> <p>3 ¿Cuál será el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita del quito(<i>solanum quitoense</i>) a diferentes concentraciones?</p>	<p>1.-Determinar las características fisicoquímicas del zumo(jugo) de la naranjita de quito</p> <p>2 Definir el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita del quito a diferentes temperaturas.</p> <p>3 Definir el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjilla del quito a diferentes concentraciones</p>	<p>1 -El zumo de la naranjita de quito será de color amarillo anaranjado de sabor agridulce, de rico aroma pH °brix y densidad.</p> <p>2 -El comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita del quito a diferentes temperaturas será de un fluido no newtonneano independiente del tiempo comportándose como un fluido pseudoplastico.</p> <p>3- El comportamiento reológico del zumo(jugo) de la naranjita de quito a diferentes concentraciones será de un fluido no newtoniano independiente del tiempo comportándose como un fluido pseudoplastico.</p>	<p>Esfuerzo de corte (Y<sub>1</sub>)</p> <p>Temperatura (Y<sub>2</sub>)</p> <p>Concentración (Y<sub>3</sub>)</p>	<p>Fuerza/área, °C , % en volumen</p>	<p>Características fisicoquímicas y comportamiento reológico</p>	<p>Instrumentos de medición. Reómetro</p>

$$X_1, X_2 = f(Y_1, Y_2, Y_3)$$

X<sub>1</sub>= Caracterización físico-química del zumo de naranjita de quito (*Solanum quitoense*) ; X<sub>2</sub> =Comportamiento reológico

Y<sub>1</sub>= Características físico químicas (pH, densidad, °Brix) ; Y<sub>2</sub> temperatura ; Y<sub>3</sub> concentración

### ANEXO 3

FIGURA N° 4.3: ÁRBOL DE NARANJILLA DE QUITO



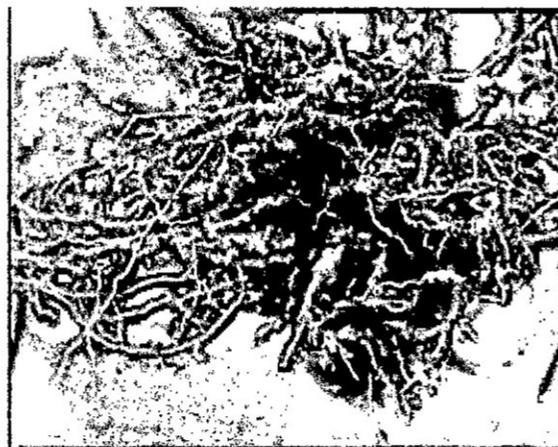
Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012)

FIGURA N°4.4 : PLANTUELAS DE QUITO QUITO



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

FIGURA N° 4.5: SISTEMA RADICULAR DEL QUITO QUITO



Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012)

## ANEXO 4

**FIGURA N° 4.6: TALLO DE NARANJILLA**



Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012)

**FIGURA N° 4.7 : HOJAS DE QUITO QUITO**



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

**FIGURA N° 4.8: FLOR DE NARANJILLA**

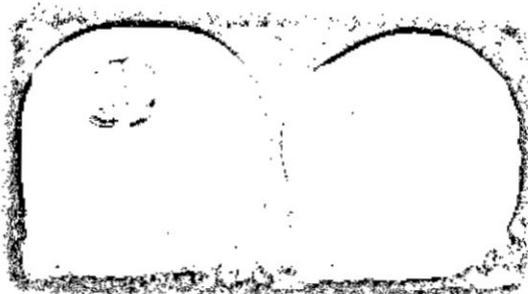


Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012)



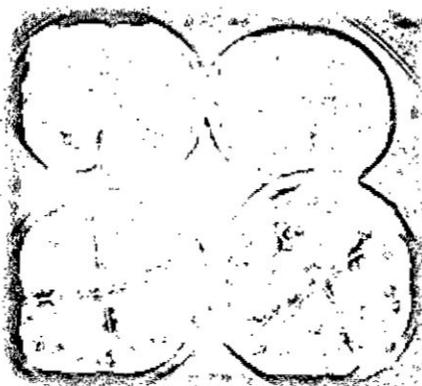
## ANEXO 6

**FIGURA N° 4.12 : FRUTO DE QUITO QUITO SIN PELOS**



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

**FIGURA N° 4.13 : FRUTO CORTADOS DE QUITO QUITO**



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

**FIGURA N° 4.14: SEMILLAS DE NARANJILLA**



Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012), adaptado de Díaz 2010

## ANEXO 7

FIGURA N° 4,15 : NARANJILLA (*Solanum Quitoense* Lam)  
VARIEDAD INIAP QUITOENSE 2009.



Fuente: Wilcaso (2007)

TABLA N° 4.1: INFORMACIÓN NUTRICIONAL

Valor alimenticio por cada 100

Calorías	23 cal
Humedad	85,8 – 92,5 g
Proteína	0,107 - 0,6 g
Carbohidratos	5,7 g
Grasa	0,24g
Fibra	4,6 g
Ceniza	0,61 – 0,8g
Cálcio	5,9 – 12,4 mg
Fósforo	12,0 – 43,7 mg
Hierro	0,34 – 0,64 mg
Caroteno	0,071 - 0,232 mg (600 I.U.)
Tiamina	0,04 - 0,094 mg
Riboflavina	0,03 - 0,047 mg
Niacina	1,19 - 1,76 mg
Ácido ascórbico	31,2 - 83,7 mg

Fuente: Análisis de frutas frescas en Colombia y Ecuador.

Información tomada de internet 29 de enero 2018

(<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)



## ANEXO 8

**TABLA N° 4.2: VALOR NUTRICIONAL POR CADA 100 G DE PULPA**

Valor energético	28 cal
Humedad	91,6 %
Proteína	0,7 g
Grasa	0,1 g
Carbohidratos	6,8 g
Fibra	0,4 g
Ceniza	0,6 g
Vitamina A	50 mg
Tiamina	0,6 mg
Riboflavina	0,4 mg
Niacina	1,5 mg
Acido ascórbico	65 mg
Calcio	8 mg
Fósforo	14 mg
Hierro	0,4 mg

Fuente : [www.deperu.com/abc/frutas/5306/la-naranjilla](http://www.deperu.com/abc/frutas/5306/la-naranjilla)

**TABLA N° 4.3 CONTENIDO NUTRICIONAL EN HÍBRIDO PALORA, PUYO Y VARIEDAD AGRIA**

Características	Híbrido Palora	Híbrido Puyo	Variedad Agria
Humedad (%)	91,62	90,18	85,88
Ceniza (%)	0,52	0,51	0,82
Proteínas (%)	0,41	0,66	1,31
Fibra (%)	1,22	1,69	3,25
Acidez (%)	2,22	1,56	0,95
Alcaloides (+ot)	0,05	0,05	0,05
Sólidos solubles (%)	5,70	5	6
Sólidos totales (%)	8,38	14,12	9,82
Azúcares totales (%)	1,93	2,83	2,19
Vitamina C (mg/100g)	-	83,5	83,7

Fuente: Wilcaso 2007

## ANEXO 9

**TABLA N°4.4: CUALIDADES FÍSICAS VARIEDAD INIAP – QUITOENSE 2009**

Características	Promedio
<b>Físicas</b>	
Peso de Fruto (g)	109,5
Largo de fruto (cm)	58,6
Rendimiento del fruto	30%
Pulpa (%)	58,8
Cáscara (%)	24,7
Semilla (%)	16,4
<b>Químicas</b>	
pH	2,72
Acidez (%)	2,51
Sólidos Solubles (° Brix)	9,6

Fuente : Caicedo 2012, adaptado de INIAP- Departamento de Nutrición y Calidad, 2009

**TABLA N° 4.5: VALOR NUTRICIONAL DETALLADO DE LA NARANJILLA**

<b>Valor alimenticio por cada 100 g de la porción comestible</b>	
Calorías	23
Humedad	85,8 – 92,5 g
Proteína	0,107 – 0,6 g
Carbohidratos	5,7 g
Grasa	0,1 – 0,24g
Fibra	0,3 - 4,6 g
Ceniza	0,61 – 0,8g
Calcio	5,9 – 12,4 mg
Fósforo	12,0 – 43,7 mg
Hierro	0,34 – 0,64 mg
Caroteno	0,071 – 0,232 mg (600 I.U.)
Tiamina	0,04 – 0,094 mg
Riboflavina	0,03 – 0,047 mg
Niacina	1,19 – 1,76 mg
Ácido ascórbico	31,2 – 83,7 mg

Fuente : Caicedo 2012. Adaptado de INIAP- Laboratorio de Nutrición, 2009

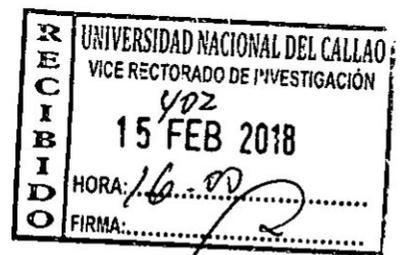
## ANEXO 11

**TABLA N° 4.7: CARACTERÍSTICAS DE FLUJO DE ALIMENTOS  
LÍQUIDOS**

Tipo de flujo	Índice de consistencia	Índice de comportamiento al flujo	Umbral de fluencia	Ejemplo
Newtoniano	Viscosidad $k > 0$	$n = 1$	$\tau_0 = 0$	Zumos clarificados, aceites, leche, jarabes de pastelería.
Seudoplástico	Viscosidad aparente $k > 0$	$0 < n < 1$	$\tau_0 = 0$	Zumos concentrados cremogenados y purés,
Plástico de Bingham	Plasticidad constante $k > 0$	$n = 1$	$\tau_0 > 0$	Aderezos de ensalada, salsa de dulce de chocolate, kechup.
Tipo mixto	Índice de consistencia	$0 < n < 1$	$\tau_0 > 0$	Mermelada, jalea
Dilatante	Índice de consistencia $k > 0$	$0 < n < \infty$	$\tau_0 = 0$	Mantequilla de cacahuete, pasta de salchichas.

Fuente: Rha C. K. 1978





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA QUÍMICA**



FEB 2018

**INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**  
**“CARACTERIZACIÓN FÍSICO- QUÍMICA Y**  
**COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DEL ZUMO**  
**DE NARANJITA DE QUITO (*Solanum***  
***quitoense*)”**

**AUTOR: ING. ZOILA MARGARITA DÍAZ CÓRDOVA**

**PERÍODO DE EJECUCIÓN: Del 1 de Febrero de 2016 al**  
**28 de Febrero de 2018**

**Resolución de Aprobación N° 218-2016-R**

**Callao, 2018**

TABLA N° 6.15: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO DE LA NARANJITA DE QUITO.....	65
TABLA N° 6.16: PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DEL ZUMO...	66
TABLA N° 6.17: DILUSIONES DE LA CONCENTRACIÓN DEL ZUMO	66
TABLA N° 6.18 PROGRAMACIÓN DE RHEOLAB QC PARA LA MUESTRA PATRÓN.....	67
TABLA N° 6.19: VALORES PARA DETERMINAR LA VISCOSIDAD PARA LA MUESTRA PATRÓN.....	68
TABLA N° 6.20: PROGRAMACIÓN DE RHEOLAB QC PARA LA MUESTRA 1.....	70
TABLA N° 6.21: VALORES PARA DETERMINAR LA VISCOSIDAD MUESTRA 1.....	71
TABLA N° 6.22: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 2.....	72
TABLA N° 6.23: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 3.....	76
TABLA N° 6.24: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 4.....	80
TABLA N° 6.25: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 5.....	85
TABLA N° 6.26: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 6.....	88

TABLA N° 6.27: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 7.....	92
TABLA N° 6.28 COMPARACIÓN DE VALORES OBTENIDOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUIMICAS, CON LOS VALORES DE DIFERENTES FUENTES...	96
TABLA N° 6.29 CARACTERIZACION REOLÓGICA DEL ZUMO DE NARANJITO DE QUITO A DIFERENTES CONCENTRACIONES.....	97
TABLA N° 6.30 VALORES DE LOS PARÁMETROS QUE DEFINEN EL COMPORTAMIENTO DEL ZUMO DE NARANJITO.	97

## LISTADO DE FOTOS

	Pág.
FOTO N° 5.1	
BALANZA PARA DETERMINAR HUMEDAD	
MODELO: GR-200 .....	48
FOTO N° 5.2	
pH METER ETI 8100 PLUS .....	48
FOTO N° 5.3	
EQUIPO CALIBRADO CON AGUA DESTILADA. ....	49
FOTO N° 5.4	
MUFLA ESZTERGOM. ....	49
FOTO N° 5.5	
EXTRACTOR VELT SOXHLET. ....	49
FOTO N° 5.6	
DIGESTOR VELD SCIENTIFICA. ....	50
FOTO N° 5.7	
DESTILADOR VELD SCIENTIFICA. ....	51
FOTO N° 5.8	
RECEPCIÓN DE LA NARANJITA DE QUITO PARA	
LA CARACTERIZACIÓN. ....	52
FOTO N° 5.9	
EXTRACCIÓN DEL ZUMO DE LA NARANJITA. ...	54
FOTO N° 5.10	
RECEPCIÓN Y CLASIFICACIÓN .....	55
FOTO N° 5.11	
LAVADO. ....	55
FOTO N° 5.12	
PELADO .....	55
FOTO N° 5.13	
CORTE .....	55
FOTO N° 5.14	
MOLIENDA. ....	56
FOTO N° 5.15: TAMIZADO .....	56
FOTO N° 5.16: OBTENCIÓN DEL ZUMO .....	56

## LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA N° 4.1: CURVA DE FLUJO OBTENIDA BAJO COMPRESIÓN UNIDIRECCIONAL PARA LA FUERZA DE FRACTURA.....	17
FIGURA N° 4.2: CURVA DE FLUJO OBTENIDA BAJO COMPRESIÓN UNIDIRECCIONAL PARA LA FUERZA DE FIRMEZA.....	18
FIGURA N° 4.3: ÁRBOL DE NARANJILLA DE QUITO.....	26
FIGURA N° 4.4: PLANTUELAS DE QUITO QUITO.....	27
FIGURA N° 4.5: SISTEMA RADICULAR DEL QUITO QUITO.....	27
FIGURA N° 4.6: TALLO DE NARANJILLA.....	28
FIGURA N° 4.7: HOJAS DE QUITO QUITO.....	28
FIGURA N° 4.8: FLOR DE NARANJILLA.....	29
FIGURA N° 4.9: FLOR DEL NARANJITA DE QUITO O LULO.....	29
FIGURA N°4.10: FRUTO DE NARANJILLA.....	30
FIGURA N° 4.11: FRUTO VERDE DE QUITO QUITO.....	31
FIGURA N° 4.12: FRUTO DE QUITO QUITO SIN PELOS.....	31
FIGURA N° 4.13: FRUTO CORTADOS DE QUITO QUITO.....	32
FIGURA N° 4.14: SEMILLAS DE NARANJILLA.....	33
FIGURA N° 4.15: NARANJILLA ( <i>SOLANUM QUITOENSE</i> LAM) VARIEDAD INIAP QUITOENSE 2009.....	36

## LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
GRÁFICO N° 6.1: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA PATRÓN.....	68
GRAFICO N° 6.2: VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN	69
GRÁFICO N° 6.3: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 1.....	70
GRAFICO N° 6.4: VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA 1.....	71
GRÁFICO N° 6.5: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 2.....	75
GRÁFICO N° 6.6: VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 2.....	75
GRÁFICO N° 6.7: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 3.....	79
GRÁFICO N° 6.8: VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 3.....	79
GRÁFICO N° 6.9: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 4.....	83
GRÁFICO N°6.10: VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 4.....	83
GRÁFICO N°6.11: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 5.....	87
GRÁFICO N°6.12: VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 5.....	87
GRÁFICO N°6.13: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 6 .....	91
GRÁFICO N°6.14: VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 6.....	91
GRÁFICO N°6.15: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 7.....	95
GRÁFICO N°6.16: VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 7.....	95



## II. RESUMEN Y ABSTRACT

### 2.1 Resumen

La naranjita de quito (*Solanum quitoense*) posee grandes potenciales agroindustriales por lo que se torna interesante su producción y procesamiento en nuestro país, para ello es necesario conocer las características físico químicas y reológicas de este fruto.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la caracterización físico química y el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita de quito a diferentes concentraciones ya que la influencia de la temperatura no tuvo mayor relevancia.

La investigación se realizó en dos partes: la primera para la caracterización físico química que se realizó en el Laboratorio del Instituto de Investigación Especialización en Agroindustria y la segunda para la caracterización reológica que se realizó en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ingeniería Química.

Las metodologías aplicadas para la caracterización físico químicas se encuentra descritas para cada una de las pruebas en el capítulo V, página 57, ítem 5.3.5. Los resultados obtenidos son: humedad 85,33; pH 3,18, sólidos solubles 8,88; acidez titulable 2,72; % ceniza 0,6013; % grasas 0,3078; % proteínas 0,162; vitamina C, 62,30mg; carbohidratos totales, 13,758%; índice de madurez, 3,2647.

La metodología aplicada para las pruebas reológicas se indican en el capítulo V, página 60, ítem 5.3.6 y los datos obtenidos para la presentación de los resultados para el zumo patrón y siete muestras desarrolladas a diferente concentración determinadas por el reómetro RheoLabQC se encuentran en el capítulo VI, página 97, Tabla 6.29, se obtuvo los modelos plásticos de Bingham, Ostwald y Herschel-Bulkey que obedecen al comportamiento plástico y pseudoplásticos, concluyendo de esta manera que la concentración del zumo es un factor que influye en su comportamiento reológico, esto debido a que al variar su concentración disminuye la cantidad de sólidos, cambiando la estructura del zumo del naranjito de quito.

Palabras clave: Naranjita de quito; características físico químicas; reología, modelos reológicos.

## 2.2 Abstract

The objective of this research work is to determine the physical and chemical characterization and the rheological behavior of the juice (juice) of the quito oranges at different concentrations, since the influence of temperature was not significant.

The research was carried out in two parts: the first for the physical chemical characterization carried out in the Laboratory of the Research Institute Specialization in Agroindustry and the second for the rheological characterization that was carried out in the Research Laboratory of the Chemical Engineering Faculty.

The research was carried out in two parts: the first for the physical chemical characterization carried out in the Laboratory of the Research Institute Specialization in Agroindustry and the second for the rheological characterization that was carried out in the Research Laboratory of the Chemical Engineering Faculty.

The methodologies applied to the physical chemical characterization are described for each one of the tests in chapter V, page 47, item 5.3.5. The results obtained are: humidity 85,33; pH 3,18, soluble solids 8.88; titrable acidity 2.72; % ash 0.6013; % fats 0,3078; % protein 0.162; vitamin C, 62.30mg; total carbohydrates, 13.758%; Maturity index, 3,2647.

The methodology applied for the rheological tests are indicated in chapter V, page 60, item 5.3.6 and the data obtained for the presentation of the results for the standard juice and seven samples developed at different concentrations determined by the RheoLabQC rheometer are found in Chapter VII, page 97, Table 6.29, we obtained the plastic models of Bingham, Ostwald and Herschel-Bulkey that obey the plastic behavior and pseudoplastics, concluding in this way that the concentration of the juice is a factor that influences its rheological behavior, This is due to the fact that, by varying its concentration, the quantity of solids decreases, changing the structure of the orange juice from quito.

Keywords: Orange from Quito; physicochemical characteristics; rheology, rheological models.

### III. INTRODUCCIÓN

En el Perú existe un fruto de grandes potenciales llamado naranjita de quito cuyo nombre científico es (*Solanum quitoense*) y que pertenece a la familia de solanáceas, fruto conocido como lulo o frutas dorada de los incas. Es poco consumida de manera fresca, pero que preparada como bebidas refrescantes posee grandes propiedades antioxidantes, además puede utilizarse para elaboración de yogurt, helados, jaleas y mermeladas por lo que se torna interesante su producción y procesamiento. Para su procesamiento es necesario conocer, las características físicas y químicas del zumo (jugo) de la naranjita de quito, así también, conocer el comportamiento reológico del fruto, para evitar posibles sobredimensionamientos de bombas, marmitas, conducciones, evaporadores, que podrán repercutir negativamente en la economía del proceso.

