

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA**

**Facultad de Ingeniería**

**Escuela Académico Profesional de Ingeniería Química**

**“CARACTERIZACIÓN MATEMÁTICA DEL COMPORTAMIENTO  
REOLÓGICO DEL NÉCTAR DE  
QUINUA – HIGO”**

**TESIS**

**Presentada por:**

**Bach. Carlos Ronald Huaqui Cruz**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**TACNA - PERÚ**

**2013**

**UNIVERSIDAD NACIONAL "JORGE BASADRE GROHMANN"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**JURADO CALIFICADOR Y SUSTENTACIÓN DEL EXAMEN  
PROFESIONAL**

MONOGRAFÍA No....

TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Químico

La Secretaría Académico-Administrativa de la Facultad de Ingeniería. CERTIFICA que por Resolución de Facultad No.01808 - 2013 -FAIN—UNJBG, fueron designados como jurados Calificadores para la Sustentación de la Tesis "Caracterización matemática del comportamiento reológico del néctar de quinua (Chenopodium Quinoa Will) - Higo (Ficus carica)"

El mismo está conformado por:

Presidente : Mgr. Pedro Nolzco Cornejo del Carpio  
Secretaria : Dr. Raúl Paredes Medina  
Vocal : Mgr. Juan Heraldo Viloche Bazán

Para verificar la sustentación del tema de la Tesis en mención en acto público del día 19 de Diciembre 2013, presentado por el **Bach. Carlos Ronald Huaqui Cruz**, de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Química.

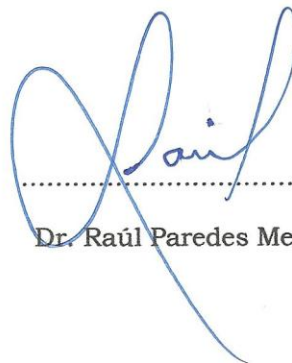
El Jurado Calificador en forma secreta e individual emitió su calificativo sobre la sustentación de la Tesis y procedió a obtener el promedio que arrojó el calificativo APROBADO con la nota de CATORCE (14).

Para ratificar lo detallado firman.



.....

Mgr. Pedro Nolzco Cornejo del Carpio



.....

Dr. Raúl Paredes Medina



.....

Mgr. Juan Heraldo Viloche Bazán



## DEDICATORIA

*A ti Señor por ser siempre la luz que guía mi camino.*

*A mis padres, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.*

*A mi esposa, a mis hijos, tíos, primos, abuelos y amigos. Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.*

*Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.*

*A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.*

CARLOS

## CONTENIDO

DEDICATORIA	i
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ANEXOS	xii
NOMENCLATURA	xiii
	<b>Página</b>
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>8</b>
1.1. Planteamiento del problema	8
1.2. Antecedentes	10
1.3. Objetivos de estudio	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL</b>	<b>17</b>
2.1. Materia prima, insumos y proceso productivo	17
2.1.1. Quinoa	17
2.1.1.1. Origen	17
2.1.1.2. Clasificación taxonómica	19

2.1.1.3.	Descripción botánica	20
2.1.1.4.	Composición química	24
2.1.1.5.	Principales variedades en el Perú	42
2.1.1.6.	Usos del grano de quinua	46
2.1.2.	Higo	50
2.1.2.1.	Historia y origen	50
2.1.2.2.	Característica del higo	50
2.1.2.3.	Taxonomía y morfología	51
2.1.2.4.	Variedades	51
2.1.2.5.	Los higos secos	53
2.1.2.6.	Producción nacional del higo	56
2.1.2.7.	Usos y aplicaciones del higo (ficus Carica)	57
2.1.3.	Néctares (Quinua e Higo)	58
2.1.3.1.	Proceso de elaboración del néctar nutritivo de quinua e higo	60
2.1.4.	Los aditivos y sus características	67
2.1.4.1.	Acido benzoico y benzoatos	68
2.1.4.2.	Estabilizantes	68
2.1.4.3.	Acido cítrico	70
2.1.4.4.	Sacarosa	71
2.1.4.5.	Colorantes	71
2.2.	Caracterización matemática de la reología	72
2.2.1.	Reología	72
2.2.1.1.	Historia	72
2.2.1.2.	Concepto	73