La reología es la ciencia que estudia el flujo y deformaciones de sólidos y fluidos; bajo la influencia de fuerzas mecánicas Bird: 2007. El estudio del comportamiento reológico es utilizado en distintos campos de la industria, sobre todo en la industria de los alimentos donde la mayoría de sustancias tienen comportamientos complejos, para determinar las condiciones de proceso de elaboración así como el control de calidad de dicho producto y el desarrollo de nuevos productos.

El objetivo de la investigación es determinar la caracterización físico química y el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita de quito a diferentes temperaturas y concentraciones.

El estudio reológico será desarrollado con el reómetro rotacional RheolabQC de Anton Paar, contribuyendo al desarrollo de nuevas tecnologías, que pueden ser aplicadas al sector industrial como en el desarrollo de nuevos productos y en este caso indirectamente se beneficia al sector agrario por que se incentivaría el cultivo de este recurso natural.

### **3.1 Exposición del Problema de investigación**

#### **3.1.1 Planteamiento del problema de investigación**

¿Cómo será la caracterización físico química y el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjilla del quito a diferentes temperaturas y concentraciones?

#### **Problemas Específicos**

- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del zumo (jugo) de la naranjita de quito?
- ¿Cuál es el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita del quito a diferentes temperaturas?
- ¿Cuál es el comportamiento reológico de del zumo (jugo) de la naranjita del quito a diferentes concentraciones?

#### **3.1.2 Objetivos**

##### **a. Objetivo General**

Determinar la caracterización físico química y el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita de quito a diferentes temperaturas y concentraciones.

##### **b. Objetivo Específico**

- Determinar las características fisicoquímicas del zumo (jugo) de la naranjita de quito
- Definir el comportamiento reológico de del zumo (jugo) de la naranjilla de quito a diferentes temperaturas.
- Definir el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita de quito a diferentes concentraciones.

### **3.2 Importancia y justificación de la investigación**

El país requiere de este tipo de investigaciones, por que contribuyen a la ampliación y desarrollo de nuevas tecnologías, que pueden ser aplicadas al sector industrial, porque permite abrir una puerta al desarrollo de nuevos productos y en este caso al sector agrario por que se incentivaría el cultivo de este recurso. El aporte sería tecnológico y económico e indirectamente social

Los hechos que motivaron la realización de la investigación fueron: la gran potencialidad que representa este fruto para su industrialización, en sus diferentes presentaciones como jaleas, mermeladas, helado y demás. Representando una oportunidad de negocio con los beneficios económicos y sociales que se desprenden de esta actividad y porque este estudio permitirá el mejor manejo durante su procesamiento lo que constituirá un gran aporte tecnológico y económico, por lo tanto podemos concluir que el estudio de la caracterización y comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjilla del quito se justifica

#### **3.2.1 Formulación de la Hipótesis**

Si determinamos las características físico químicas y realizamos sus medidas reológicas a diferentes temperaturas y concentraciones podremos caracterizar y determinar el comportamiento reológico del zumo de naranjita de quito.

#### **3.2.2 Hipótesis Específicas**

- El zumo de la naranjita de quito será de color amarillo anaranjado de sabor agridulce de rico aroma pH °brix y densidad.
- El comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita del quito a diferentes temperaturas será de un fluido no newtoniano independiente del tiempo comportándose como un fluido pseudoplástico.
- El comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita de quito a diferentes concentraciones será de un fluido no newtoniano independiente del tiempo comportándose como un fluido pseudoplástico.

## IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Antecedentes del Estudio

Se ha encontrados algunos estudios principalmente en Colombia y Ecuador que nos permiten tener conocimiento sobre el fruto naranjita de quito en cuyos países se conoce como lulo.

Según Morton (1987), clasifica que las dos variedades botánicas de lulo (*Solanum quitoense*) más importantes en Colombia son la septentrional y la quitoense. La primera se caracteriza por la presencia de espinas en el tallo y hojas y por una mayor acidez en sus frutos, mientras que la segunda variedad no presenta espinas y sus frutos más dulces. Sin embargo en nuestro medio en la zona de Oxapampa se tiene la variedad quitoense.

Tamayo (2001), en su cartilla divulgativa dice que debido al alto valor nutricional que esta posee el lulo (*Solanum quitoense*) es considerado un frutal importante en Colombia y óptimo para la exportación hacia Europa, Asia y Norteamérica. Mercado que pueden aprovechar nuestros agricultores si se incentiva la producción masiva de este fruto para la exportación.

Ríos (2004), se refiere a la tipificación de los sistemas de producción y comenta que alrededor del 74% de la producción del cultivo (*Solanum quitoense*) en Colombia se realiza en un esquema de economía campesina, donde se desconoce la variedad de usos que se pueden aprovechar a partir de este cultivo, el problema se presenta también en la zonas de producción de este fruto en la selva central del Perú, carecen de una planificación de grandes cultivos y por desconocimiento no se aprovecha el enorme potencial.

De los estudios de Mejía (2012), se determina que el municipio de Cundinamarca (Colombia) posee las mejores condiciones agroecológicas favorables para la producción de lulo (*Solanum*

*quitoense*). Sin embargo hace mención que la producción y calidad en el cultivo de lulo (*Solanum quitoense*) depende de la selección de la semilla, así como del sitio donde yace el cultivo. En el Perú las mejores condiciones se encuentran en Oxapampa y Pozuzo pero la siembra es insipiente y no se selecciona las semillas.

Arias y Rendón (2014), indican que la producción de lulo (*Solanum quitoense*) en Colombia se está incrementando de manera gradual debido a la mejora de precios impulsada por el incremento de la demanda interna y que el problema principal es la corta vida del fruto (*Solanum quitoense*) en postcosecha, es decir, su rápido deterioro afectan la calidad del fruto (*Solanum quitoense*), esto hace suponer que el procesamiento debe hacerse en la zona, esto daría trabajo a los pobladores del sector y los frutos se podrían exportar procesados.

En el Perú se ha determinado un estudio sobre la naranjita de quito en el 2017, el estudiante de la universidad Daniel Alcides Carrión, Pedro Yupanqui ha elaborado un proyecto "Estudio de Factibilidad para la Instalación de una Planta Procesadora de Quito Quito (*Solanum quitoense*) en el sector Acuzazú del distrito de Oxapampa, donde especifica que se encuentra laborando con 40 productores, levantando información, elaborando encuestas. Actualmente la demanda del quito quito en Oxapamapa es como sigue: en las fruterías con 50,83kg, seguido de las tiendas mayoristas con 20kg, restaurantes con 17,59 Kg y cafeterías con 4,50 Kg, con un precio promedio de S/.1.80 en el mercado local.

Revisando a Pelegrine y Araujo (2014), entendemos la importancia de conocer las propiedades físicas y químicas de la pulpa de frutas que se someterá a todos los procesos de manufactura.

**"Entre estas propiedades, el comportamiento reológico ocupa una posición prominente, y es útil no sólo como una medida de calidad, sino también en proyectos, evaluación y operación de equipos de procesamiento de alimentos, tales como bombas, tubos, etc."**

Manifiesta también que en Brasil, debido a la escasez de datos sobre las propiedades reológicas de jugos, pulpas y otras frutas de concentrado nacional, la mayoría de equipos procesadores de estas frutas están diseñados de acuerdo a los datos reológicos de las frutas producidas en el exterior.

Hace mención que las frutas del Brasil tiene características diferentes a las producidas en otras partes del mundo como sólidos (soluble e insoluble) que pueden afectar a la reología del fluido. Esto hace pensar que estas propiedades tenemos que determinarlas para las frutas de nuestra región y a las condiciones requeridas, los frutos en el Perú tiene otras características.

Caicedo (1999), en su trabajo manejo integrado de cultivo afirma que **“durante el proceso de maduración la epidermis del fruto cambia de verde oscuro a verde claro, posteriormente adquiere tonalidades amarillas en los costados hasta llegar al color amarillo característico de los frutos maduros de la variedad.”**

Ciro y Osorio (2007), en su informe “Avance experimental de la ingeniería de postcosecha de frutas colombianas: resistencia mecánica para frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L)”

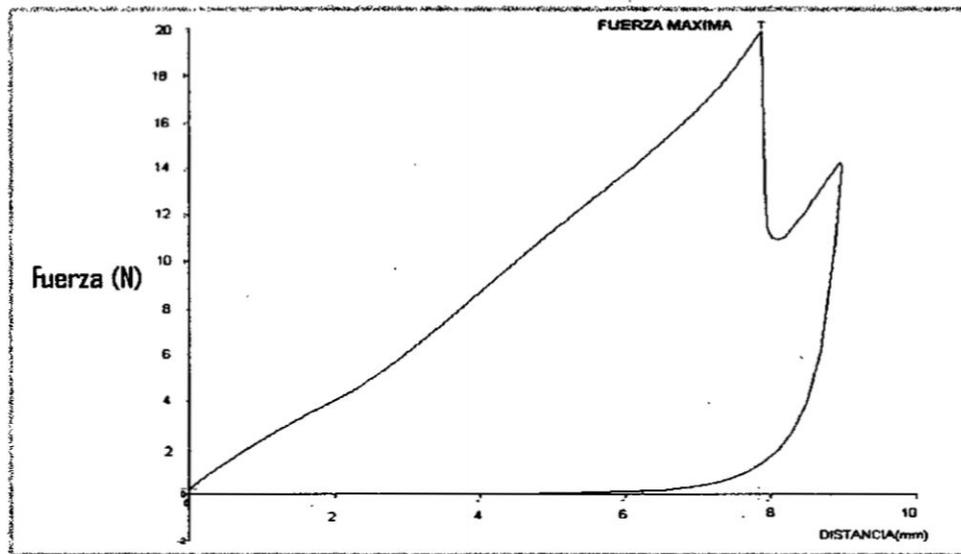
Realizó la caracterización reológica, para una misma producción, seleccionó y clasifico en 3 niveles de maduración (verde, pintón y maduro) y determinó la fuerza de fractura y fuerza de firmeza de los frutos de Uchuva *Physalis* almacenada bajo refrigeración.

El método aplicado por **Ciro y Osorio (2007)** fue:

a. Para la fuerza de fractura, los frutos de uchuva fueron sometidos a compresión unidireccional usando un analizador de textura a una velocidad de carga de 1 mm/s. para diferentes tiempos de postcosecha (1, 3, 5, 7, 9 días) el producto fue sometido en dos sentidos de carga (longitudinal y transversal). La dirección longitudinal fue tomada de polo a polo, mientras que la dirección transversal se consideró en el eje del ecuador del fruto. Para cada grado de madurez (verde, pintón y

maduro) fueron realizadas 10 replicaciones para cada sentido de carga (longitudinal y transversal), para un total de 60 frutas por día. El valor de la fuerza de fractura para cada ensayo fue determinado mediante la información fuerza vs deformación. Esta variable fue definida como el punto donde existió una caída brusca de la fuerza.

**FIGURA N°4.1: CURVA DE FLUJO OBTENIDA BAJO COMPRESIÓN UNIDIRECCIONAL PARA LA FUERZA DE FRACTURA**

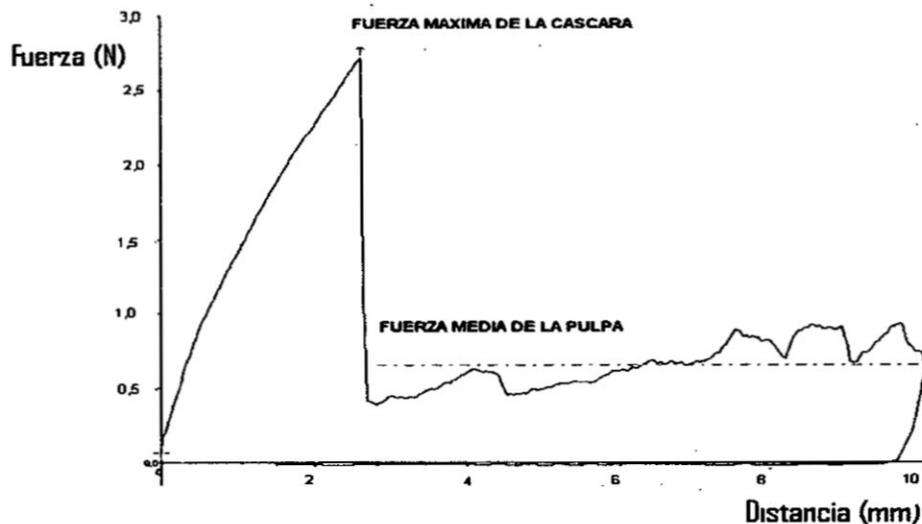


**Fuente:** "Avance experimental de la ingeniería de postcosecha de frutas colombianas: resistencia mecánica para frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L)" de **Ciro Velásquez, H., Osorio Saraz, J., 2007, p.41, Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.**

b. Para la fuerza de firmeza, se determinó utilizando un analizador de textura, adaptándole una aguja de penetración cilíndrica de 2mm de diámetro.

La fruta fue sometida a un proceso de punzamiento a una velocidad de carga constante de 1 mm/s. Para cada grado de madurez (verde, pintón y maduro) se realizaron 10 replicaciones a través del tiempo de postcosecha del producto (1, 3, 5, 7 y 9 días). El valor de la fuerza de firmeza máxima se consideró al punto más alto de la gráfica resultante y la fuerza de firmeza media fue determinada como la fuerza constante durante toda la prueba.

**FIGURA N° 4.2: CURVA DE FLUJO OBTENIDA BAJO COMPRESIÓN UNIDIRECCIONAL PARA LA FUERZA DE FIRMEZA.**



Fuente: "Avance experimental de la ingeniería de postcosecha de frutas colombianas: resistencia mecánica para frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L)" de Ciro Velásquez, H., Osorio Saraz, J., 2007, p.42, Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Otro estudio sobre comportamiento físico-químico es de Mejía et al. (2012). Evaluaron el comportamiento fisicoquímico del fruto de lulo (*Solanum quitoense*) en diferentes grados de madurez y encontraron que durante la maduración aumentan los sólidos solubles totales, mientras que la acidez total titulable se incrementa al final de la maduración.

Torres et al. (2012), afirma que la pérdida de firmeza y ablandamiento de frutos (*Solanum quitoense*) es debida a los procesos de degradación de almidón y solubilización de sustancias pécticas, siendo la poligalacturonasa una de las enzimas implicadas en este ablandamiento, esta enzima cataliza la ruptura hidrolítica de los enlaces de galacturónicos en la matriz de pectina

Gonzales y Ordoñez (2013), en su trabajo de investigación Cambios en las propiedades fisicoquímicas de frutos de lulo (*Solanum quitoense*)

cosechados en tres grados de madurez”, Se utilizaron 300 frutos por grado de madurez y se determinaron las características físicas (peso, volumen, densidad, diámetro equivalente, índice de esfericidad, rendimiento de pulpa y cáscara) y químicas (pH, acidez, sólidos solubles, índice de madurez (IM) y contenido de vitamina C. Los resultados mostraron que la madurez no afecta significativamente las variables físicas, pero sí las propiedades químicas de los frutos

Serna-Cock, Velásquez y Ayala (2010), resalta que para que los procesos industriales sean técnicos y económicamente factibles, es importante tener el conocimiento de las propiedades físico - químicas. **“Entre estas propiedades, la reología de las frutas es el comportamiento más importante y a la vez muy útil. Estas propiedades reológicas también son significativas como parámetros de control de calidad en los productos finales. En la elaboración de productos, se requiere encontrar la mezcla óptima de ingredientes que permita generar un nuevo producto cuya formulación ofrezca características de producto funcional con alto valor nutricional y en las que se mantengan propiedades fisicoquímicas, organolépticas de aroma y sabor deseables”.**

Marquez (2009) realizó un estudio del efecto de los días poscosecha sobre la firmeza de frutas de guanábana (*Annona muricata* L. cv. Elita) almacenadas a 23°C y 65% de HR analizando el efecto de la fuerza vs los días de postcosecha. La guanábana presentó gran variabilidad en su firmeza. Para productos inmaduros (día 0) con 80 N en promedio, la resistencia a la penetración es muy alta inclusive hasta el día 2 de poscosecha, del día 2 hasta el 4, se presentó el mayor descenso en la firmeza, a partir del día 4 el comportamiento fue ligeramente decreciente, con pendiente suave, obteniendo resultados para las frutas maduras entre 7,48 y 4,72 N para los días 5 y 7 respectivamente; para las sobremaduras (día 9), la fuerza de firmeza mostró un valor promedio de 3,62 N, el comportamiento de la firmeza estuvo acorde con lo planteado por *Ciro et al.* (2007).

Hernández et al. (2015), en su trabajo de investigación "Caracterización reológica de la pulpa de naranja"; realiza un estudio reológico utilizando un viscosímetro rotacional Brookfield.

Coloca 400ml de pulpa de naranja en seis vasos de precipitado con capacidad 600ml para los experimentos asociados a los rangos de temperaturas: 0, 5, 10, 15, 20 y 25 °C. Se emplea un baño maría a temperatura controlada acoplado al sistema del viscosímetro rotacional antes mencionado. Se construyeron las curvas de esfuerzo de deformación en función de la velocidad de deformación ( $\tau$  Vs  $\dot{\gamma}$ ), y se procedió a calcular los parámetros reológicos descriptores del fluido utilizando el modelo de Ostwald de Waele (Ley de potencia).

$$\tau = K(\dot{\gamma})^n$$

$\tau$  = esfuerzo cortante (Pa)

K = índice de consistencia (Pa.s)

n = índice de comportamiento al flujo (adimensional)

$\dot{\gamma}$  = velocidad de deformación del fluido ( $s^{-1}$ )

La influencia de la temperatura en la viscosidad aparente se estimó a partir de la ecuación de:

$$\eta = B \cdot e^{Ea/RT}$$

$\eta$  = viscosidad aparente (Pa.s)

Ea = energía de activación (KJ/mol)

R = constante universal de los gases (8,314 KJ/mol K)

T = temperatura absoluta (K); B = parámetro de ajuste.

Se seleccionaron 3 velocidades de deformación a temperatura constante para realizar el ajuste de los datos y discernir los resultados obtenidos.

Ibarz y Peleg (1993), en su investigación "Reología de alimentos de fluidos" clasificó los instrumentos para el estudio de la textura, y clasificó los instrumentos para la medida de propiedades al flujo de

DL

alimentos fluidos en tres categorías: 1) fundamental, 2) empírico y 3) imitativo.

Los ensayos fundamentales miden propiedades físicas definidas. Los ensayos empíricos miden parámetros que no están claramente definidos. Los ensayos imitativos miden propiedades bajo condiciones similares a las que se dan en la práctica.

Métodos fundamentales, se emplean diversos instrumentos para medir las propiedades de flujo, estos pueden clasificarse según la geometría utilizada: capilar, Couette (cilindro concéntrico), plato y cono, platos paralelos, retro extrusión, flujo por compresión.

Métodos empíricos, se usan en el control de calidad de productos y en el tratamiento de estudios con los efectos del cambio de condiciones de procesado en la consistencia de purés.

Viscosímetros rotacionales con geometrías de husillos (Spindles) que son de difícil análisis matemático han sido utilizados en ensayos empíricos. Las geometrías incluyen husillos con agujas con protuberancias y aletas.

Métodos imitativos, en casos especiales miden propiedades reológicas bajo condiciones de simetría similares a las que se presentan en la práctica.

## **4.2 Marco Conceptual**

### **4.2.1. La Naranjita de Quito o Lulo**

La naranjita de quito (*Solanum quitoense*) es un fruto ácido que tomó ese nombre por la forma redonda y anaranjada, en el Ecuador se llama naranjilla de quito o nuqui; en el Perú naranjita de quito, los incas la llamaban lulum; en Colombia lulo, naranjilla o toronja. <http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

La Naranjita de quito es un fruto poco conocido, que se encuentra básicamente en la ceja de selva de nuestro país, especialmente en la zona de Oxapampa y Pozuzo es muy apreciado por los lugareños

quienes ofrecen a los turistas como refrescos, sin embargo no se está aprovechando este recurso en su potencialidad.

### **Descripción**

Para conocer sobre este fruto exótico de nuestra selva central, nos hemos servido del portal [sabelotodo.org](http://www.sabelotodo.org) donde nos indica que la naranjita de quito es un arbusto herbáceo de 2,5 m de alto con tallos gruesos que se convierten en algo leñoso con la edad; espinosos en la naturaleza sin espinas en las plantas cultivadas, las hojas son alternas, oblongo-a-ovaladas de 60cm de largo y 45 cm de ancho, suaves y lanudas con espinas en los peciolo las hojas jóvenes, los tallos jóvenes están cubiertos con pelos de color purpura (<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

Produce racimos cortos y axilares de hasta 10 flores fragantes de 3 cm de ancho con 5 pétalos, blancas en la superficie superior, purpura y peludas por debajo y 5 estambres prominentes amarillos. Un pelaje marrón protege la fruta hasta que está completamente madura, cuando el bello se retira muestra una piel lisa brillante, coriácea y bastante gruesa. El fruto coronado con el cáliz persistente de 5 puntas, es redonda u oval de hasta 6,5 cm y consta de 4 compartimentos. (<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

### **Origen y distribución**

La naranjita de quito se cree que es originaria de Perú, Ecuador y el sur de Colombia, en los andes centrales y en el norte de Venezuela, en las cordilleras de Costa Rica pueden variar de parcialmente a muy espinosa. Desde 1913 el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos ha tratado de introducir las semillas en california y florida pero sin resultados, en 1950 ciertas plantaciones se realizaron en puerto rico, donde uno de los varios productores sembró 70000 plantas de la variedad silvestre. En 1962 la compañía procesadora de naranjilla Ltda

de San José incluyó 511 hectáreas de plantas, la pulpa se enviaba a Estados Unidos allí se mezclaba con manzana o piña. En 1963 se introduce la naranjilla a Guatemala como un producto nuevo con una plantación comercial y otras semi comerciales. La naranjita de quito también es una planta ornamental en los conservatorios del norte, sin producir frutos. (<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

### **Variedades**

Se conocen dos variedades: *Solanum quitoense* var. septentrionale y *Solanum quitoense* var. Quitoense. (<http://jardin-mundani.blogspot.pe>).

La variedad botánica septentrional se diferencia de la variedad de quitoense, solo por las espinas en el tallo, ramas, peciolos y venas principales en las hojas. Una cepa dulce, pero muy jugosa existe alrededor de la ciudad de Baza a 80 Km de Quito, Ecuador. Una forma salvaje y espinosa en costa rica, llamada berenjena de olor, tiene troncos leños, las ramas y los frutos inusualmente grandes. (<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>). En el Ecuador se tiene un programa de mejoramiento de frutos y se han obtenido híbridos con buenos resultados (Wilcaso, 2007)

La naranjilla de jugo INIAP Quitoense-2009, proviene de una selección de la variedad Baeza (2005-2007), que ha sido mejorada en cuanto a productividad y resistencia a las plagas en el Ecuador.

### **Clima**

En Colombia florece en regiones húmedas a alturas entre 1600 y 2400m con precipitación anual de 150 cm. En Panamá la naranjita crece en altitudes de 1200 a 1800 m. En Ecuador crece entre 1500m y 1800 m con temperaturas promedio de 17°C. (<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

Puede ser cultivada en un rango de alturas de 600 a 2000 m.s.n.m., siendo de 1000 a 1400 m.s.n.m. la altura óptima. El rango de

temperaturas es de 17 a 26 °C, el óptimo corresponde a los 20 °C. Se adapta a zonas con precipitaciones de 1800 a 4300 m.m/amo. Es un cultivo de día corto, requiriendo un promedio de 2.6m.m/año. Es un cultivo de 2.6/horas/luz/día.(Wilcaso 2007)

### **Suelo**

Se desarrolla mejor en un suelo rico orgánico, pero también crece en suelos pobres, en los pedregales y en la piedra caliza escarificada. En América del Sur las naranjitas se siembran en suelo virgen donde los arboles han sido talados y la maleza quemada. <http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

Requiere suelos ricos en materia orgánica, con adecuado drenaje y pH de 5,2 a 5,8. Los suelos del Oriente son ácidos, con bajo contenido de nitrógeno, fósforo y potasio; y alto contenido de aluminio.

Son preferibles los suelos ligeramente inclinados, ya que en suelos planos se producen acumulaciones de agua que afectan al normal desarrollo de las plantas. (Wilcaso, 2007)

### **Propagación**

La naranjita de quito se puede propagar por acodos aéreos o por esquejes de madera dura, pero también se puede cultivar a partir de semillas, se extienden a la sombra y para que se seque elimine el mucilago se lavan y se secan al aire 140 000 semillas aproximadamente pesan 0,5 Kg. Las plantuelas se cultivan en viveros al mismo modo que para los tomates y después de 2 a 3 meses se trasplantan a terreno fijo. (<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

### **Cosecha y rendimiento**

La planta consume muchos nutrientes y crece muy rápido, las plantas de semillas florecen de 4 a 5 meses después del trasplante, la

fructificación comienza 10 a 12 meses después y continua por 3 años, cuando las plantas llegan a los 4 años de edad disminuyen la productividad y comienzan a morir. (<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

Los frutos deben recogerse cuando están a mitad de coloración para evitar caídas y magulladuras y asegurar que se encuentren los frutos firmes para soportar la manipulación en el proceso. Una planta sana produce de 100 a 150 frutos al año, un buen rendimiento anual es de 135 frutos por planta equivalente a 9 kg y 27273 Kg por hectárea. (<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

La cosecha de naranjilla inicia después de 9 meses del trasplante, obteniendo una producción de 2 a 3 años. Los frutos se cosechan cuando presenta un 75% de color amarillo y debe conservar el pedúnculo. (Caicedo 2012)

### **Usos y Beneficios**

Se consume de manera natural, como fruta fresca, por lo general se prepara jugos, cremoladas, mermeladas, jaleas, helados, yogures, etc. y de manera industrial se puede comercializar el zumo congelado.

Posee alto contenido de vitamina C, ayuda en la fijación de hierro en el cuerpo, evitando así la anemia, altos contenidos de fosforo y vitamina.

La naranjilla también es rica en vitaminas del grupo B como lo son tiamina (B1), riboflavina (B2) y niacina (B3) que son importantes en procesos de conducción de impulsos nerviosos, procesos hepáticos y hormonales. (Wilcaso 2012)

### **Características generales de la planta.**

Según Caicedo en su tesis "Diseño de una Planta Agroindustrial destinada a la elaboración de productos a base de naranjilla (*Solanum quitoense* var. verde) en la provincia de Pichincha", refiere las siguientes características:

### **Clasificación taxonómica**

Reino: Vegetal

Subreino: Spermatophyta

Division: Angiosperma

Subdivision: Dicotiledona

Clase: Simpétala

Subclase: Pentacíclica

Orden: Tubifloras

Familias: Solanacea

Sección: Lasiocarpa

Género: Solanum

Especie: quitoense

Nombre Científico: Solanum quitoense.

Nombre vulgar: Naranjilla, lulo, naranja de castilla, berenjena de olor, entre otros.

**FIGURA N° 4.3: ÁRBOL DE NARANJILLA DE QUITO**

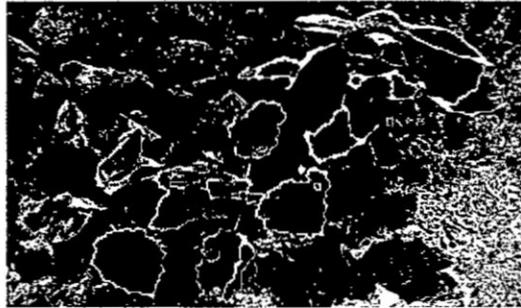


Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012)

ZU

## Descripción Botánica

**FIGURA N°4.4 : PLANTUELAS DE QUITO QUITO**



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

## Raíz

La naranjilla posee una raíz pivotante que se extiende hasta 50cm. Los híbridos, al ser propagados vegetativamente, no presentan raíz principal pero si una gran cantidad de raíces laterales (Gómez, 2009 pág. 24) tomado de Caicedo (2012)

**FIGURA N° 4.5: SISTEMA RADICULAR DEL QUITO QUITO**



Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012)

## Tallo

La naranjilla posee un tallo erecto y en ocasiones ramificado desde el suelo, es robusto, leñoso, cilíndrico, vellosos y siempre es de color verde. (Gómez, 2009 pág. 25). Citado por Caicedo 2012.

*24*

**FIGURA N° 4.6: TALLO DE NARANJILLA**



Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012)

### **Hojas**

Son de gran tamaño, pudiendo alcanzar hasta los 40cm de largo. Tienen una forma oblonga-ovalada, de color verde oscuro el haz y un color ligeramente violeta en el envés (Gómez, 2009 pág. 25), citado por Caicedo 2012.

La Naranjita de Quito no soporta temperaturas inferiores a 10°C. Las hojas del *Solanum quitoense* que pueden llegar a medir más de 50 centímetros, presentan nerviaciones moradas y la superficie de las hojas está cubierta de una fina pilosidad lanosa como terciopelo.

**FIGURA N° 4.7 : HOJAS DE QUITO QUITO**



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

Puede vivir a pleno sol, pero la elevada radiación solar acorta su vida productiva, se prefiere cultivarlo en penumbra, obteniéndose así

frutos durante todo el año a lo largo de cuatro o cinco años. <http://jardin-mundani.blogspot.pe>. Tanto las flores como las hojas nuevas están cubiertas de una suave lanosidad que al tacto parece terciopelo.

### **Flores**

Estas se encuentran adheridas a las axilas de las ramas gracias a pedúnculos cortos. Son de características hermafroditas (flor hembra y macho) y se agrupan en corimbos de tres a doce unidades. Presentan corolas de cinco pétalos de color cremoso envolviendo a cinco estambres amarillos (Gómez, 2009 pág. 26), citado por Caicedo 2012.

**FIGURA N° 4.8: FLOR DE NARANJILLA**



Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012)

**FIGURA N° 4.9: FLOR DEL NARANJITA DE QUITO O LULO**



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

Su estructura floral está formada por 5 pétalos blancos, 5 estambres amarillos muy gruesos y un pistilo.

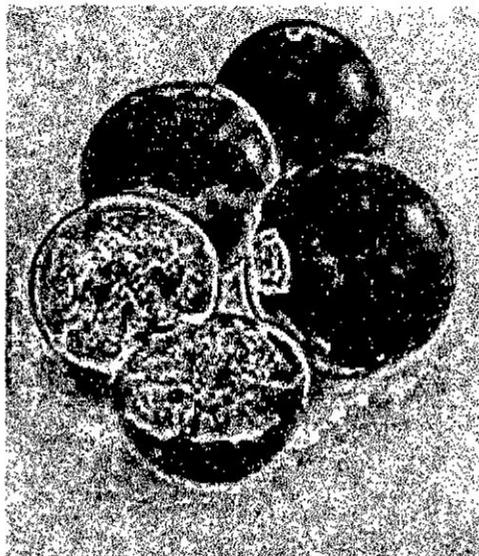
### **Fruto**

Es muy característico, de color amarillo intenso, amarillo rojizo o naranja una vez maduro, lo cubre una suave y tupida pilosidad. La corteza es de aspecto liso y muy resistente.

La pulpa, materia prima comercialmente, es de color verde, jugosa y tiene un sabor agridulce. Se encuentra dividida en cuatro secciones casi simétricas, con numerosas semillas. Las variedades híbridas tienen una pulpa verdosa clara y amarilla.

La planta de naranjilla presenta frutas desde la base de las ramas hasta el ápice de la planta, por lo que es posible encontrar dentro de la misma planta rutos y flores en diferentes estados de desarrollo (Gómez, 2009 pág. 26), citado por Caicedo 2012.

**FIGURA N°4.10: FRUTO DE NARANJILLA**



**Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012),  
adaptado de Díaz 2010.**

**FIGURA N° 4.11: FRUTO VERDE DE QUITO QUITO**



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

Fruto verde de Lulo o Naranjita de Quito cubierto de pelos que provocan irritaciones cutáneas y urticarias en las personas sensibles. Para la recolección se usan guantes protectores y los pelos se retiran con un cepillo o un trapo. <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

**FIGURA N° 4.12 : FRUTO DE QUITO QUITO SIN PELOS**



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

Naranjitas de Quito sin los pelos urticantes procedentes de Colombia, adquiridas en almacenes de Palma de Mallorca.

### TABLA N° 4.1: INFORMACIÓN NUTRICIONAL

Valor alimenticio por cada 100

Calorías	23 cal
Humedad	85,8 – 92,5 g
Proteína	0,107 - 0,6 g
Carbohidratos	5,7 g
Grasa	0,24g
Fibra	0,3 – 4,6 g
Ceniza	0,61 – 0,8g
Calcio	5,9 – 12,4 mg
Fósforo	12,0 – 43,7 mg
Hierro	0,34 – 0,64 mg
Caroteno	0,071– 0,232 mg (600 I.U.)
Tiamina	0,04 – 0,094 mg
Riboflavina	0,03 – 0,047 mg
Niacina	1,19 – 1,76 mg
Ácido ascórbico	31,2 – 83,7 mg

Fuente: Análisis de frutas frescas en Colombia y Ecuador.  
 Información tomada de internet 29 de enero 2018  
 (<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)

### TABLA N° 4.2: VALOR NUTRICIONAL POR CADA 100g DE PULPA

Valor energético	28 cal
Humedad	91,6 %
Proteína	0,7 g.
Grasa	0,1 g
Carbohidratos	6,8 g
Fibra	0,4 g
Ceniza	0,6 g

Vitamina A	50 mg
Tiamina	0,6 mg
Riboflavina	0,4 mg
Niacina	1,5 mg
Ácido ascórbico	65 mg
Calcio	8 mg
Fósforo	14 mg
Hierro	0,4 mg

Fuente: [www.deperu.com/abc/frutas/5306/la-naranja](http://www.deperu.com/abc/frutas/5306/la-naranja)

**TABLA N° 4.3 CONTENIDO NUTRICIONAL EN HÍBRIDO PALORA, PUYO Y VARIEDAD AGRIA**

Características	Híbrido Palora	Híbrido Puyo	Variedad Agria
Humedad (%)	91,62	90,18	85,88
Ceniza (%)	0,52	0,51	0,82
Proteínas (%)	0,41	0,66	1,31
Fibra (%)	1,22	1,69	3,25
Acidez (%)	2,22	1,56	0,95
Alcaloides (+ot)	0,05	0,05	0,05
Sólidos solubles (%)	5,70	5	6
Sólidos totales (%)	8,38	14,12	9,82
Azúcares totales (%)	1,93	2,83	2,19
Vitamina C (mg/100g)	-	83,5	83,7

Fuente: Wilcaso 2007

**FIGURA N° 4.15 : NARANJILLA (*Solanum Quitoense* Lam)  
 VARIEDAD INIAP QUITOENSE 2009.**



Fuente: Wilcaso (2007)

**TABLA N°4.4: CUALIDADES FÍSICAS VARIEDAD INIAP –  
 QUITOENSE 2009**

Características	Promedio
Físicas	
Peso de Fruto (g)	109.5
Largo de fruto (cm)	58.6
Rendimiento del fruto	30%
Pulpa (%)	58.8
Cáscara (%)	24,7
Semilla (%)	16,4
Químicas	
pH	2,72
Acidez (%)	2,51
Sólidos Solubles (° Brix)	9,6

Fuente : Caicedo 2012, adaptado de INIAP- Departamento de  
 Nutrición y Calidad, 2009

Los numerosos estudios reológicos realizados en alimentos que se encuentran en la bibliografía confirman la gran diversidad de comportamientos al flujo que pueden presentar. Todo ello hace necesario un análisis crítico de los fenómenos subrayados bajo una variedad de condiciones de flujo y establecer las relaciones entre la estructura y el comportamiento al flujo (Barbosa-Canovas *et al.*, 1993), citado por Garza 1998.

El tamaño o volumen, la forma, la concentración y la interacción de las partículas son parámetros básicos que afectan a las propiedades reológicas de cualquier sistema, sea éste molecular, una suspensión, una dispersión, una pasta o un gel. Sin embargo, el rango de operación de cada uno de estos parámetros básicos es diferente para cada uno de los sistemas. De hecho, no son estos parámetros por sí mismos los que controlan las propiedades de flujo, sino las interacciones entre ellos (Rha, 1978), citado por Garza 1998.

El comportamiento reológico de un fluido alimentario puede describirse según distintas ecuaciones que relacionan el esfuerzo cortante con la velocidad de deformación. En la literatura existen muchos modelos para describir este comportamiento, sin embargo son varios los autores (Kokini, 1992; Rha, 1978) que coinciden al afirmar que uno de los modelos más comúnmente usados y de aplicación general para ajustar los datos experimentales y expresar cuantitativamente el comportamiento al flujo de los fluidos inelásticos independientes del tiempo es el modelo propuesto por Herschel y Bulkley:

$$\tau = \tau_0 + K_H \dot{\gamma}^n \quad (1)$$

donde:

$\tau$  = esfuerzo cortante

$\tau_0$  = umbral de fluencia

$K_H$  = índice de consistencia de flujo

$\dot{\gamma}$  = velocidad de deformación

$n$  = índice de comportamiento al flujo

Esta ecuación puede representar, dependiendo de los valores que tomen las constantes, comportamientos newtonianos, plásticos de Bingham, pseudoplásticos y dilatantes. En la siguiente tabla se muestra el comportamiento al flujo y algunos ejemplos de varios tipos de alimentos fluidos y semifluidos.

**TABLA N° 4.7: CARACTERÍSTICAS DE FLUJO DE ALIMENTOS LÍQUIDOS**

Tipo de flujo	Índice de consistencia	Índice de comportamiento al flujo	Umbral de fluencia	Ejemplo
Newtoniano	Viscosidad $k > 0$	$n = 1$	$\tau_0 = 0$	Zumos clarificados, aceites, leche, jarabes de pastelería.
Seudoplástico	Viscosidad aparente $k > 0$	$0 < n < 1$	$\tau_0 = 0$	Zumos concentrados cremogenados y purés,
Plástico de Bingham	Plasticidad constante $k > 0$	$n = 1$	$\tau_0 > 0$	Aderozos de ensalada, salsa de dulce de, chocolate kepchup.
Tipo mixto	Índice de consistencia	$0 < n < 1$	$\tau_0 > 0$	Mermelada, jalea
Dilatante	Índice de consistencia $k > 0$	$0 < n < \infty$	$\tau_0 = 0$	Mantequilla de cacahuete, pasta de salchichas.

Fuente: Rha C. K. 1978

## **Clasificación de los alimentos fluidos según su comportamiento reológico**

Los alimentos fluidos según su comportamiento reológico, se clasifican como alimentos newtonianos y no newtonianos, según siga o no la ley de Newton de la viscosidad. Además, existen alimentos en los que su comportamiento depende del tiempo de actuación del esfuerzo realizado sobre ellos. Finalmente, existe otro grupo de alimentos que se comportan como fluidos viscosos y sólidos elásticos a la vez, son los fluidos viscoelásticos. (Holdsworth, 1971; Muller, 1973; Rao, 1977b; Barbosa-Cánovas *et al.*, 1993), citado por Garza 1998.

Así, la clasificación de los fluidos alimentarios según su comportamiento reológico puede establecerse de la siguiente forma:

- Fluidos newtonianos.
- Fluidos no newtonianos.
  - Independientes del tiempo
    - Plásticos de Bingham
    - Seudoplásticos
    - Dilatantes
  - Dependientes del tiempo
    - Fluidos tixotrópicos
    - Fluidos reopéticos
  - Fluidos viscoelásticos

Stroshine (1999), en sus investigaciones se menciona que los productos agrícolas pueden considerarse como materiales de ingeniería de naturaleza anisotrópica cuyas propiedades mecánicas están relacionadas con su comportamiento bajo la acción de fuerzas aplicadas. El comportamiento mecánico que pueden exhibir los materiales biológicos no

es perfectamente elástico ni perfectamente plástico. Estos materiales biológicos exhiben un comportamiento medio entre los anteriores y son agrupados bajo la definición de materiales viscoelásticos, en donde su comportamiento es representado mediante modelos reológicos.