2.2.1.3. Patrones reológicos	74
2.2.1.4. Propiedades reológicas	76
2.2.1.5. Viscosidad	79
2.2.2. Reología de los alimentos	86
2.2.2.1. Comportamiento reológico de los cereales	87
2.2.2.2. Comportamiento reológico de las frutas	89
2.2.2.3. Aplicaciones e importancia de la reología	90
2.2.3. Caracterización de fluidos	92
2.2.3.1. Fluidos newtonianos	92
2.2.3.2. Fluidos no newtonianos	93
2.2.4. Modelos reológicos para alimentos	103
2.2.4.1. Modelos para fluidos newtonianos	104
2.2.4.2. Modelos para fluidos no newtonianos	106
2.2.4.3. Modelo efecto de la temperatura	110
2.2.4.4. Modelo efecto de la concentración	113
2.2.4.5. Efecto combinado de la temperatura y concentración	114
2.2.4.6. Modelo para alimentos plásticos	116
2.2.4.7. Modelo para alimentos tixotrópicos	120
2.2.4.8. Modelo para copa infinita	122
2.3. Hipótesis	136
2.3.1. Hipótesis general	136
2.3.2. Hipótesis específicas	136

<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA</b>	137
3.1. Materiales y equipos	137
3.2. Métodos	138
3.2.1. Muestras	138
3.2.2. Medidas reológicas	140
3.2.3. Cálculo de los parámetros reológicos	141
3.2.4. Análisis estadístico	142
3.2.5. Medidas fisicoquímicas	142
3.3 Caracterización del área de investigación	145
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS</b>	147
4.1 Resultado del efecto de la temperatura utilizando el modelo de arrhenius	169
4.2 Efecto de concentración mediante el modelo exponencial	173
4.3 Análisis del diseño experimental	177
<b>CAPITULO V: DISCUSIÓN</b>	190
CONCLUSIONES	198
RECOMENDACIONES	200
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	201
ANEXOS	215

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA Nº</b>		<b>Página</b>
01	Características de la semilla de diferentes variedades	24
02	Composición química de quinua (en 100 g de porción comestible)	26
03	Contenido de aminoácidos esenciales de diferentes variedades de quinua (mg/g de Proteína).	27
04	Composición de aminoácidos de proteínas de origen animal, quinua y otros cereales (mg de aminoácido/g de proteína cruda)	29
05	Contenido de azúcares en diferentes cereales (g/100 g de base seca)	34
06	Contenido de fibra dietética total (FDT), fibra dietética insoluble (FDI) y fibra dietética soluble en diferentes cereales (g/100 g de m.s.)	35
07	Contenido de minerales en diferentes cereales	38
08	Contenido de vitaminas en el grano de quinua (mg/100 g de materia seca)	39
09	Composición de higos secos (en 100 g)	55
10	Principales regiones productoras de higos del sur del Perú (en tn/año)	56
11	Composición química de frutas variadas (por 100 g de parte comestible)	58
12	Composición de diferentes néctares	67
13	Cantidad de estabilizantes que requieren algunos néctares	70