Las propiedades reológicas de un material biológico están en función de su composición bioquímica y su estructura física con una gran dependencia del factor tiempo.

Para la firmeza del fruto Valero y Ruiz (1996), definen a la firmeza de un material, como la fuerza necesaria para romper los tejidos carnosos y está relacionada con los diferentes estados durante el proceso de maduración, por tanto, la firmeza de la fruta es considerada como un buen indicativo de la madurez. También depende del estado de la fruta en el momento de recolección, de la temperatura y forma de almacenamiento y puede relacionarse con el color externo. La firmeza es la resistencia de un material a la deformación o penetración, y cada material se caracteriza por una curva de deformación en respuesta a fuerzas variables aplicadas sobre él, se recomienda utilizar un coeficiente de elasticidad específico.

#### **4.2.2.1 Las medidas reológicas**

Son consideradas como una herramienta analítica que arroja información de la organización estructural de los alimentos. Varios factores afectan el comportamiento reológico de las pulpas de frutas que incluyen la temperatura, concentración de sólidos solubles totales y el tamaño de partícula. Ortega, Salcedo y Arrieta (2015), citado por Garza 1998.

Como resultado de la interacción compleja entre los azúcares, las sustancias pécticas y los sólidos en suspensión, la gran mayoría de las pulpas de frutas son fluidos no Newtonianos. Ortega, Salcedo y Arrieta (2015), citado por Garza 1998.

Diferentes ecuaciones han sido usadas para la descripción reológica de productos líquidos a base de frutas:

Modelo de Bingham, modelo de Ostwald de Waele o Ley de Potencia, modelo de Herschel y Bulkley, entre otros.

Muchos alimentos líquidos tienen un comportamiento reológico que puede ser caracterizado usando el modelo de Ley de Potencia o de Ostwald de Waele, ya que se ajusta bien con los datos experimentales.

$$\sigma = K\dot{\gamma}^n$$

Donde  $\sigma$  es el esfuerzo de corte (Pa),  $\dot{\gamma}$  es la velocidad de cizalla ( $s^{-1}$ ),  $K$  es el índice de consistencia (Pa.sn) y  $n$  es el índice de comportamiento de flujo (adimensional).

Además, una ecuación tipo Arrhenius se puede utilizar para describir la influencia de la temperatura sobre la viscosidad aparente a una velocidad de cizalla constante:

$$\eta_{app} = \eta_0 e^{\frac{Ea}{RT}}$$

Donde  $T$  es la temperatura absoluta,  $R$ : la constante universal de los gases,  $\eta_0$ : el factor pre exponencial y  $Ea$ : la energía de activación para la viscosidad.

Alvarado, Juan de Dios realizó estudios para la determinación de la madurez de frutas por medida de la densidad relativa del jugo, de diversas frutas en la que se encontraba el jugo de naranjilla, considerándolo los jugos son sistemas complejos y heterogéneos. García y Burón consideran a los zumos y purés de frutas como una suspensión de partículas sólidas que son restos de estructuras vegetales, en un líquido constituido por una solución coloidal de pectinas y por otra solución verdadera de azúcares, ácidos orgánicos y sales minerales.

El análisis que se puede hacer es que:

a) no se cuenta con un trabajo de determinación del comportamiento reológico de la naranjita de quito en el Perú.

b) las pruebas reológicas son necesarias para conocer cómo se debe manipular a lo largo de cada proceso elegido y deben realizarse en situ para cada variedad.

#### **4.2.2.2 Reómetro RheolabQC**

El reómetro es un equipo de medición de las propiedades reológicas de las sustancias con la cual se determina la viscosidad dinámica y estructural en profundas investigaciones, permite medir las siguientes anomalías de fluencia: la viscosidad estructural, la dilatancia, la plasticidad, la tixotropía y la reopexia.

Reómetro rotacional RheolabQC de Anton Paar, es un reómetro de última generación que se encuentra en el laboratorio de investigación de la Facultad de ingeniería química, adquirido por la unidad de posgrado en diciembre de 2014.

Descripción de las características del reómetro:

El reómetro es un equipo moderno de funcionamiento fiable y simple.

Tiene un software para ser utilizado desde una computadora dedicada.

Es rotacional que mida esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad, presenta diversas geometrías (copas).

Se selecciona entre los ajustes de prueba de velocidad de corte y tensión de corte en tiempo de respuesta muy cortos.

Tiene un sistema de reconocimiento automático y configuración, todas las geometrías utilizadas medirán automáticamente y serán controladas por ordenadores y la información se leerá en software.

Incluye una base flexible para colocar las copas o contenedores de muestra, fácil de colocar en el equipo.

Tiene 2 geometrías (copas) que abarque sustancias ligeras y sustancias viscosas como geles, ketchup, mayonesa, mermeladas etc. y geometría de paletas.

#### **Especificaciones técnicas:**

- Tipo de motor: EC-motor DC.
- Rango de torque: 0,25 - 75 mNm
- Rango de velocidad: 0,01 - 1200 1/min
- Rango de viscosidad: 0,001 - 1000 000 Pas
- Rango shear stress: 0,5-30000 Pa

- Resolución de torque:  $< 0,1 \text{ uNm}$
- Dimensiones:  $300 \times 720 \times 350 \text{ mm}$
- Conexión a puerto serial RS232

#### 4.2.2.3 Terminología

**Naranjita de quito.-** Es un fruto redondo y anaranjado, se caracteriza por ser un fruto jugoso con un bajo contenido en azúcar y un sabor ligeramente ácido, en su composición presenta gran cantidad de calcio, potasio y fósforo y vitaminas, es un antioxidante natural.

**Reología.-** Es la ciencia del flujo y la deformación, que estudia las propiedades mecánicas fluidos. Por lo tanto el campo de la Reología se extiende desde la mecánica de fluidos newtonianos por una parte, hasta la elasticidad de Hooke por otra.

**Esfuerzo de corte.-** Se define el esfuerzo de corte o cizalla ( $\tau$ ) como la fuerza por unidad de área necesaria para alcanzar una deformación dada. La unidad de esta magnitud más comúnmente utilizada es el Pascal (Pa).

**Velocidad de deformación.-** La velocidad de deformación se define como el cambio de velocidad a través de la distancia entre dos placas. Su unidad es  $s^{-1}$ .

**Viscosidad.-** Es una propiedad reológica muy importante que mide la resistencia a la deformación del fluido. Otra forma de definir la viscosidad es como la relación entre el esfuerzo de corte y la tasa de deformación adoptada por el fluido

**Zumo o jugo.** Es la sustancia líquida que se extrae de los vegetales o frutas, normalmente por presión, aunque el conjunto de procesos intermedios puede suponer la cocción, molienda o centrifugación de producto original.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Equipos, Materiales y Reactivos

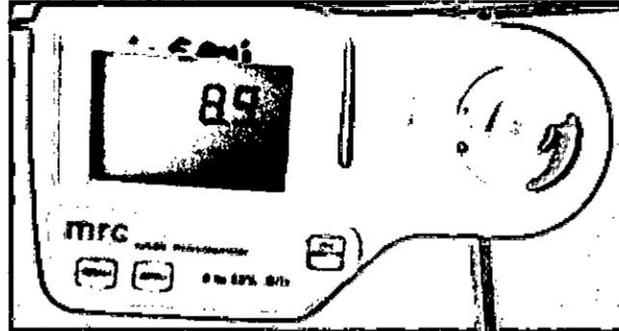
#### Equipos

- Kjendall VELP SCIENTIFICA
- Balanza de humedad Desecador.
- Estufa.
- Phmetro
- Reómetro
- Mufla
- Reómetro RheoLabQC

#### Materiales

- Vaso precipitado
- Cuchillos
- Colador
- Bagueta
- Espátula
- Mortero y pilón
- Agua destilada
- Cápsula de porcelana.
- Pinzas.
- Bureta
- Soporte universal
- Matraz
- Colador
- Pulpa de naranjilla de quito
- Crisoles
- Papel aluminio
- Cocinilla eléctrica

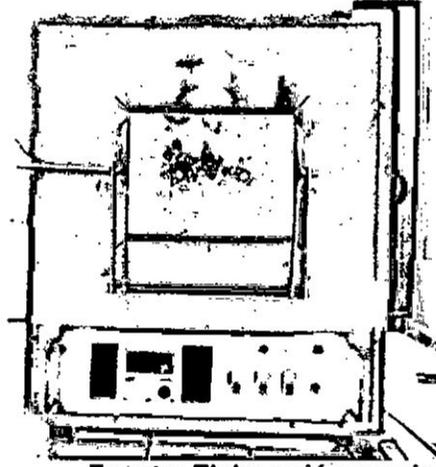
**FOTO N° 5.3: EQUIPO CALIBRADO CON AGUA DESTILADA**



Fuente: Elaboración propia

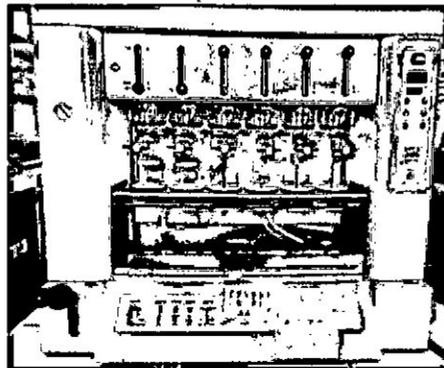
Marca de equipo: MRC REF-85. Rango de lectura de 0 to 85% Brix.

**FOTO 5.4: MUFLA ESZTERGOM**



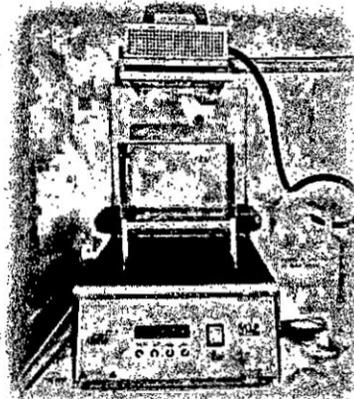
Fuente: Elaboración propia

**FOTO N° 5.5 : EXTRACTOR VELT SOXHLET.**



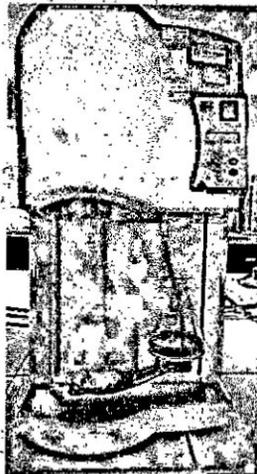
Fuente: Elaboración propia

**FOTO N° 5.6: DIGESTOR VELP SCIENTIFICA**



Fuente: Elaboración propia

**FOTO N° 5.7: DESTILADOR VELP SCIENTIFICA**



Fuente: Elaboración propia

## **5.2 La población de la investigación y la muestra**

Se empleó 10 Kg de naranjita de quito de procedencia de Oxapampa y para cada análisis se tomó las muestras necesarias según requiera el método utilizado.

## **5.3 Las técnicas, procedimientos e Instrumentos para recolección de datos**

### **5.3.1 Acondicionamiento de la Naranjita de Quito**

Se clasifican las materias primas en estudio, de acuerdo a sus condiciones organolépticas, sin fermentación y sin pardeamiento, luego

se lavan y desinfectan, para conservarlas en bolsas herméticas bajo refrigeración.

Se realiza el análisis organoléptico a los frutos:

### **5.3.2 Análisis organolépticos de la Naranja de Quito.**

Consiste en el examen de características tales como, color, consistencia, textura, sabor y olor. Esta evaluación determina la aceptación del producto.

#### **a. Evaluación del color**

La evaluación del color se hace con métodos subjetivos y con métodos objetivos. Los métodos subjetivos hacen uso de catálogos de color y de filtros vítreos. Con tales dispositivos, el resultado del examen depende del juicio de los especialistas. Los métodos objetivos funcionan con celdas fotoeléctricas que miden la luz que se refleja en la superficie. En ese caso, el color se mide en unidades físicas llamadas milivoltios. La investigación del color se complementa con la evaluación del panel. En el caso del laboratorio simplemente este análisis se hace con una evaluación a panel, ya que se carece de instrumentos apropiados para realizar un buen estudio

#### **b. Evaluación de la consistencia y textura**

La consistencia de un producto se percibe mediante los dedos, el paladar y los dientes. La consistencia ideal de un producto se determina por medio del panel de prueba. Se han desarrollado métodos empíricos para medir y clasificar la consistencia de muchos productos. La consistencia de un producto influye, además, directamente en el funcionamiento del equipo, mientras la textura de productos sólidos también se valora con el panel de prueba. La textura se puede clasificar en: firme, blanda, jugosa, correosa, elástica, fibrosa.

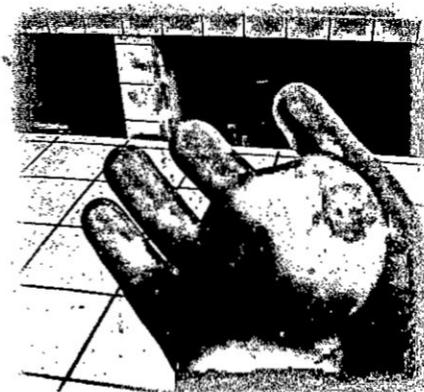
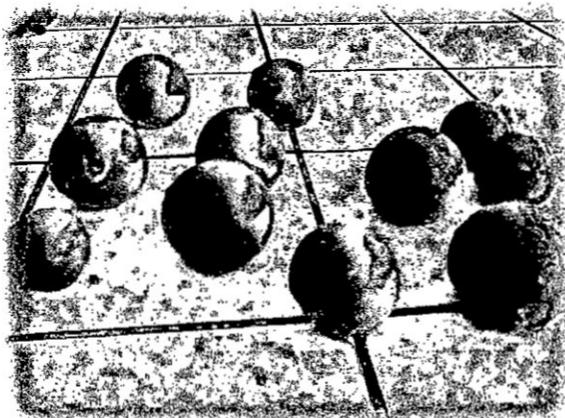
### c. Evaluación de sabor y olor

Estas son verdaderas características sensoriales. Son evaluadas solamente por el panel de prueba. Se pueden distinguir 4 sabores básicos: dulce, ácido, salado y amargo. Por lo general la percepción de cierto sabor será una combinación de la percepción de sabores y olores.

#### Resultados obtenidos:

- Forma: redonda ligeramente achatada en los polos.
- Sabor: ácido, agrídulce
- Tamaño: 5 a 6 cm. de diámetro
- Color: amarillo anaranjado.
- Aroma: Similar al de la cáscara de naranja, típico de todas las frutas con contenido cítrico.

**FOTO 5.8: RECEPCIÓN DE LA NARANJITA DE QUITO PARA LA CARACTERIZACIÓN**

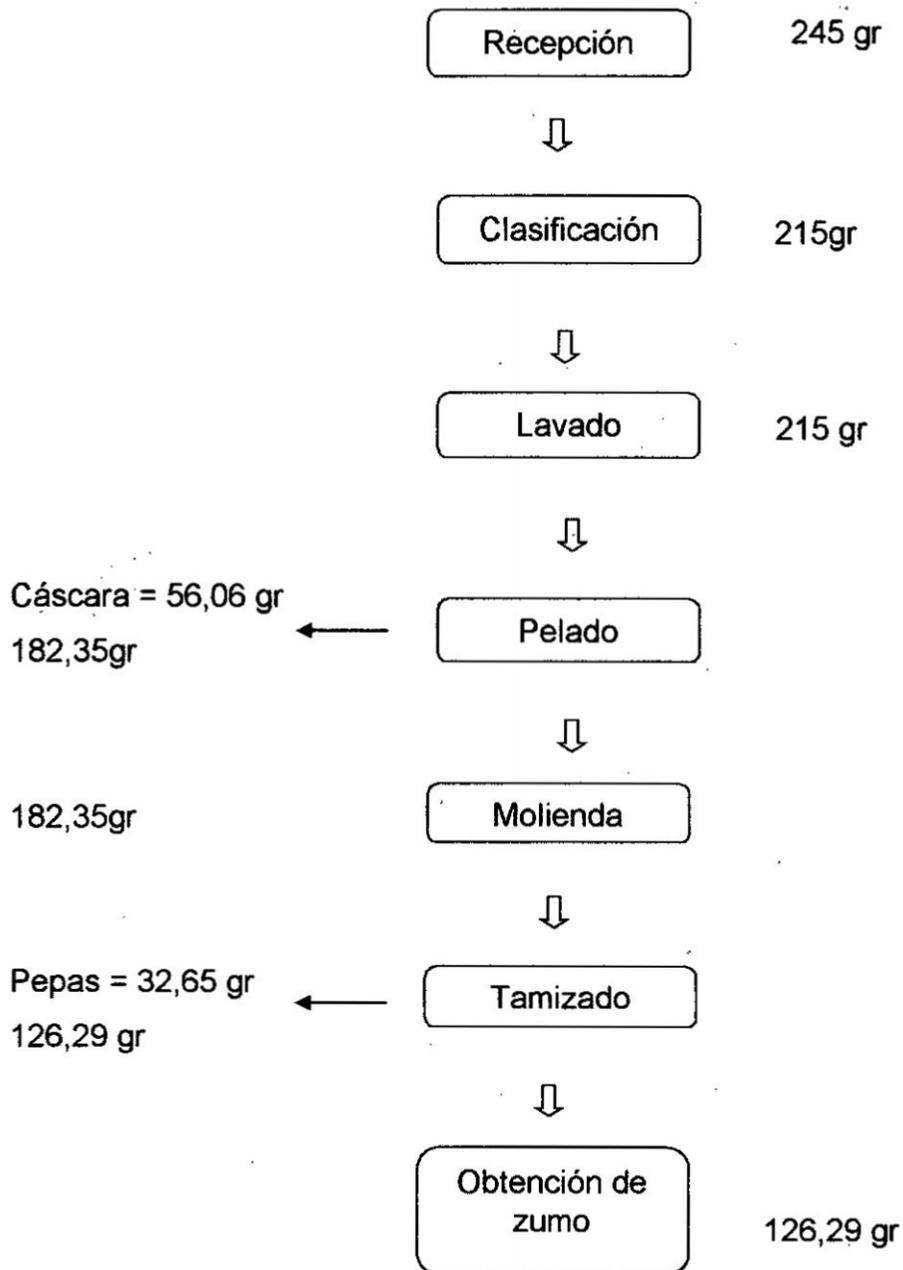


**Fuente: Elaboración propia**

Después de la evaluación organoléptica se determina el rendimiento:

*Handwritten signature or mark.*

## FLUJOGRAMA DE RENDIMIENTO DEL NARANJILLO



### 5.3.3 Balance de rendimiento del Naranjita de Quito

#### Procedimiento

- Se pesó 4 naranjas medianas las cuales pesan 215 gr
- Se peló y separó el fruto de su cáscara
- Se pesó la cáscara , siendo su peso de la cáscara de 56,06 gr
- Luego se separó las pepas y el zumo provenientes de la fruta
- Las pepas fueron pesadas siendo su peso de 32,65 gr
- El zumo fue pesado y su peso fue de 126,29gr

#### FOTO N° 5.9 : EXTRACCIÓN DEL ZUMO DE LA NARANJITA



Fuente: Elaboración propia

Fruta entera: 100%; zumo: 58,73%; cáscara: 26,07 %; pepas: 15,18%

Luego de realizar los cálculos correspondientes se puede establecer la

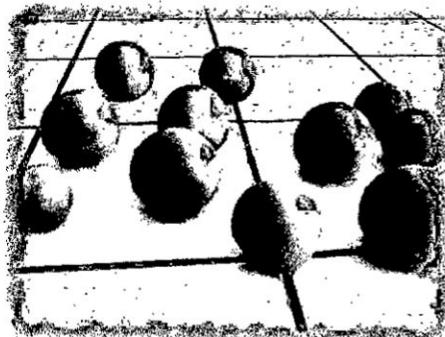
siguiente relación:  $\frac{\text{zumo}}{\text{fruta}} = \frac{1}{2}$

**5.3.4 Secuencia de operaciones para obtención del zumo de la Naranjita de Quito, mostrado con fotos de elaboración propia.**

*211*

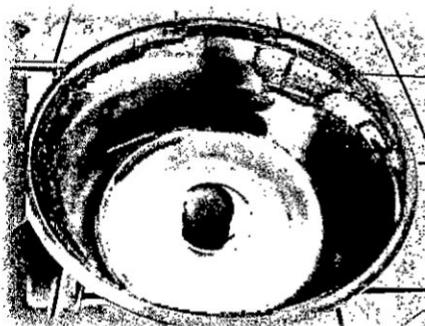
**FOTO N° 5.10**

**RECEPCIÓN Y CLASIFICACIÓN**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.11: LAVADO**



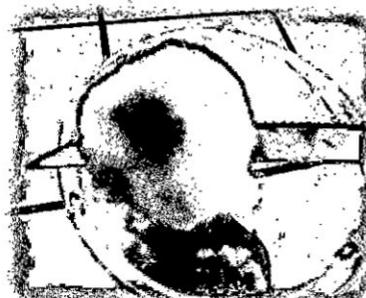
**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.12: PELADO**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.13: CORTE**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.14: MOLIENDA**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.15: TAMIZADO**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.16: OBTENCIÓN DEL  
ZUMO**



**Fuente: Elaboración propia**

### **5.3.5 Metodología empleada para la caracterización físico química**

Se realizó en el Instituto de Investigación Especializado en Alimentos, se utilizó en los análisis las siguientes metodologías:

% de humedad, se determinó por pesada directa de cada uno de los frutos en la balanza electrónica, el resultado se reportó como % en pérdida de peso.

pH A.O.C.981,12,1980

Sólidos solubles (°Brix) A.O.A.C- 932,12-2000

Acidos Titulable (% de ácido cítrico) A.O.A.C- 939,05-2000

% de cenizas A.O.A.C official method 1995 930,05

% de grasas A.O.A.C official method 1995 930,09

% de proteínas AOAC 920,152

Vitamina C . Ciancaglioni.P et al Using a classical method of vitamin C Quantification as a tool for discussion of its role in the body. *Biochem.Mol.Biol.Edu.*29: 110 - 114, 2001.

% de Carbohidratos totales Agriculture Handbook del USDA, composición de los alimentos 1975. Metodologías descritas en cada prueba.

#### **5.3.5.1 Determinación de Humedad**

Se realizó por triplicado con 3 muestras distintas de quito quito.

El % humedad se determinó por pesada directa de cada uno de los frutos en la balanza electrónica. El resultado se reportó como % pérdida de peso.

Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 6.1.

#### **5.3.5.2 Determinación del pH**

Se realizó por triplicado con 3 muestras distintas de quito quito.

El pH por el método potenciométrico, según el método A.O.A.C 981,12 (A.O.A.C 1980).

El potenciómetro fue calibrado inicialmente a través de soluciones de patrón padrones pH 4.01 a 7,01 en un pH-metro ETI.8100 Plus. Se extrajo la pulpa de quito quito 20 ml en vaso de precipitado de 50 ml. 3. La pulpa previamente homogeneizada se tomó una alícuota de 10 ml y se hizo la

lectura de pH directamente. Los resultados se expresan en la Tabla N° 6.2

### 3.5.3.3 Sólidos Solubles

Se utilizaron tres tipos de muestras y el método Sólidos solubles (°Brix) A.O.A.C 932,12, 2000. Los resultados se expresan en la Tabla N° 6.3

### 3.5.3 4 Acidez Titulable

Se utilizaron tres tipos de muestras. Se determinó a la titulable de acuerdo al método A.O.A.C 939,05, 2000 expresándose como porcentaje de ácido cítrico.

$$\% \text{ acidez} = N \text{ HCl} * V \text{ HCl} * 0,064 * 100/V \text{ muestra.} \text{ Ecuación 1}$$

### 3.5.3.5 Cenizas

Se pesó aproximadamente 2 g de zumo de quito quito en crisoles y luego se colocó en una mufla a una temperatura de 600°C, durante 5 horas, luego se colocó en un desecador hasta llegar a temperatura ambiente para luego ser pesado en un balanza analítica. Se utilizó el método de % Cenizas, AOAC Official Method 1995, 930.05. Los valores se expresan en la Tabla 6.6

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Peso del residuo (g)} \times 100 \text{ muestra}}{\text{Peso de la muestra en (g)}} \text{ Ecuación 2}$$

### 3.5.3.6 Determinación de Grasas

%Grasas, AOAC Official Method 1995, 930.09

Se pesó aproximadamente entre 5 gramos de zumo de quito quito libre de humedad y de semillas luego se colocó en un cartucho de celulosa; se agregó hexano 40 ml y se extrajo durante 2 horas y 20 minutos en un extractor VELP Soxhlet. Finalmente se pesó los residuos de grasa depositados en los vasos extractores. Los valores de % de grasa se muestran en la Tabla N° 6.7.

### 3.5.3.7 Determinación de proteínas

Se utilizó el método % Proteína, método AOAC 920.152 del 2000.

- ❖ Se pesó 2g pulpa de quito quito libre de semillas y se adicióno la mezcla catalítica (Ver Tabla N° 6.8).
- ❖ Se colocó en los tubos digestores los catalizadores y muestra luego se agregó el ácido sulfúrico y se digirió las muestras incluyendo el blanco. Se enfrió hasta temperatura ambiente y finalmente se adicióno adiciónar 25,0 ml de agua destilada.
- ❖ Se agregó aun matraz Erlenmeyer de 125 ml luego se adicióno 25mL de solución de ácido bórico 4% P/V y 5 gotas de indicador de tashiro.

Se procedió a realizar el destilado por el equipo con una solución de NaOH ala 40% P/V.

- ❖ Finalmente se procedió a titular el matraz HCl 0,1 N hasta que vire. Para el cálculo de porcentaje de nitrógeno se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Proteína} = (V_{\text{gastado}} - V_{\text{blanco}}) * N \text{ HCl} * 0,014 * 100/W_{\text{muestra}} \dots \text{ Ecuación 3}$$

### 3.5.3.8 Determinación de Vitamina C mg/100

#### Procedimiento experimental

#### a. Preparación del zumo de fruta

- Exprimió el quito quito.
- Se procedió a filtrar a mediante una gasa.

#### b. Titulación del ácido ascórbico

- ✓ Se colocó en un Erlenmeyer de 100 ml:
  - \* 10 ml de zumo de quito quito
  - \* 15 ml de agua destilada
  - \* 0,25 ml de HCl (15% v/v)
  - \* 0,25 ml de almidón (1% w/v) que actúo como indicador.
- ✓ Se llenó la bureta con 15 ml de disolución de yodo 24,1 mM.

- ✓ Se procedió a titular lentamente y agitando la disolución del zumo de quito quito contenida en el Erlenmeyer, hasta que vire al azul.
- ✓ Se procedió a anotar el gasto.

**c. Cálculos**

- ✓ Se calculó la cantidad de vitamina C en la muestra de quito quito en g/L utilizando la siguiente fórmula:

$$\checkmark \frac{g}{L} = 0,424 \times \frac{\text{Volumen yodo consumido}}{\text{volumen de la muestra}} \dots \dots \text{Ecuación 4}$$

**3.5.3.9 Determinación de Carbohidratos Totales**

$$\text{Carbohidratos totales} = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Cenizas} + \% \text{ Grasas} + \% \text{ Proteínas}) \dots \dots \text{Ecuación 5}$$

Los valores de % carbohidratos totales se muestran en la Tabla 6.13

**3.5.3.10 Determinación del Índice de Madurez**

$$\text{IM} = \text{sólidos solubles} / \text{acidez total} \dots \dots \dots \text{Ecuación 6}$$

Los valores de índice de madurez se muestran en la Tabla 6.14

**5.3.6 Metodología empleada para la caracterización reológica**

Las pruebas reológicas se Realizaron en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ingeniería química y se utilizó el RheolabQC que tiene el software RheolabPlus instalado y el sistema de medición CC27/S-SN38074, las muestras se llevaron al equipo RheolabQC para su determinación reológica, se utilizó una muestra patrón y se programó el equipo, mediante el software Rheoplus/32, donde se aplicó un esfuerzo cortante (Share Stress) expresado en Pa para determinar los datos de

velocidad de deformación (Share Rate) y viscosidad (Viscosity), expresados en  $s^{-1}$  y mPa.s. Así también para las 5 muestras rebajando su concentración y 2 muestras de igual concentración que la muestra 1 y 2. Se programó también los números de puntos que se van a tomar y el tiempo en que se va a tomar cada punto.

#### **5.4 Técnicas de análisis o métodos estadísticos**

Para la caracterización físico química se utilizó el promedio de los datos de cada prueba y para las pruebas reológicas el Software RheoPlus arrojó los datos y las gráficas, así como el modelo reológico.

## VI. RESULTADOS

### 6.1 Resultados de las pruebas fisico quimicas del zumo de quito

#### 6.1.1 Determinación de Humedad

**TABLA N° 6.1: VALORES DE % HUMEDAD**

Fruto mediano	M1	M2	M3	Promedio
% humedad	85,3000	85,3400	85,3500	85,3300

#### 6.1.2 Determinación de pH

**TABLA N° 6.2: VALORES DE pH**

	M1	M2	M3	Promedio
pH	3,1900	3,1800	3,1700	3,1800

#### 6.1.3 Sólidos Solubles

**TABLA N° 6.3: VALORES DE SOLIDOS SOLUBLES**

	M1	M2	M3	Promedio
Sólidos solubles	8,8900	8,8700	8,8800	8,8800

#### 6.1.4 Acidez Titulable

**TABLA N° 6.4: VOLUMEN GASTADO EN LA TITULACIÓN**

	Volumen gastado de Hcl 0.1N
Muestra 1	42,6
Muestra 2	42,3
Muestra 3	42,5

**TABLA N° 6.5: VALORES DE ACIDEZ TITULABLE**

	M1	M2	M3	Promedio
Acidez titulable	2,7300	2,7100	2,7200	2,7200

### 6.1.5 Cenizas

**TABLA 6.6: OBTENCIÓN DE % CENIZAS**

Crisoles	Muestra	Crisol + Muestra final	Residuos	% cenizas
32,9778	2,0328	32,9900	0,0122	0,6004
9,2402	2,0048	9,2523	0,0121	0,6011
10,4587	2,0571	10,4711	0,0124	0,6024
			Promedio	0,6013

### 6.1.6 Determinación de Grasas

**TABLA N° 6.7: VALORES DE % GRASA**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
% Grasas	0,3081	0,3079	0,3074	0,3078

Marca de equipo: VELP SCIENTIFICA. Modelo: UDK-127

### 6.1.7 Determinación de proteínas

**TABLA N° 6.8: VOLUMEN DE CATALIZADORES Y ÁCIDO SULFÚRICO**

	$K_2SO_4$ (g)	$CuSO_4$ (g)	Muestra mL	$H_2SO_4$ mL
Blanco	4,3923	1,5109	5 ml H <sub>2</sub> O	10
Muestra 1	4,0224	1,5370	2,5961	10
Muestra 2	4,0637	1,5719	2,5624	10
Muestra 3	4,0524	1,5424	2,5615	10

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 6.9: VALORES DEL VOLUMEN GASTADO PARA TRITURACIÓN**

	Volumen gastado de HCl 0.1N	Peso de muestra
Blanco	0,052	5 ml
Muestra 1	0,1	2,5981
Muestra 2	0,10	2,5439
Muestra 3	0,10	2,6559

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 6.10: VALORES DE % PROTEÍNAS**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
% Proteína	0,1621	0,1651	0,15814	0,162

Fuente: Elaboración propia

**6.1.8 Determinación de Vitamina C mg/100****TABLA N° 6.11: VOLUMEN DE YODO CONSUMIDO**

Repeticiones	Volumen Gastado	Vitamina C (g/L)	Vitamina C (mg/100)
1	14,6	0,619	61,9
2	14,8	0,628	62,8
3	14,7	0,623	62,3
Promedio	14,7	0,623	62,3

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 6.12: VALORES DE VITAMINA C mg/100**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Vitamina C mg/100	62,2000	62,4000	62,3000	62,3000

Fuente: Elaboración propia

**6.1.9 Determinación de Carbohidratos Totales****TABLA N° 6.13: VALORES DE CARBOHIDRATOS TOTALES**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Carbohidratos totales (%)	13,8068	13,7315	13,7381	13,7588

Fuente: Elaboración propia

### 6.1.10 Determinación del Índice de Madurez

**TABLA N° 6.14: VALORES DE INDICE DE MADUREZ**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Índice de Madurez	3,2721	3,2540	3,2680	3,2647

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 6.15: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO DE LA NARANJITA DE QUITO**

Procedencia : Oxapampa – Perú

Parámetros	M1	M2	M3	Promedio
% Humedad	85,3000	85,3400	85,3500	85,3300
pH	3,1900	3,1800	3,1700	3,1800
Sólidos solubles	8,8900	8,8700	8,8800	8,8800
Acidez titulable	2,7300	2,7100	2,7200	2,7200
% cenizas	0,6004	0,6011	0,6024	0,6013
% grasas	0,3081	0,3079	0,3074	0,3078
% proteínas	0,0162	0,0165	0,0158	0,0172
Vitamina C (mg/100)	62,2000	62,4000	62,3000	62,3000
Carbohidratos totales	13,8068	13,7315	13,7381	13,7588
Índice de madurez	3,2721	3,2540	3,2680	3,2647

Fuente: Elaboración propia

### 6.2 Resultados de las Pruebas reológicas del zumo de la naranjita de quito.

Para las pruebas reológicas, se tomaron seis muestras de zumo del naranjito de quito.

**TABLA N° 6.16: PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DEL ZUMO**

Muestra	Volumen (ml)	Masa (g)	pH
1	20	20,4	3,24
2	17,5	16,8	3,26
3	14	13	3,21
4	49	46,5	3,20
5	30	38,4	3,54
6	41	38,2	3,54

Fuente: Elaboración propia

Se homogenizó las 6 muestras y se determinó el pH 3,10 y la densidad del zumo de 0,86 g/ml esto se empleó para rebajar las concentraciones.

Las concentraciones (g/ml) se prepararon del siguiente modo:

**TABLA N° 6.17: DILUCIONES DE LA CONCENTRACIÓN DEL ZUMO**

Concentración	Masa del jugo de la pulpa (g)	Volumen del agua (ml)	pH
1	20	20	3,34
2	20	40	3,39
3	20	60	3,46
4	20	80	3,54
5	20	100	3,58
6	20	20	3,32
7	20	40	3,40

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.1 Prueba con la muestra Patrón

Se programó nueve puntos y se graficó el esfuerzo de corte vs velocidad de deformación los puntos y requeridos, los datos fueron exportados al Excel y luego para su presentación al Word como se muestra.

**TABLA N° 6.18 : PROGRAMACIÓN DE RHEOLAB QC  
PARA LA MUESTRA PATRÓN**

Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity	Speed	Torque	Status
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]	[1/min]	[µNm]	0

**Data Series Information**

Name: CSS 1  
 Number of Intervals: 1  
 Application: RHEOPLUS/32 V3.62 21007635-33024  
 Device: RheolabQC SN81627929; FW1.26  
 Measuring Date/Time: 01/06/2017; 11:43 a.m.  
 Measuring System: CC27/S-SN38074; d=0 mm

Interval: 1  
 Number of Data Points: 9

Time Setting: 200 Meas. Pts., Reset Strain  
 Meas. Pt. Duration 1 s

Event Control: Standard Mode  
 Terminate test, ...  
 ...if  $d(\gamma)/dt > 100$  1/s

Measuring Profile: Shear Stress  
 tau = 1 ... 100 Pa lin

Meas. Pts.	Shear Rate [1/s]	Shear Stress [Pa]	Viscosity [Pa·s]
1	2.02	1	0.495
2	5.08	1.5	0.295
3	11.7	1.99	0.17
4	18.8	2.49	0.132
5	28.1	2.99	0.107
6	39.2	3.49	0.089
7	51.8	3.98	0.0769
8	66.3	4.48	0.0676
9	82.4	4.98	0.0604

Fuente: Elaboración propia

Se observa un decrecimiento de la viscosidad de la muestra, igualmente la poca cantidad de puntos generó una curva poco definida por lo que se determinó aumentar el número de puntos.

### 6.2.3 Muestra 2

Se programó cien puntos para definir el ajuste de la curva, se imprimió solo los datos reportados mas no la caratula de programación.

**TABLA N° 6.22:**  
**VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE**  
**GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DELA MUESTRA 2**

Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa-s]
Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa-s]
1	0	0.434	0
2	1	0.635	0.635
3	2	0.742	0.371
4	3	0.829	0.276
5	4	0.906	0.226
6	5	0.975	0.195
7	6	1.04	0.173
8	7	1.1	0.157
9	8	1.16	0.145
10	9	1.21	0.135
11	10	1.26	0.126
12	11	1.31	0.119
13	12	1.36	0.114
14	13	1.41	0.108
15	14	1.46	0.104
16	15	1.5	0.1
17	16	1.54	0.0964
18	17	1.59	0.0933
19	18	1.63	0.0904
20	19	1.67	0.0877
21	20	1.71	0.0853
22	21	1.75	0.0831
23	22	1.78	0.0811
24	23	1.82	0.0792
25	24	1.86	0.0774
26	25	1.89	0.0758
27	26	1.93	0.0742
28	27	1.97	0.0728
29	28	2	0.0714
30	29	2.03	0.0702

31			
32	30	2.07	0.069
33	31	2.1	0.0678
34	32	2.14	0.0667
35	33	2.17	0.0657
36	34	2.2	0.0647
37	35	2.23	0.0638
38	36	2.26	0.0629
39	37	2.29	0.062
40	38	2.33	0.0612
41	39	2.36	0.0604
42	40	2.39	0.0597
43	41	2.42	0.0589
44	42	2.45	0.0582
45	43	2.48	0.0576
46	44	2.5	0.0569
47	45	2.53	0.0563
48	46	2.56	0.0557
49	47	2.59	0.0551
50	48	2.62	0.0546
51	49	2.65	0.054
52	50	2.67	0.0535
53	51	2.7	0.053
54	52	2.73	0.0525
55	53	2.76	0.052
56	54	2.78	0.0515
57	55	2.81	0.0511
58	56	2.84	0.0507
59	57	2.86	0.0502
60	58	2.89	0.0498
	59	2.92	0.0494

El programa graficó los datos y realizó el ajuste necesario, arrojando los parámetros para el modelo reológico de Herschel-Bulkey, con  $\tau_0=0,43449\text{Pa}$  y  $b=0,20028$  y  $\rho=0,61718$ . La viscosidad es decreciente con la velocidad de deformación.

### 6.2.4 Muestra 3

Se programó cien puntos para definir el ajuste de la curva.