14	Equipos de mediciones empíricas para viscosidad	85
15	Características del néctar de quínuva e higo utilizando 5 muestras diferentes de concentración de C.M.C a 20° C	139
16	Resultado experimental de los parámetros reológicos (CMC - 0,50 %)	150
17	Resultado experimental de los parámetros reológicos (CMC - 0,75 %)	152
18	Resultado experimental de los parámetros reológicos (CMC - 1,00 %)	154
19	Resultado experimental de los parámetros reológicos (CMC - 1,25 %)	156
20	Resultado experimental de los parámetros reológicos (CMC - 1,50 %)	157
21	Valores de las constantes de la ecuación de Margules para copa infinita para el néctar de quinua-higo a distintas concentraciones y temperaturas	159
22	Determinación de parámetros para el modelo matricial correspondientes al índice de comportamiento de flujo y temperatura	161
23	Modelo aproximado del índice de comportamiento de flujo en función de la concentración y temperatura	162
24	Determinación de parámetros para el modelo matricial correspondientes al índice de consistencia y temperatura	165
25	Modelo aproximado del índice de consistencia en función de la concentración y temperatura	166
26	Parámetros de la ecuación de Arrhenius para el néctar de quinua-higo a distintas concentraciones	171

27	Efecto de temperatura sobre el índice de consistencia, utilizando la ecuación de Arrhenius	172
28	Valores de la ecuación exponencial de la concentración del néctar de quinua-higo a distintas temperaturas	175
29	Efecto de concentración sobre el índice de consistencia utilizando el modelo expotencial	176
30	Matriz de diseño y resultados experimentales	178
31	Valores de la matriz derivados del modelo matemático el néctar de quinua-higo	180
32	Análisis de la varianza para la viscosidad aparente	183
33	Coefficiente de regresión para viscosidad aparente	183
34	Resultados de la estimación para viscosidad aparente	184

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>FIGURA Nº</b>		<b>Página</b>
01	Sección longitudinal media del grano de quinua ( <i>Chenopodium Quinoa Will</i> )	23
02	Higos secos	54
03	Diagrama de flujo de elaboración néctar de quinua e higo	66
04	Viscosidad aparente de flúidos independientes del tiempo	80
05	Tipos de comportamiento de fluidos no-newtonianos	95
06	Comportamiento típico para fluidos independientes del tiempo	97
07	Comportamiento típico para fluidos dependientes del tiempo	102
08	Ilustración esquemática de un reómetro rotacional	124
09	Desarrollo de una expresión para la velocidad de corte en un reómetro rotacional	127
10	Resultado experimental de esfuerzo cortante y velocidad de corte (CMC-0,5 %).	149
11	Relación de viscosidad aparente y velocidad de corte (CMC-0,5 %)	149
12	Linealización del modelo de Margules para la determinación de los parámetros reológicos (CMC-0,5 %)	150
13	Resultado experimental de esfuerzo cortante y velocidad de corte (CMC-0,75 %).	151

14	Relación de viscosidad aparente y velocidad de corte (CMC-0,75 %)	151
15	Linealización del modelo de Margules para la determinación de los parámetros reológicos (CMC-0,75 %)	152
16	Resultado experimental de esfuerzo cortante y velocidad de corte (CMC-1,00 %).	153
17	Relación de viscosidad aparente y velocidad de corte (CMC-1,00 %)	153
18	Linealización del modelo de Margules para la determinación de los parámetros reológicos (CMC-1,00 %)	154
19	Resultado experimental de esfuerzo cortante y velocidad de corte (CMC-1,25 %).	155
20	Resultado experimental de esfuerzo cortante y velocidad de corte (CMC-1,50 %).	155
21	Linealización del modelo de Margules para la determinación de los parámetros reológicos (CMC-1,25 %)	156
22	Linealización del modelo de Margules para la determinación de los parámetros reológicos (CMC-1,50 %)	157
23	Relación de viscosidad aparente y velocidad de corte (CMC-1,25 %).	158
24	Relación de viscosidad aparente y velocidad de corte (CMC-1,50 %).	158
25	El Efecto del índice de comportamiento de flujo y temperatura	160
26	El Efecto del índice de consistencia y temperatura	163

27	Resultado experimental del efecto de concentración en esfuerzo cortante y velocidad de corte (15° C)	167
28	Resultado experimental del efecto de concentración en esfuerzo cortante y velocidad de corte (25° C)	167
29	Resultado experimental del efecto de concentración en esfuerzo cortante y velocidad de corte (35° C)	168
30	Linealización de la ecuación de Arrhenius a distintas concentraciones	172
31	Linealización de la ecuación de exponencial de la concentración a distintas temperaturas	176
32	Pareto estandarizado para viscosidad aparente	185
33	Media normal para viscosidad aparente	186
34	Efectos principales para viscosidad aparente	187
35	Interacción para viscosidad aparente	188
36	Superficie de respuesta estimada	188

## **ANEXOS**

### **ANEXO Nº**

- 01 Datos experimentales de néctar de quinua - higo (CMC = 0,50 %)
- 02 Datos experimentales de néctar de quinua - higo (CMC = 0,75 %)
- 03 Datos experimentales de néctar de quinua - higo (CMC = 1,00 %)
- 04 Datos experimentales de néctar de quinua - higo (CMC = 1,25 %)
- 05 Datos experimentales de néctar de quinua - higo (CMC = 1,50 %)
- 06 Panel fotográfico del proceso de elaboración de néctar de quinua - higo
- 07 Tablas comparativas de bebidas naturales
- 08 Características del viscosímetro brookfield dv-ii+ programable viscometer

## NOMENCLATURA

A	Area ( $m^2$ )
A,B,C	Constante Característica del fluido (adimensional).
$B'$	Sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix).
C	Concentración de C.M.C. (% en peso)
C.M.C	Carboximetilcelulosa
$C_p$	Calor Específico ( $J/kg^{\circ} C$ )
a, b	Constante del Fluido (adimensional)
$A_0$	Constante del Fluido (adimensional)
$A_1$	Constante del modelo potencial (adimensional).
$A_2$	Constante del modelo exponencial (% en peso).
$A_3$	Constante para un modelo combinado
$A_4$	Constante para un modelo combinado
$E_a$	Energía de activación de flujo (Ec.Arrhenius)( $kJ/mol$ )
$G_n$	Gravedad Específica ( $^{\circ}$ Baumé).
h	Altura efectiva del usillo (cm)
K	Indice de consistencia de flujo (Pa.s)
$K_0$	Constante o factor de frecuencia de la Ec. de Arrhenius (Pa.s)
$K_1$	Constante del modelo potencial ( $Pa.s^n$ )
$K_2$	Constante del modelo exponencial ( $Pa.s^n$ )
$K_3, K_4$	Constantes del modelo combinado
$K_M$	Indice de consistencia de Mizrahi y Berk
$K_T$	Indice de consistencia de pendiente de la temperatura

M	<i>Torque dado por el instrumento</i>
N'	<i>Velocidad de rotación (r.p.m)</i>
n	<i>Índice de comportamiento de flujo (adimensional)</i>
ñ	<i>Índice de comportamiento de flujo promedio (adimensional)</i>
m	<i>Índice de consistencia de flujo Ec. de Margules</i>
R	<i>Constante universal de los gases (8.314 x 10<sup>-3</sup> kJ/mol K)</i>
R <sub>b</sub>	<i>Radio del usillo (cm)</i>
T	<i>Temperatura (° C, K)</i>
r <sup>2</sup>	<i>Coefficiente de determinación</i>
t	<i>Tiempo (s, min)</i>

#### Símbolos Griegos

$\sigma, \sigma_b$	<i>Esfuerzo cortante (Pa)</i>
$\sigma_{OM}$	<i>Umbral de fluencia de Mizrahi y Berk (Pa)</i>
$\sigma_o, \sigma_o$	<i>Umbral de fluencia de Herschel y bulKley (Pa)</i>
$\gamma$	<i>Velocidad de corte (s<sup>-1</sup>)</i>
$\eta$	<i>Viscosidad absoluta (Pa.s)</i>
$\eta_a$	<i>Viscosidad aparente (Pa.s)</i>
$\eta_p$	<i>Viscosidad plástica (Pa.s)</i>
$\mu_\infty$	<i>Viscosidad para una velocidad de corte infinita</i>
$\mu_a$	<i>Viscosidad aparente para copa infinita (Pa.s)</i>