**TABLA N° 6.23: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 3**

Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
1	0	0.499	0
2	1	0.682	0.682
3	2	0.784	0.392
4	3	0.869	0.29
5	4	0.943	0.236
6	5	1.01	0.202
7	6	1.07	0.179
8	7	1.13	0.162
9	8	1.19	0.149
10	9	1.24	0.138
11	10	1.3	0.13
12	11	1.35	0.122
13	12	1.39	0.116
14	13	1.44	0.111
15	14	1.49	0.106
16	15	1.53	0.102
17	16	1.58	0.0985
18	17	1.62	0.0952
19	18	1.66	0.0922
20	19	1.7	0.0895
21	20	1.74	0.087
22	21	1.78	0.0847
23	22	1.82	0.0826
24	23	1.86	0.0807
25	24	1.89	0.0789
26	25	1.93	0.0772
27	26	1.97	0.0756
28	27	2	0.0742
29	28	2.04	0.0728
30	29	2.07	0.0715

31	30	2.11	0.0702
32	31	2.14	0.0691
33	32	2.17	0.068
34	33	2.21	0.0669
35	34	2.24	0.0659
36	35	2.27	0.0649
37	36	2.31	0.064
38	37	2.34	0.0632
39	38	2.37	0.0623
40	39	2.4	0.0615
41	40	2.43	0.0608
42	41	2.46	0.06
43	42	2.49	0.0593
44	43	2.52	0.0587
45	44	2.55	0.058
46	45	2.58	0.0574
47	46	2.61	0.0568
48	47	2.64	0.0562
49	48	2.67	0.0556
50	49	2.7	0.0551
51	50	2.73	0.0545
52	51	2.76	0.054
53	52	2.78	0.0535
54	53	2.81	0.053
55	54	2.84	0.0526
56	55	2.87	0.0521
57	56	2.89	0.0517
58	57	2.92	0.0513
59	58	2.95	0.0508
60	59	2.98	0.0504
61	60	3	0.05
62	61	3.03	0.0496
63	62	3.05	0.0493
64	63	3.08	0.0489
65	64	3.11	0.0486
66	65	3.13	0.0482
67	66	3.16	0.0479
68	67	3.18	0.0475
69	68	3.21	0.0472
70	69	3.24	0.0469

El programa graficó los datos y realizó el ajuste necesario, arrojando los parámetros para modelo reológico de Herschel-Bulkey, con  $\tau_0=0,49915\text{Pa}$  y  $b=0,18324$  y  $\rho=0,63854$ . los valores de viscosidad son decreciente con respecto a la velocidad de deformación.

#### 6.2.5 Muestra 4

Se programó cien puntos para definir el ajuste de la curva.

**TABLA N° 6.24: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 4**

Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
1	0	0.587	0
2	1	0.864	0.864
3	2	0.994	0.497
4	3	1.1	0.366
5	4	1.19	0.296
6	5	1.26	0.253
7	6	1.34	0.223
8	7	1.4	0.2
9	8	1.47	0.183
10	9	1.53	0.17
11	10	1.58	0.158
12	11	1.64	0.149
13	12	1.69	0.141
14	13	1.74	0.134
15	14	1.79	0.128
16	15	1.83	0.122
17	16	1.88	0.118
18	17	1.92	0.113
19	18	1.97	0.109
20	19	2.01	0.106
21	20	2.05	0.103
22	21	2.09	0.0996
23	22	2.13	0.0969
24	23	2.17	0.0943
25	24	2.21	0.092
26	25	2.24	0.0898
27	26	2.28	0.0877
28	27	2.32	0.0858
29	28	2.35	0.084
30	29	2.39	0.0823

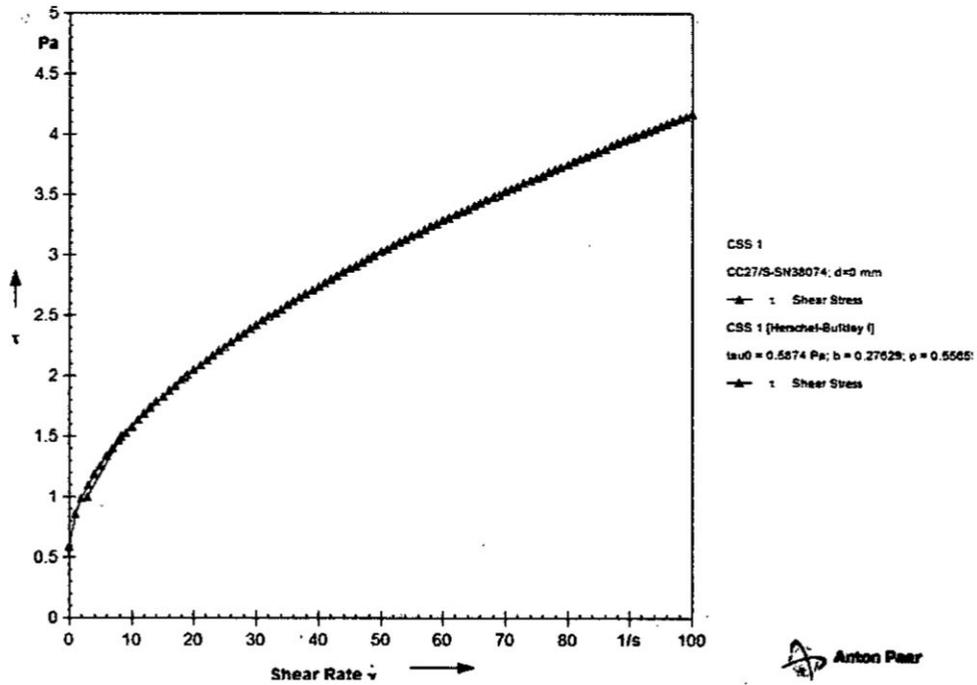
31	30	2.42	0.0807
32	31	2.46	0.0792
33	32	2.49	0.0778
34	33	2.52	0.0764
35	34	2.55	0.0751
36	35	2.59	0.0739
37	36	2.62	0.0727
38	37	2.65	0.0716
39	38	2.68	0.0705
40	39	2.71	0.0695
41	40	2.74	0.0685
42	41	2.77	0.0676
43	42	2.8	0.0667
44	43	2.83	0.0658
45	44	2.86	0.0649
46	45	2.89	0.0641
47	46	2.91	0.0634
48	47	2.94	0.0626
49	48	2.97	0.0619
50	49	3	0.0612
51	50	3.03	0.0605
52	51	3.05	0.0598
53	52	3.08	0.0592
54	53	3.11	0.0586
55	54	3.13	0.058
56	55	3.16	0.0574
57	56	3.18	0.0569
58	57	3.21	0.0563
59	58	3.24	0.0558
60	59	3.26	0.0553
61	60	3.29	0.0548
62	61	3.31	0.0543
63	62	3.34	0.0538
64	63	3.36	0.0533
65	64	3.38	0.0529
66	65	3.41	0.0524
67	66	3.43	0.052
68	67	3.46	0.0516
69	68	3.48	0.0512
70	69	3.5	0.0508

71	70	3.53	0.0504
72	71	3.55	0.05
73	72	3.57	0.0496
74	73	3.6	0.0493
75	74	3.62	0.0489
76	75	3.64	0.0486
77	76	3.66	0.0482
78	77	3.69	0.0479
79	78	3.71	0.0476
80	79	3.73	0.0472
81	80	3.75	0.0469
82	81	3.78	0.0466
83	82	3.8	0.0463
84	83	3.82	0.046
85	84	3.84	0.0457
86	85	3.86	0.0454
87	86	3.88	0.0452
88	87	3.91	0.0449
89	88	3.93	0.0446
90	89	3.95	0.0444
91	90	3.97	0.0441
92	91	3.99	0.0438
93	92	4.01	0.0436
94	93	4.03	0.0433
95	94	4.05	0.0431
96	95	4.07	0.0429
97	96	4.09	0.0426
98	97	4.11	0.0424
99	98	4.13	0.0422
100	99	4.15	0.0419

Fuente: Elaboración propia

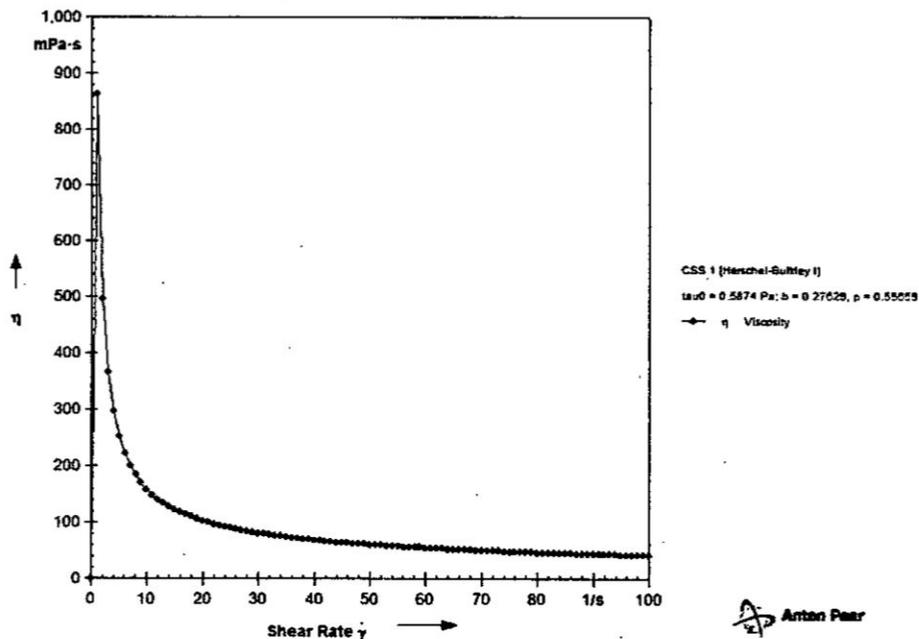
*DM*

**GRÁFICO 6.9 : ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 4**



Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 6.10 : VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 4**



Fuente: Elaboración propia

El programa graficó los datos y realizó el ajuste necesario, arrojando los parámetros para el modelo reológico de Herschel-Bulkey, con  $\tau_0=0,5874\text{Pa}$  y  $b=0,27629$  y  $\rho=0,055659$ , los valores de viscosidad son decreciente con respecto a la velocidad de deformación.

### 6.2.6 Muestra 5

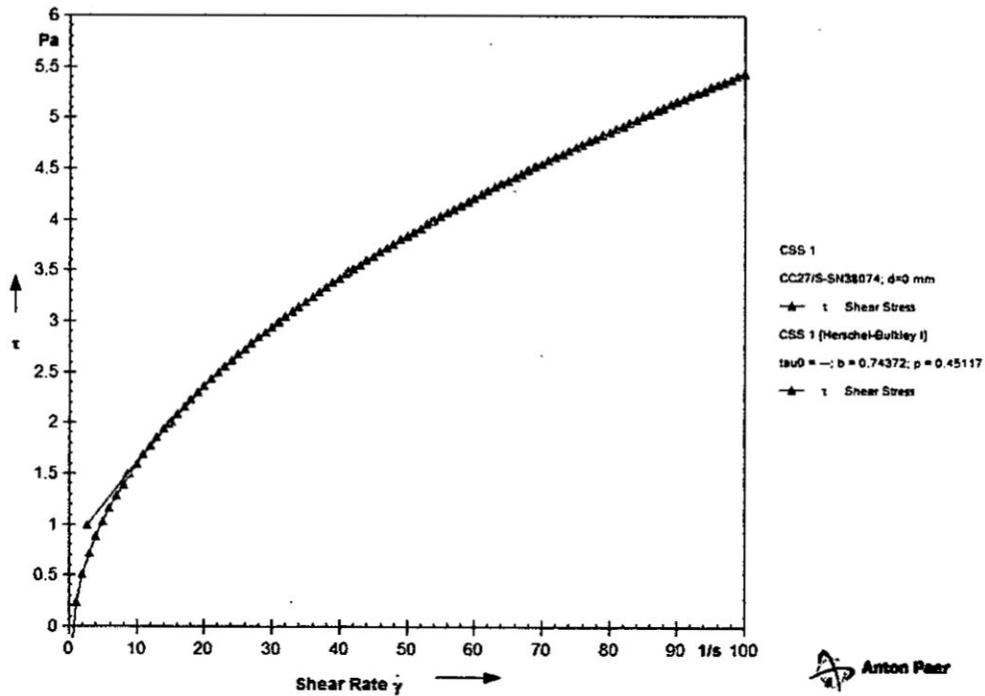
Se programó 94 puntos para definir el ajuste de la curva.

**TABLA N° 6.25: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 5**

Meas. Pts.	Shear Rate [1/s]	Shear Stress [Pa]	Viscosity [Pa·s]
Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
1	0	-0.505	0
2	1	0.239	0.239
3	2	0.512	0.256
4	3	0.716	0.239
5	4	0.885	0.221
6	5	1.03	0.206
7	6	1.16	0.194
8	7	1.28	0.183
9	8	1.4	0.174
10	9	1.5	0.167
11	10	1.6	0.16
12	11	1.69	0.154
13	12	1.78	0.148
14	13	1.86	0.143
15	14	1.94	0.139
16	15	2.02	0.135
17	16	2.09	0.131
18	17	2.17	0.127
19	18	2.24	0.124
20	19	2.3	0.121
21	20	2.37	0.118
22	21	2.43	0.116
23	22	2.49	0.113
24	23	2.56	0.111
25	24	2.61	0.109
26	25	2.67	0.107
27	26	2.73	0.105
28	27	2.79	0.103
29	28	2.84	0.101
30	29	2.89	0.0998

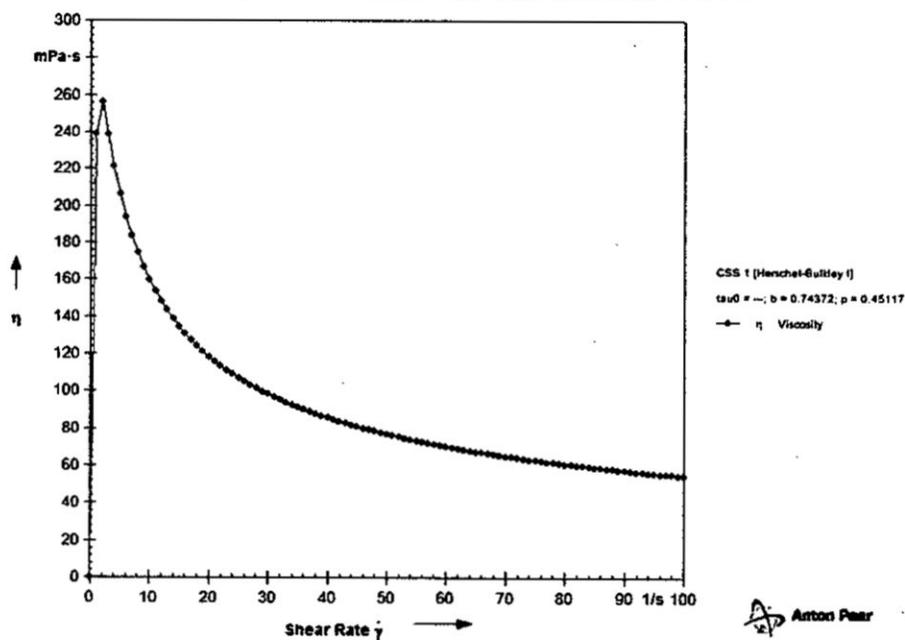
31	30	2.95	0.0982
32	31	3	0.0967
33	32	3.05	0.0952
34	33	3.1	0.0938
35	34	3.15	0.0925
36	35	3.19	0.0913
37	36	3.24	0.09
38	37	3.29	0.0889
39	38	3.33	0.0877
40	39	3.38	0.0866
41	40	3.42	0.0856
42	41	3.47	0.0846
43	42	3.51	0.0836
44	43	3.55	0.0826
45	44	3.6	0.0817
46	45	3.64	0.0808
47	46	3.68	0.08
48	47	3.72	0.0791
49	48	3.76	0.0783
50	49	3.8	0.0776
51	50	3.84	0.0768
52	51	3.88	0.0761
53	52	3.92	0.0753
54	53	3.96	0.0746
55	54	3.99	0.0739
56	55	4.03	0.0733
57	56	4.07	0.0726
58	57	4.1	0.072
59	58	4.14	0.0714
60	59	4.18	0.0708
61	60	4.21	0.0702
62	61	4.25	0.0696

**GRÁFICO 6.11: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 5**



Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 6.12 : VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 5**



Fuente: Elaboración propia

El programa grafica los datos y realiza el ajuste necesario, arrojando los parámetros para el modelo Herschel-Bulkey, con  $\tau_0=0$  Pa y  $b=0,74372$  y  $\rho=0,45117$ , los valores de viscosidad son decreciente con respecto a la velocidad de deformación.

### 6.2.7 Muestra 6

Se programó cien puntos para definir el ajuste de la curva.

**TABLA N° 6.26: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 6**

Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress	Viscosity
	[1/s]	[Pa]	[Pa·s]
1	0	0.706	0
2	1	0.958	0.958
3	2	1.08	0.542
4	3	1.19	0.396
5	4	1.28	0.319
6	5	1.36	0.271
7	6	1.43	0.238
8	7	1.5	0.214
9	8	1.56	0.195
10	9	1.62	0.18

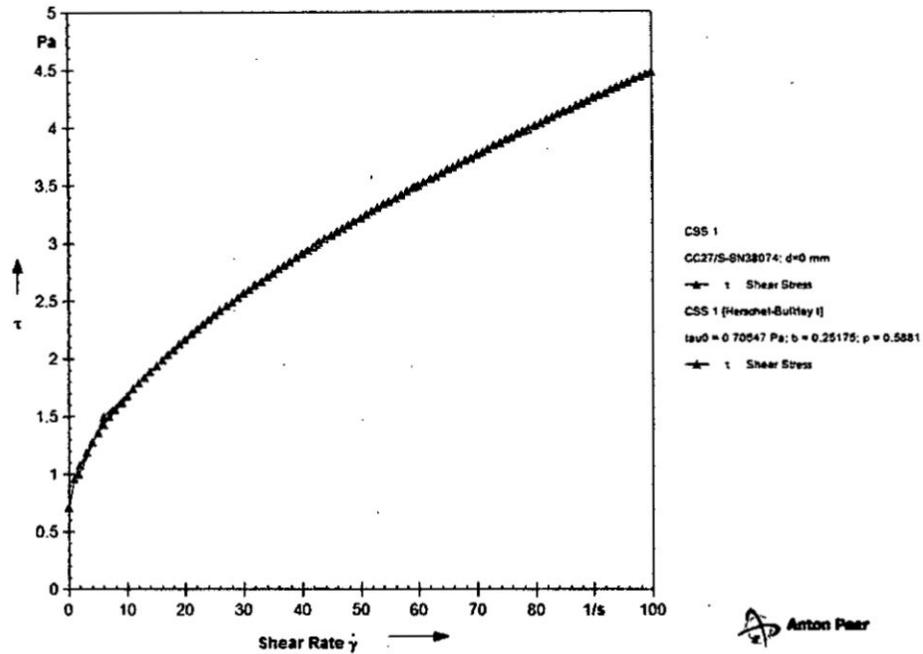
11	10	1.68	0.168
12	11	1.74	0.158
13	12	1.79	0.149
14	13	1.84	0.142
15	14	1.89	0.135
16	15	1.94	0.13
17	16	1.99	0.125
18	17	2.04	0.12
19	18	2.08	0.116
20	19	2.13	0.112
21	20	2.17	0.109
22	21	2.22	0.105
23	22	2.26	0.103
24	23	2.3	0.0999
25	24	2.34	0.0974
26	25	2.38	0.0951
27	26	2.42	0.093
28	27	2.46	0.0909
29	28	2.49	0.089
30	29	2.53	0.0873
31	30	2.57	0.0856
32	31	2.6	0.084
33	32	2.64	0.0825
34	33	2.67	0.081
35	34	2.71	0.0797
36	35	2.74	0.0784
37	36	2.78	0.0772
38	37	2.81	0.076
39	38	2.84	0.0749
40	39	2.88	0.0738
41	40	2.91	0.0728
42	41	2.94	0.0718
43	42	2.97	0.0708
44	43	3.01	0.0699
45	44	3.04	0.069
46	45	3.07	0.0682
47	46	3.1	0.0674
48	47	3.13	0.0666
49	48	3.16	0.0658
50	49	3.19	0.0651
51	50	3.22	0.0644
52	51	3.25	0.0637
53	52	3.28	0.063
54	53	3.31	0.0624
55	54	3.34	0.0618

*24*

56	55	3.36	0.0612
57	56	3.39	0.0606
58	57	3.42	0.06
59	58	3.45	0.0595
60	59	3.48	0.0589
61	60	3.5	0.0584
62	61	3.53	0.0579
63	62	3.56	0.0574
64	63	3.58	0.0569
65	64	3.61	0.0564
66	65	3.64	0.056
67	66	3.66	0.0555
68	67	3.69	0.0551
69	68	3.72	0.0547
70	69	3.74	0.0542
71	70	3.77	0.0538
72	71	3.79	0.0534
73	72	3.82	0.0531
74	73	3.85	0.0527
75	74	3.87	0.0523
76	75	3.9	0.0519
77	76	3.92	0.0516
78	77	3.95	0.0512
79	78	3.97	0.0509
80	79	3.99	0.0506
81	80	4.02	0.0502
82	81	4.04	0.0499
83	82	4.07	0.0496
84	83	4.09	0.0493
85	84	4.12	0.049
86	85	4.14	0.0487
87	86	4.16	0.0484
88	87	4.19	0.0481
89	88	4.21	0.0478
90	89	4.23	0.0476
91	90	4.26	0.0473
92	91	4.28	0.047
93	92	4.3	0.0468

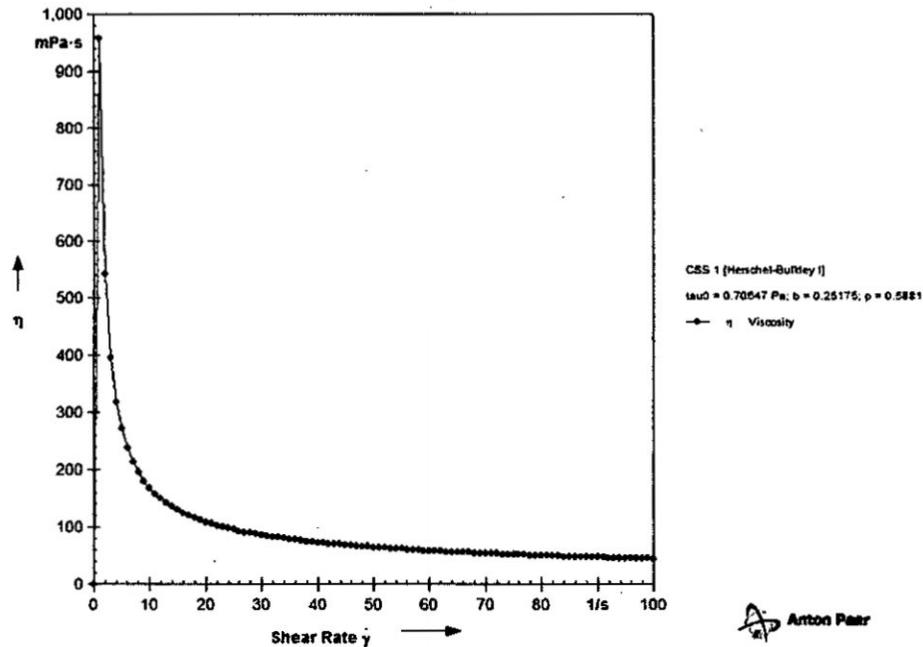
Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO 6.13: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 6**



Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO N° 6.14 : VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 6**



Fuente: Elaboración propia

*[Handwritten signature]*

El programa grafica los datos y realiza el ajuste necesario, arrojando los parámetros para el modelo Herschel-Bulkey, con  $\tau_0=0,070647$  Pa y  $b=0,25175$  y  $\rho=0,5881$ , los valores de viscosidad son decreciente con respecto a la velocidad de deformación.

### 6.2.8 Muestra 7

Se programó cien puntos para definir el ajuste de la curva.

**TABLA N° 6.27: VALORES PROGRAMADOS DE ESFUERZO CORTANTE GRADIENTES VELOCIDAD Y VISCOSIDAD DE LA MUESTRA 7**

Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress
	[1/s]	[Pa]
Meas. Pts.	Shear Rate	Shear Stress
	[1/s]	[Pa]
1	0	0.647
2	1	0.834
3	2	0.936
4	3	1.02
5	4	1.1
6	5	1.16
7	6	1.23
8	7	1.29
9	8	1.34
10	9	1.4
11	10	1.45
12	11	1.5
13	12	1.55
14	13	1.59
15	14	1.64
16	15	1.68
17	16	1.72
18	17	1.77
19	18	1.81
20	19	1.85
21	20	1.89
22	21	1.93
23	22	1.97
24	23	2
25	24	2.04
26	25	2.08
27	26	2.11
28	27	2.15
29	28	2.18
30	29	2.22

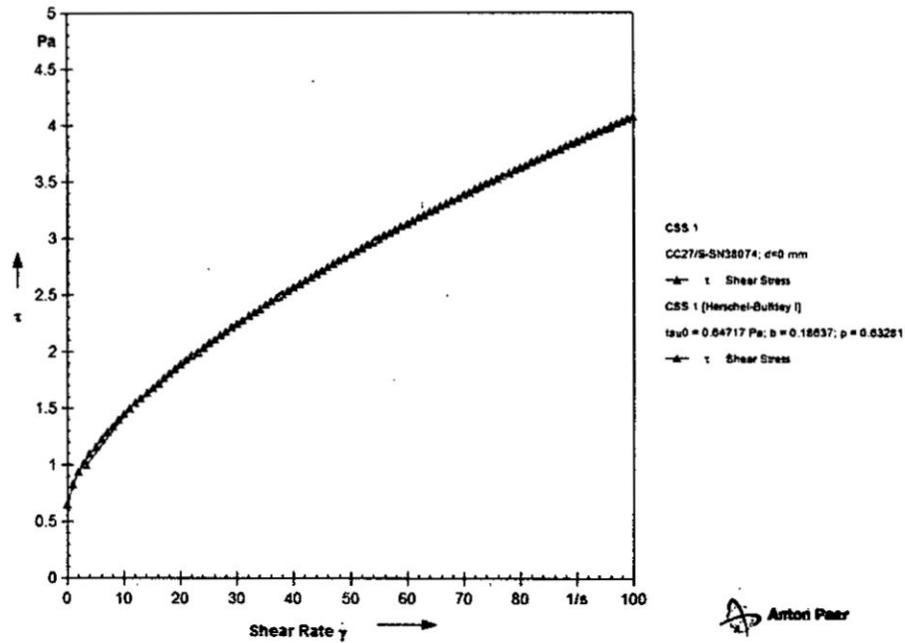
31	30	2.25	0.075
32	31	2.28	0.0737
33	32	2.32	0.0724
34	33	2.35	0.0712
35	34	2.38	0.0701
36	35	2.42	0.069
37	36	2.45	0.068
38	37	2.48	0.067
39	38	2.51	0.066
40	39	2.54	0.0651
41	40	2.57	0.0643
42	41	2.6	0.0634
43	42	2.63	0.0627
44	43	2.66	0.0619
45	44	2.69	0.0612
46	45	2.72	0.0604
47	46	2.75	0.0598
48	47	2.78	0.0591
49	48	2.81	0.0585
50	49	2.83	0.0579
51	50	2.86	0.0573
52	51	2.89	0.0567
53	52	2.92	0.0561
54	53	2.95	0.0556
55	54	2.97	0.0551
56	55	3	0.0546
57	56	3.03	0.0541
58	57	3.05	0.0536
59	58	3.08	0.0531
60	59	3.11	0.0527
61	60	3.13	0.0522
62	61	3.16	0.0518
63	62	3.19	0.0514
64	63	3.21	0.051
65	64	3.24	0.0506
66	65	3.26	0.0502
67	66	3.29	0.0498
68	67	3.31	0.0495
69	68	3.34	0.0491
70	69	3.36	0.0487
71	70	3.39	0.0484
72	71	3.41	0.0481
73	72	3.44	0.0477
74	73	3.46	0.0474
75	74	3.49	0.0471

*DM*

76	75	3.51	0.0468
77	76	3.53	0.0465
78	77	3.56	0.0462
79	78	3.58	0.0459
80	79	3.61	0.0457
81	80	3.63	0.0454
82	81	3.65	0.0451
83	82	3.68	0.0448
84	83	3.7	0.0446
85	84	3.72	0.0443
86	85	3.75	0.0441
87	86	3.77	0.0438
88	87	3.79	0.0436
89	88	3.82	0.0434
90	89	3.84	0.0431
91	90	3.86	0.0429
92	91	3.88	0.0427
93	92	3.91	0.0425
94	93	3.93	0.0422
95	94	3.95	0.042
96	95	3.97	0.0418
97	96	4	0.0416
98	97	4.02	0.0414
99	98	4.04	0.0412
100	99	4.06	0.041

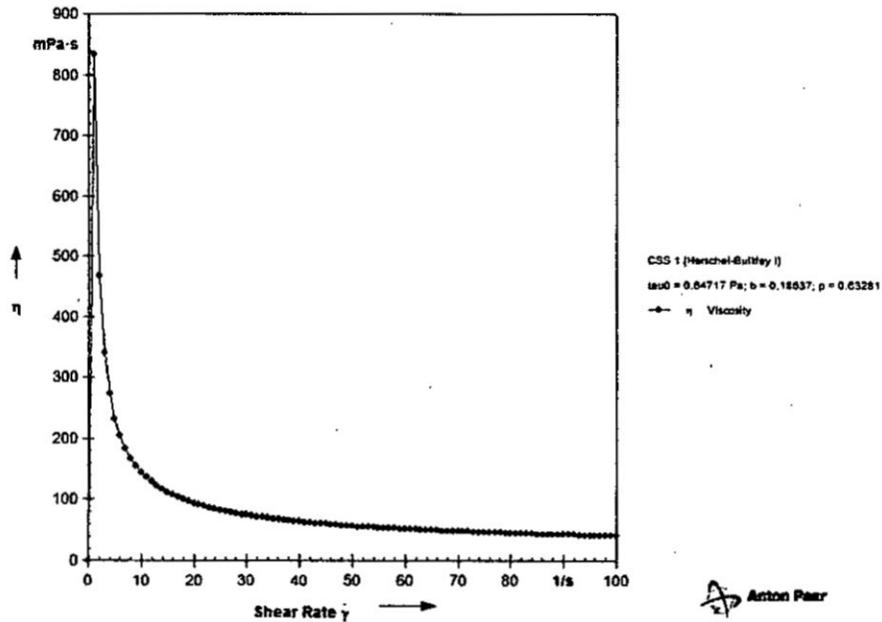
Fuente: Elaboración propia

**GRÁFICO 6.15: ESFUERZO CORTANTE VS GRADIENTE DE VELOCIDAD PARA LA MUESTRA 7**



Fuente: Elaboración propia

**RÁFICO N° 6.16 : VALORES DE VISCOSIDAD VS VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN PARA LA MUESTRA 7**



Fuente: Elaboración propia

El programa grafica los datos y realiza el ajuste necesario, arrojando los parámetros para cada modelo, el modelo mostrado es Herschel-Bulkey, con  $\tau_0=0,64717$  Pa y  $b=0,18637$  y  $\rho=0,63281$ , los valores de viscosidad son decreciente con respecto a la velocidad de deformación.

**TABLA N° 6.28: COMPARACIÓN DE VALORES OBTENIDOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS, CON LOS VALORES DE DIFERENTES FUENTES**

Parámetros	Naranjita de quito de Oxapampa	Análisis de frutas frescas en Colombia y Ecuador (Tabla N° 4.1)	Portal: <a href="http://www.deperu.com">www.deperu.com</a> (Tabla N° 4.2)	Wilcaso 2007 (Tabla N° 4.3)	Caicedo 2012 (Tabla N° 4.4) citado por Wilcaso
% Humedad	85,3300	85,8 – 92,5	91,6	91,2 – 90,18 – 85,88 (según variedad)	85,8 – 92,5
pH	3,1800				2,72
Sólidos solubles	8,8800			5,7 – 5 y 6 (según variedad)	9,6
% Acidez titulable	2,7200			2,22 – 1,56 – 0,99 (según variedad)	2,51
% cenizas	0,6013	0,61 – 0,8		0,52 – 0,51 – 0,82 (según variedad)	
% grasas	0,3078	0,1 – 0,24	0,1		0,1 – 0,24
% proteínas	0,1720	0,107 – 0,6	0,7	0,41 – 0,66 – 1,31 (según variedad)	0,107 – 0,6
Vitamina C (mg/100)	62,3000	31,2 – 83,7	65	83,5 – 83,7 (según variedad)	31,20 – 83,7
Carbohidratos totales (g)	13,7588	5,7	6,8		5,7
Índice de madurez	3,2647				

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 6.29: CARACTERIZACION REOLÓGICA DEL ZUMO DE NARANJITO DE QUITO A DIFERENTES CONCENTRACIONES.**

N°	Concentración Relación: peso del zumo / volumen de agua	Masa del jugo de la pulpa (g)	Volumen del agua (ml)	pH	Modelo reológico
Patrón	1	20	0	3,10	Bingham
1	1/1	20	20	3,34	Ostwald
2	1/2	20	40	3,39	Herschel- Bulkey,
3	1/3	20	60	3,46	Herschel- Bulkey,
4	1/4	20	80	3,54	Herschel- Bulkey,
5	1/5	20	100	3,58	Herschel- Bulkey,
6	1/1	20	20	3,32	Herschel- Bulkey,
7	1/2	20	40	3,40	Herschel- Bulkey,

Fuente : Elaboración propia

**TABLA N° 6.30: VALORES DE LOS PARÁMETROS QUE DEFINEN EL COMPORTAMIENTO DEL ZUMO DE LA NARANJITO DE QUITO**

Muestra	$\tau_0$	K	n
2	0,43449	0,20028	0,61718
3	0,49915	0,18324	0,63854
4	0,5874	0,27629	0,55659
5	0	0,74372	0,45117
6	0,70647	0,25175	0,58810
7	0,64717	0,18637	0,63281

$\tau_0$  = umbral de fluencia

K = índice de consistencia de flujo

n = índice de comportamiento al flujo.

## VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las características físico-químicas del zumo de naranjilla se han realizado en el Laboratorio del Instituto de Especializado en Agroindustria. Los valores obtenidos serán comparados con los datos de las tablas de valor nutricional de algunos autores que han trabajado con la naranjilla capítulo IV, página 37.

En la tabla N° 6.28, las características físico químicas obtenidas en la investigación con el fruto de procedencia de Oxapampa – Perú, se comparan con los datos reportados en los diferentes trabajos. En el caso de la humedad, el valor obtenido está dentro del rango de 85 a 91,6%, siendo el valor obtenido 85,33%. Con respecto a los sólidos solubles se reportan valores entre 5% y 9,6%, el valor obtenido es 8,8800. Respecto al % acidez se reportan valores entre 0,9% a 2,51%, el valor obtenido es 2,72%, no se encontró gran diferencia. Respecto al % de cenizas se reportan valores entre 0,51% a 0,82%, el valor obtenido es 0,6013%. En el análisis del % grasas se reportan valores entre 0,1% a 0,24%, el valor obtenido es 0,3078% se observó una ligera diferencia. Respecto a la proteína analizada se encontraron valores en el rango de 0,41% a 0,60%, el valor obtenido para nuestra muestra es 0,1720%. En el análisis de la vitamina C se encontró valores reportados entre 31,20mg – 83,7mg, el valor obtenido para nuestra muestra es 62,3000mg. En el análisis de carbohidratos totales se reportan valores entre 5,7g y 6,8g, el valor obtenido es 13,7588g. No se encontró reportes de índice de madures en las tablas de otros autores sin embargo el valor obtenido 3,2647 es decir es un fruto maduro.

En cuanto al peso del fruto se reporta un valor de 109,5g, (Caicedo 2012), sin embargo en las pruebas realizadas se encontró un valor promedio de 101g. Caicedo reporta un % de pulpa de 58,8%, de cáscaras 24,7% y



semillas 16,4%. En las pruebas realizadas se encontró zumo: 58,73%; cáscara 26,07% y pepas 15,18%.

Los resultados obtenidos para las pruebas reológicas no se pueden comparar con otros estudios porque no se han encontrado reportes en la bibliografía de trabajos realizados con el reómetro RheoLabQC.

Según tabla N° 6.29 para la muestra patrón del zumo se obtuvo un modelo de Bingham que obedece al comportamiento de un fluido plástico por la cantidad de sólidos en su estructura. Tiene dos parámetros: el esfuerzo de cedencia ( $\tau_0$ ) y una viscosidad plástica ( $\mu_0$ ), la ecuación correspondiente es:

$$\tau = -\mu_0 \dot{\gamma} \pm \tau_0$$

$$\tau_0 = 1,5988 \text{ Pa} \quad \mu_0 = 0,0443 \text{ Pa.s}$$

Para la muestra 1 se obtuvo un modelo de Oswald este modelo sirve para describir el comportamiento de fluidos pseudoplásticos y dilatantes. Tiene dos parámetros, conocidos como índice de consistencia de flujo (K) y un índice de comportamiento de flujo (n) la ecuación correspondiente es:

$$\tau = -K|\dot{\gamma}|^{n-1} (\dot{\gamma})$$

$$K=0,3855, \quad n=0,51153.$$

En la tabla 6.30 se observó que de la muestra 2 a la muestra 7 se obtuvo el modelo reológico de Herschel-Bulkey, que obedece al comportamiento de un fluido pseudoplástico, la ecuación correspondiente para la curva es:

La ecuación Herschel-Bulkey,

$$\tau = \tau_0 + K_H \dot{\gamma}^n$$

Los parámetros hallados para este modelo se expresan en la Tabla N° 7.3. Se concluye que para el zumo puro de la naranjita de Quito el comportamiento es plástico de Bingham y para la primera dilución es plástico y para las otras diluciones pseudoplástico, según valores de los parámetros vemos que el modelo cambia con la concentración del zumo, con la cual se aprueba la hipótesis respecto a su comportamiento de fluido pseudoplástico.

## VIII.- REFERENCIALES

- ACOSTA, O., Pérez, A. M., & y Vaillant, F. (2009). Chemical characterization, antioxidant properties, and volátil constituents of naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) cultivated in Costa Rica. *Latinoam. Nutr.*, 88 - 94.
- ABAD ALVAREZ, M. (2008). "Potencial antioxidante de zumos de frutas nativas del Ecuador" Cuenca: Universidad del Azuay.
- CAICEDO, D. (1999). "Manejo integrado del cultivo. Ibagué: Tecnimpresos".
- CAICEDO ALMEYDA, Rodrigo Andrés (2012) "Diseño de una Planta Agroindustrial destinada a la elaboración de productos a base de naranjilla (*Solanum quitoense* var.verde) en la provincia de Pichincha", facultad de ingeniería ciencias agropecuarias, tesis para obtener el título de ingeniero agroindustrial y de alimentos.
- GARZA GARZA, Salvador (1998) "Caracterización reológica y microbiológica, y cinéticas de deterioro en cremogenado de melocotón" Salamanca – España.
- IBARZ, A. (2006). "Aspectos reológicos de zumo y purés de fruta. Revista de tecnología e higiene de los alimentos".
- IBARZ, A., & Peleg, M. (1993). "Reología de alimentos fluidos. ResearchGate". 89p.
- JAVIER, N. (2014). Elaboracion y evaluacion reologica de meremelada de piña (*Ananas comusus*). Tingo Maria : Universidad Nacional Agraria de la selva. ivars. Brasilia: J Sci Food Agríe.
- HERNÁNDEZ, J., Woyzechowsky, L., Aldana, A., & Sanabria, N. (2015). Caracterización reológica de pulpa de naranja. Caracas: Universidad Simón Bolívar.