$\rho$	<i>Densidad del néctar de quinua – higo (g/mL)</i>
$\omega_1$	<i>Peso del picnómetro vacío (g)</i>
$\omega_2$	<i>Peso con agua destilada a 20° C (g)</i>
$\Omega$	<i>Velocidad angular (r.p.m)</i>

## RESUMEN

*El presente trabajo plasma el estudio de la caracterización matemática del comportamiento reológico del néctar de quinua e higo, en relación al proceso de 30:70 (Quinua:Higo); los factores que representan mayor incidencia al fluir son la concentración de Carboximetilcelulosa (0,50; 0,75; 1,00; 1,25 y 1,50 %) y la temperatura de operación (15; 25 y 35° C), asimismo, han sido preparadas las muestras en forma triplicada, para un mejor análisis de resultados.*

*En el trabajo de medidas reológicas se emplearon el viscosímetro digital Brookfield DV-II+ programmable viscometer del tipo cilindro concéntrico, asimismo las curvas de ascenso fueron ajustados mediante el modelo de Margules, para determinar los parámetros reológicos del índice de comportamiento de flujo ( $n$ ), y el índice de consistencia ( $K$ ), previamente linealizada donde se demuestran los coeficientes de confianza.*

*Para el efecto combinado de la temperatura - concentración se empleó el software de diseño experimental Statgraphics plus v 5.1, donde se utilizó el modelo multifactorial 3 x 5; ajustándose los datos experimentales al 93 % de confianza.*

*Se encontró que todas las soluciones a diferentes concentraciones describen un comportamiento pseudoplástico no newtoniano.*

## INTRODUCCIÓN

La reología es una ciencia relativamente nueva, forma parte de la física clásica en las ingenierías, aparece formalmente en 1929, año en el cual Eugene Cook Bingham y Marcus Reiner ingenieros estadounidense y palestino, respectivamente, realizan investigaciones simultáneas; el flujo de sustancias estructuralmente complejas (suspensiones, pastas, geles, etc.), a través de un tubo y sugirieron proponer a sus colegas la reología como una disciplina científica que abordará sistemáticamente los problemas que involucran a los fluidos.

La reología es la ciencia del flujo, que estudia la deformación de un cuerpo sometido a esfuerzos externos, su estudio es esencial en muchas industrias, como plásticos, pinturas, en la agroindustria, en las tintas de impresión, en los detergentes, en los aceites lubricantes, etc.

Los cuerpos sometidos a esfuerzos externos se caracterizan fundamentalmente en su (elasticidad, viscosidad, y plasticidad), dentro de esta, mucho depende de la estructura interna del material a tratar, puesto que cada producto tiene diferente comportamiento al momento de fluir. Todo fluido se va a deformar en mayor o menor medida al someterse a

un sistema de fuerzas externas. Dicho sistema de fuerzas se representa matemáticamente mediante el esfuerzo cortante, mientras que la respuesta dinámica del fluido se cuantifica mediante la velocidad de corte.

La viscosidad se utiliza en cálculos de parámetros de fenómenos de transporte en la cantidad de movimiento y energía, así como para el control de calidad. Debido a ello se fundamentan diversos modelos matemáticos para diferentes operaciones que forman un determinado proceso, donde intervienen constantes reológicas del fluido que se procesa. Los mismos se deben determinar mediante la experimentación de cada producto a tratar. Por ello, es de suma importancia la caracterización reológica de las sustancias.

La calidad y el comportamiento final de los néctares dependen principalmente de las propiedades que aporta cada uno de los constituyentes y la interacción de los mismos.

En la actualidad no se tiene métodos definidos para la elaboración de néctares con productos agroindustriales de nuestra región, lo hacen de una forma artesanal sin tener el mínimo de conocimiento.