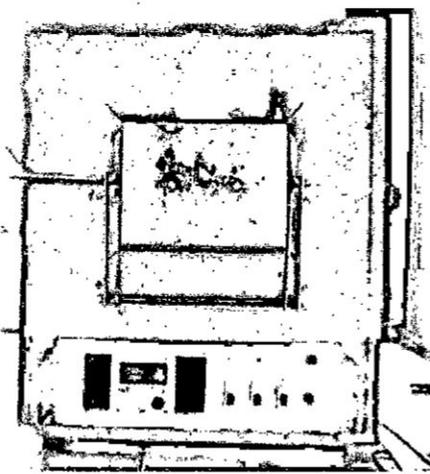
- MÁRQUEZ CARDOZO, Carlos Julio. (2009). Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ciencias Agronómicas – Sede Medellín “Caracterización Fisiológica, Físico-Química, Reológica, Nutraceútica, Estructural y Sensorial de la Guanábana (*Annona muricata* L. cv. ELITA) Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Doctor en Ciencias.
- MEJÍA, C. M., & Gaviria, D. A. (2012). Physicochemical characterization of the lulo (*Solanum quitoense* Lam.).
- MORTON, J. (1987). Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam). Miami: Dowling,.
- PINTO BOCANCHO, Santiago Paúl (2015) “Estudio de Factibilidad para la instalación de una Planta Artesanal Procesadora de la Naranjilla (*Solanum quitoense* lam.), producida por Agricultores de la Parroquia Río Verde, provincia Tungurahua” Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia en Ingeniería en Alimentos de Ecuador.
- RÍOS, G. (2004). Zonificación, caracterización y tipificación de los sistemas de producción de lulo (*Solanum quitoense*).
- RUIZ, Y., SÁNCHEZ, J., HERNÁNDEZ, E., AULEDA, J., & RAVENTOS, M. (2009) Viscosidad de zumos de manzana y melocotón y soluciones de sacarosa en el intervalo 4°C a -6°C. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia .
- STROSHINE, R. (1999). Physical properties of agricultural materials and food products. Purdue University., 152.
- TAMAYO, A. e. (2001). Frutales de clima frio moderado. Rionegro: Cartilla divulgativa.
- TORRES, T. S. (2012). Proteomic analisis ob banana fruit reveals proteins that are differentially accumulated during ripening. Postharvest Biol. Technol.
- VALERO U., C. y. (1996). Técnicas de medida de la calidad de frutas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

YUPANQYU LÓPEZ, Pedro Virgilio (2017). "Estudio de Factibilidad para la Instalación de una Planta Procesadora de Quito Quito (*Solanum quitoense*) en el sector Acuzazú del distrito de Oxapampa. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

#### **PÁGINAS DE INTERNET**

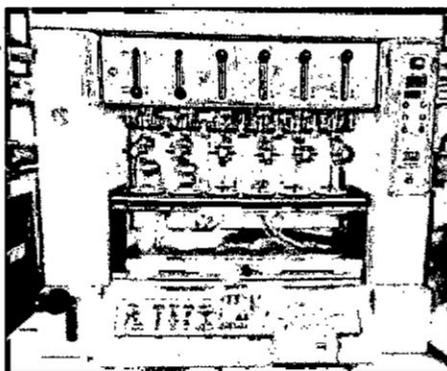
- <http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>
- [www.deperu.com/abc/frutas/5306/la-naranjilla](http://www.deperu.com/abc/frutas/5306/la-naranjilla)
- <http://jardin-mundani.blogspot.pe>.

**FOTO 5.4: MUFLA ESZTERGOM**



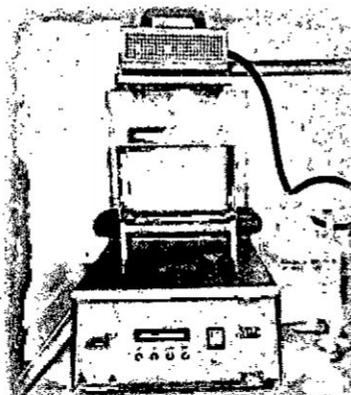
Fuente: Elaboración propia

**FOTO N° 5.5 : EXTRACTOR VELT SOXHLET.**



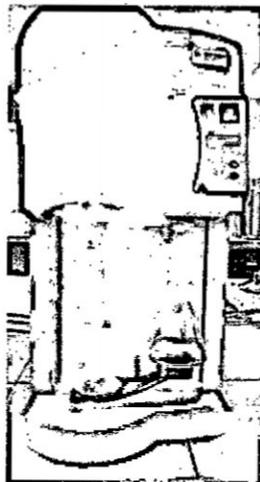
Fuente: Elaboración propia

**FOTO N° 5.6: DIGESTOR VELD SCIENTIFICA**



Fuente: Elaboración propia

**FOTO N° 5.7: DESTILADOR VLP SCIENTIFICA**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO 5.8: RECEPCIÓN DE LA NARANJITA DE QUITO PARA LA CARACTERIZACIÓN**



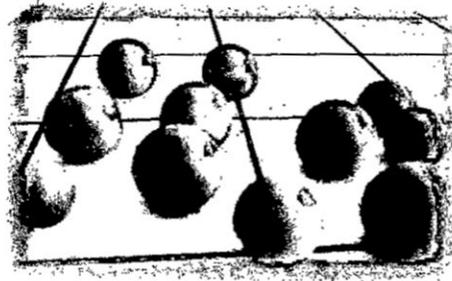
**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.9 : EXTRACCIÓN DEL ZUMO DE LA NARANJITA**



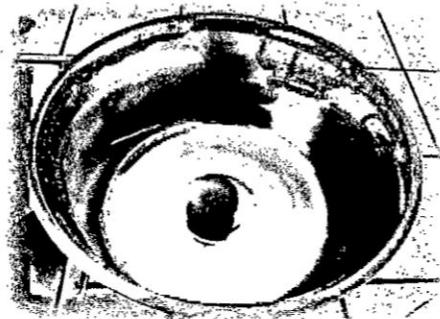
**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.10**  
**RECEPCIÓN Y CLASIFICACIÓN**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.11: LAVADO**



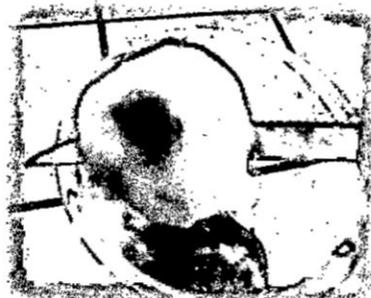
**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.12: PELADO**



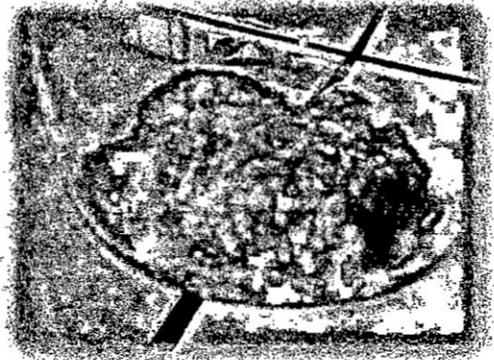
**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.13: CORTE**



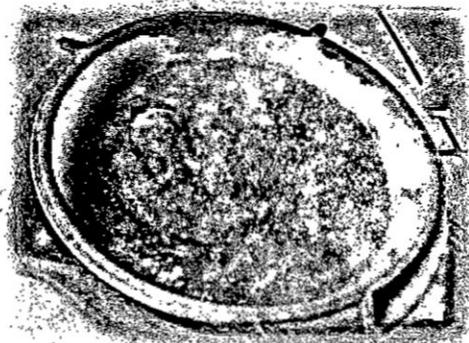
**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.14: MOLIENDA**



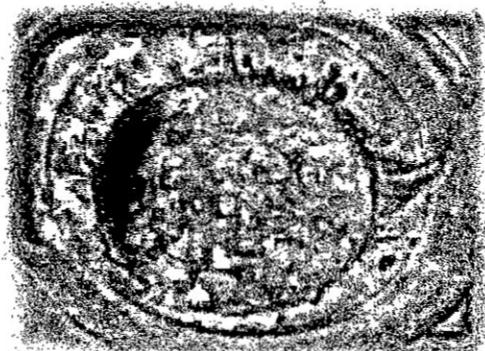
**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.15: TAMIZADO**



**Fuente: Elaboración propia**

**FOTO N° 5.16: OBTENCIÓN DEL  
ZUMO**



**Fuente: Elaboración propia**

**TABLA N° 6.8: VOLUMEN DE CATALIZADORES Y ÁCIDO SULFÚRICO**

	$K_2SO_4$ (g)	$CuSO_4$ (g)	Muestra mL	$H_2SO_4$ mL
Blanco	4,3923	1,5109	5 ml H <sub>2</sub> O	10
Muestra 1	4,0224	1,5370	2,5961	10
Muestra 2	4,0637	1,5719	2,5624	10
Muestra 3	4,0524	1,5424	2,5615	10

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 6.9: VALORES DEL VOLUMEN GASTADO PARA TRITURACIÓN**

	Volumen gastado de HCl 0.1N	Peso de muestra
Blanco	0,052	5 ml
Muestra 1	0,1	2,5981
Muestra 2	0,10	2,5439
Muestra 3	0,10	2,6559

Fuente: Elaboración propia

**TABLA N° 6.10: VALORES DE % PROTEÍNAS**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
% Proteína	0,1621	0,1651	0,15814	0,162

Fuente: Elaboración propia

## X. ANEXOS

- ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA
- ANEXO 2: FIGURA N° 4.1, FIGURA N° 4.2
- ANEXO 3: FIGURA N° 4.3, FIGURA N° 4.4, FIGURA N° 4.5
- ANEXO 4: FIGURA N° 4.6, FIGURA N° 4.7, FIGURA N° 4.8
- ANEXO 5: FIGURA N° 4.9, FIGURA N° 4.10, FIGURA N° 4.11
- ANEXO 6: FIGURA N° 4.12, FIGURA N° 4.13, FIGURA N° 4.14
- ANEXO 7: FIGURA N° 4.15 TABLA N° 4.1
- ANEXO 8: TABLA N° 4.2, FIGURA N° 4.3
- ANEXO 9: TABLA N° 4.4, TABLA N° 4.5
- ANEXO 10: TABLA N° 4.6
- ANEXO 11: TABLA N° 4.7



## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cómo será la caracterización físico química y el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita del quito ( <i>Solanum quitoense</i> ) a diferentes temperaturas y concentraciones?	Determinar la caracterización físico química y el comportamiento reológico del zumo(jugo) de naranjita de quito ( <i>Solanum quitoense</i> ) a diferentes temperaturas y concentraciones.	Si determinamos sus características físico químicas y realizamos sus medidas reológicas a diferentes temperaturas y concentraciones podremos caracterizar y determinar su comportamiento reológico del zumo de naranjita de quito( <i>Solanum quitoense</i> ).	Caracterización físico-química(pH, °Brix, densidad) (X <sub>1</sub> ) Comportamiento reológico del zumo de naranjita de quito (X <sub>2</sub> )	Pruebas cuantitativas y cualitativas. Pruebas instrumentales pH, °B, p. Comportamiento reológico	Características físicoquímicas y comportamiento reológico	Instrumentos de medición(pHmetro, densímetro, refractómetro). reometro

PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
<p>1. ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas del zumo (jugo) de la naranjita de quito (<i>Solanum quitoense</i>)?</p> <p>2 ¿Cuál será el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita del quito (<i>Solanum quitoense</i>) a diferentes temperaturas?</p> <p>3 ¿Cuál será el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita del quito(<i>solanum quitoense</i>) a diferentes concentraciones?</p>	<p>1.-Determinar las características fisicoquímicas del zumo(jugo) de la naranjita de quito</p> <p>2 Definir el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita del quito a diferentes temperaturas.</p> <p>3 Definir el comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjilla del quito a diferentes concentraciones</p>	<p>1 -El zumo de la naranjita de quito será de color amarillo anaranjado de sabor agridulce, de rico aroma pH °brix y densidad.</p> <p>2 -El comportamiento reológico del zumo (jugo) de la naranjita del quito a diferentes temperaturas será de un fluido no newtonneano independiente del tiempo comportándose como un fluido pseudoplastico.</p> <p>3- El comportamiento reológico del zumo(jugo) de la naranjita de quito a diferentes concentraciones será de un fluido no newtoniano independiente del tiempo comportándose como un fluido pseudoplastico.</p>	<p>Esfuerzo de corte (Y<sub>1</sub>)</p> <p>Temperatura (Y<sub>2</sub>)</p> <p>Concentración (Y<sub>3</sub>)</p>	<p>Fuerza/área, °C , % en volumen</p>	<p>Características fisicoquímicas y comportamiento reológico</p>	<p>Instrumentos de medición. Reómetro</p>

$$X_1, X_2 = f(Y_1, Y_2, Y_3)$$

X<sub>1</sub>= Caracterización físico-química del zumo de naranjita de quito (*Solanum quitoense*) ; X<sub>2</sub> =Comportamiento reológico

Y<sub>1</sub>= Características físico químicas (pH, densidad, °Brix) ; Y<sub>2</sub> temperatura ; Y<sub>3</sub> concentración

### ANEXO 3

FIGURA N° 4.3: ÁRBOL DE NARANJILLA DE QUITO



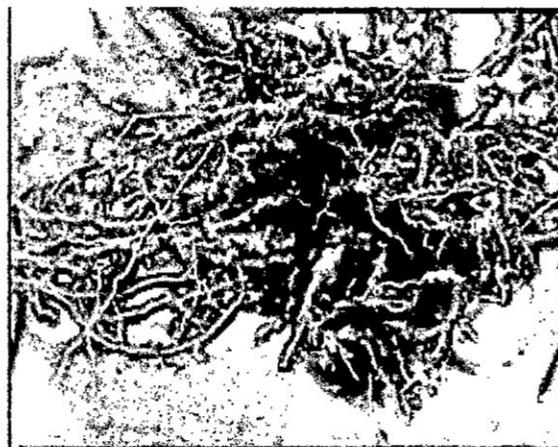
Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012)

FIGURA N°4.4 : PLANTUELAS DE QUITO QUITO



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

FIGURA N° 4.5: SISTEMA RADICULAR DEL QUITO QUITO



Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012)

## ANEXO 4

**FIGURA N° 4.6: TALLO DE NARANJILLA**



Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012)

**FIGURA N° 4.7 : HOJAS DE QUITO QUITO**



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

**FIGURA N° 4.8: FLOR DE NARANJILLA**



Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012)



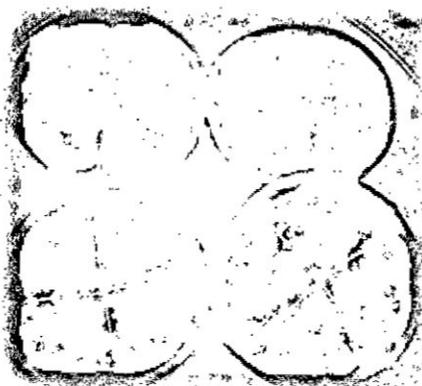
## ANEXO 6

**FIGURA N° 4.12 : FRUTO DE QUITO QUITO SIN PELOS**



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

**FIGURA N° 4.13 : FRUTO CORTADOS DE QUITO QUITO**



Fuente: <http://jardin-mundani.blogspot.pe>

**FIGURA N° 4.14: SEMILLAS DE NARANJILLA**



Fuente: Rodrigo Andrés Caicedo Almeyda (2012), adaptado de Díaz 2010

## ANEXO 7

FIGURA N° 4,15 : NARANJILLA (*Solanum Quitoense* Lam)  
VARIEDAD INIAP QUITOENSE 2009.



Fuente: Wilcaso (2007)

TABLA N° 4.1: INFORMACIÓN NUTRICIONAL

Valor alimenticio por cada 100

Calorías	23 cal
Humedad	85,8 – 92,5 g
Proteína	0,107 - 0,6 g
Carbohidratos	5,7 g
Grasa	0,24g
Fibra	4,6 g
Ceniza	0,61 – 0,8g
Cálcio	5,9 – 12,4 mg
Fósforo	12,0 – 43,7 mg
Hierro	0,34 – 0,64 mg
Caroteno	0,071 - 0,232 mg (600 I.U.)
Tiamina	0,04 - 0,094 mg
Riboflavina	0,03 - 0,047 mg
Niacina	1,19 - 1,76 mg
Ácido ascórbico	31,2 - 83,7 mg

Fuente: Análisis de frutas frescas en Colombia y Ecuador.

Información tomada de internet 29 de enero 2018

(<http://www.sabelotodo.org/agricultura/frutales/naranjilla.html>)



## ANEXO 8

**TABLA N° 4.2: VALOR NUTRICIONAL POR CADA 100 G DE PULPA**

Valor energético	28 cal
Humedad	91,6 %
Proteína	0,7 g
Grasa	0,1 g
Carbohidratos	6,8 g
Fibra	0,4 g
Ceniza	0,6 g
Vitamina A	50 mg
Tiamina	0,6 mg
Riboflavina	0,4 mg
Niacina	1,5 mg
Acido ascórbico	65 mg
Calcio	8 mg
Fósforo	14 mg
Hierro	0,4 mg

Fuente : [www.deperu.com/abc/frutas/5306/la-naranjilla](http://www.deperu.com/abc/frutas/5306/la-naranjilla)

**TABLA N° 4.3 CONTENIDO NUTRICIONAL EN HÍBRIDO PALORA, PUYO Y VARIEDAD AGRIA**

Características	Híbrido Palora	Híbrido Puyo	Variedad Agria
Humedad (%)	91,62	90,18	85,88
Ceniza (%)	0,52	0,51	0,82
Proteínas (%)	0,41	0,66	1,31
Fibra (%)	1,22	1,69	3,25
Acidez (%)	2,22	1,56	0,95
Alcaloides (+ot)	0,05	0,05	0,05
Sólidos solubles (%)	5,70	5	6
Sólidos totales (%)	8,38	14,12	9,82
Azúcares totales (%)	1,93	2,83	2,19
Vitamina C (mg/100g)	-	83,5	83,7

Fuente: Wilcaso 2007

## ANEXO 9

**TABLA N°4.4: CUALIDADES FÍSICAS VARIEDAD INIAP – QUITOENSE 2009**

Características	Promedio
<b>Físicas</b>	
Peso de Fruto (g)	109,5
Largo de fruto (cm)	58,6
Rendimiento del fruto	30%
Pulpa (%)	58,8
Cáscara (%)	24,7
Semilla (%)	16,4
<b>Químicas</b>	
pH	2,72
Acidez (%)	2,51
Sólidos Solubles (° Brix)	9,6

Fuente : Caicedo 2012, adaptado de INIAP- Departamento de Nutrición y Calidad, 2009

**TABLA N° 4.5: VALOR NUTRICIONAL DETALLADO DE LA NARANJILLA**

<b>Valor alimenticio por cada 100 g de la porción comestible</b>	
Calorías	23
Humedad	85,8 – 92,5 g
Proteína	0,107 – 0,6 g
Carbohidratos	5,7 g
Grasa	0,1 – 0,24g
Fibra	0,3 - 4,6 g
Ceniza	0,61 – 0,8g
Calcio	5,9 – 12,4 mg
Fósforo	12,0 – 43,7 mg
Hierro	0,34 – 0,64 mg
Caroteno	0,071 – 0,232 mg (600 I.U.)
Tiamina	0,04 – 0,094 mg
Riboflavina	0,03 – 0,047 mg
Niacina	1,19 – 1,76 mg
Ácido ascórbico	31,2 – 83,7 mg

Fuente : Caicedo 2012. Adaptado de INIAP- Laboratorio de Nutrición, 2009

## ANEXO 11

**TABLA N° 4.7: CARACTERÍSTICAS DE FLUJO DE ALIMENTOS  
LÍQUIDOS**

Tipo de flujo	Índice de consistencia	Índice de comportamiento al flujo	Umbral de fluencia	Ejemplo
Newtoniano	Viscosidad $k > 0$	$n = 1$	$\tau_0 = 0$	Zumos clarificados, aceites, leche, jarabes de pastelería.
Seudoplástico	Viscosidad aparente $k > 0$	$0 < n < 1$	$\tau_0 = 0$	Zumos concentrados cremogenados y purés,
Plástico de Bingham	Plasticidad constante $k > 0$	$n = 1$	$\tau_0 > 0$	Aderezos de ensalada, salsa de dulce de chocolate, kechup.
Tipo mixto	Índice de consistencia	$0 < n < 1$	$\tau_0 > 0$	Mermelada, jalea
Dilatante	Índice de consistencia $k > 0$	$0 < n < \infty$	$\tau_0 = 0$	Mantequilla de cacahuete, pasta de salchichas.

Fuente: Rha C. K. 1978