Mediante la reología nosotros podemos optimizar las formulaciones y predecir el efecto de la adición de cada uno de los componentes para un control de calidad final que el consumidor acepte.

Los fluidos constituyen la mayor parte de los alimentos que ingiere el hombre; los adultos consumen más productos líquidos y pastosos que alimentos sólidos por la facilidad de ingestión y digestión. Al momento de masticar se obtiene una pasta fluida que luego se ingiere, la cual por estar en movimiento, genera deformación y flujo de la materia.

Las bebidas nutritivas a base de cereales andinos y frutas variadas, son alimentos nutritivos que contienen calorías, proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales que son muy necesarios para el funcionamiento de nuestro organismo.

La quinua dentro de los cultivos andinos presenta múltiples cualidades por su gran capacidad de adaptación a los cambiantes e impredecibles climas del altiplano Peruano y Boliviano. Las comunidades aymaras y quechuas que viven en la región han cultivado la quinua durante siglos para consumo de familias del lugar sin darle valor agregado por falta de conocimiento en sus propiedades.

Los granos de quinua poseen una fuente principal de carbohidratos alimenticios que aportan 350 kcal en promedio por cada 100 gramos de materia seca. En proteínas tiene un alto valor biológico, contribuye con 4,8 % de proteínas constituidas por aminoácidos esenciales, lisina, metionina, isoleucina, fenilalanina, triptófano, treonina y valina. (Tapia y colaboradores, 1986).

El higo es una fruta típicamente mediterránea, durante siglos ha sido apreciada por diferentes culturas. Posee propiedades nutritivas que lo hacen indispensable en la dieta de los niños y deportistas. Contienen alto porcentaje de hierro, calcio, y fósforo como se puede observar en la Tabla 11.

Durante el procesamiento, almacenamiento, comercialización y consumo, se comporta de acuerdo a su concentración en pulpa y el cambio que soporta por el efecto de la temperatura, todo esto engloba a la consistencia del producto final, que se ve reflejada en el paladar del consumidor y su aceptación.

El estudio de la reología presta una valiosa ayuda en el diseño de máquinas; como tolvas, tuberías y la selección de bombas que se adecúan a las características del producto.

Para la caracterización reológica del néctar de quinua - higo se utilizó el modelo de Oswald de Waele (ley de la Potencia), por ser un modelo simple y aplicable a cualquier tecnología.

El objeto de estudio es hallar los parámetros físicos del néctar cuando incrementa o disminuye la viscosidad aparente; variando la temperatura y la concentración de carboximetilcelulosa (C.M.C.), analizando los parámetros reológicos como el índice de consistencia (k) y el índice de comportamiento de flujo (n). El equipo que se empleó es el viscosímetro digital *Brookfield DV-II+ programmable viscometer*.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A los productos procesados a partir de cultivos andinos originarios de la región altiplánica (quinua, se les confiere exigua importancia a falta de información y difusión, existente, siendo necesaria su difusión por lo que es necesario el conocimiento en esta materia, lo que permitirá obtener productos con alto valor agregado.

En los procesos industriales es muy importante conocer la calidad y el comportamiento final de los néctares que dependen principalmente de sus características, propiedades físico-químicas, de su composición, así como la interacción de estos mismos. Uno de los problemas es la poca información que existe para poder tomar como guía y determinar una adecuada proporción de los componentes permitidos en la elaboración de un producto de calidad de los néctares en base a los cereales andinos.

La evaluación reológica es una herramienta muy importante en la formulación del producto; la finalidad de usar técnicas reológicas es conseguir algún parámetro reológico específico que pueda relacionar con la propiedad deseada en el producto final. Algunas de estas propiedades son características de flujo muy específicas, tales como al ingerir, drenaje o facilidad de untar, extender o pintar, la estabilidad del producto, que no sedimenten o flocule. Al elaborar un producto óptimo y de buena calidad existen cambios que puedan modificar su comportamiento del fluido en su viscosidad durante el proceso de calentamiento, enfriamiento, homogenización y concentración como también la fermentación influye directamente en la aceptación del consumidor, la misma que se traduce en la consistencia en relación, al diseño, selección de equipos para el proceso, y su control durante la operación.

En las suspensiones, el tamaño, el volumen, la forma, la concentración y la interacción de las partículas afectan el flujo. Al ser tangencial para fluir, el fluido se deforma y afecta los parámetros reológicos en su comportamiento. Otra variable que influye sobre el comportamiento reológico es la temperatura.

En efecto dentro del marco problemático la investigación se enmarca en la siguiente interrogante:

¿Qué tipo de modelo matemático representan mejor el comportamiento reológico del néctar de quinua-higo; permitiendo tener en cuenta las variables del proceso (temperatura-concentración)?

## **1.2 ANTECEDENTES**

Garza (1998), realizó estudios referidos a la “caracterización reológica y microbiológica y cinética de deterioro en cremogenado de melocotón”, cuyos resultados obtenidos hacen referencia a la variación del comportamiento reológico del cremogenado de melocotón con la temperatura y concentración, siendo considerado pseudoplástico el cual se adapta al modelo de Oswald De Waele (ley de la Potencia). El índice de comportamiento aumenta conforme se incrementa la temperatura. El efecto de la temperatura sobre la variación del índice de consistencia puede ser descrito mediante una ecuación tipo Arrhenius. Además se observa que el contenido de sólidos solubles aumenta el valor de las energías de activación. El efecto de la concentración sobre la

variación del índice e consistencia es descrito satisfactoriamente por un modelo de tipo exponencial.

Bezerra y colaboradores (2001), estudiaron “la reología de la pulpa de mango ajustando dos parámetros reológicos en función de la temperatura”. Con la variación de la temperatura y el parámetro de la tensión inicial de 3,41 a 4,57 Pa, los valores del índice de comportamiento fueron menores que 1 en todas las muestras; por lo tanto demuestra que la pulpa de mango va presentado un comportamiento pseudoplástico. Con el incremento de temperatura se observa la no variación del índice de comportamiento y una disminución del índice de consistencia.

Para temperaturas de 50 y 60° C se observa un aumento de la viscosidad; de la misma forma puede haber una posible formación de gel presente en la pulpa de mango. En el recálculo corregido de los parámetros, los valores más próximos obtenidos fue aplicando el modelo de Mizrahi – Berk.

Lopez y colaboradores (2002), determinó la “caracterización reológica del zumo de concentrado de limón”, para el zumo de concentrado de limón se ha utilizado el viscosímetro rotatorio, su

comportamiento se ha analizado a diferentes temperaturas 2; 10; 25; 35; 50 y 75° C como también se han analizado los posibles fenómenos de histéresis aplicando la rampas de aumento y disminución de esfuerzo cortante. Aquí se llega a la siguiente conclusión; con ajuste a la ley de la potencia, los valores de índice de comportamiento ( $n$ ), e índice de consistencia ( $K$ ), siendo cercanos a los que se obtienen para otros concentrados de zumo de frutas ( $n$  con valores de 0,5 – 0,7 y  $K$  con valores de entorno de 2 Pa.S<sup>n</sup>), además se ha encontrado una buena correlación entre el valor  $K$  y la temperatura.

Branco y colaboradores (2003), en su trabajo de investigación de “Aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta para el estudio de efecto de temperatura sobre el comportamiento reológico de mezclas ternarias de pulpa de mango y zumos de Naranja y Zanahoria”, llega a la conclusión de que todas las formulaciones estudiadas, son independientes de la temperatura y presentan un comportamiento pseudoplástico, la viscosidad aparente obtenida por el modelo de Ostwald de Waele disminuye con el aumento de la tasa de deformación y temperatura.

El índice de consistencia y principalmente la viscosidad aparente se incrementan con el aumento de la pulpa de mango mostrando que estos parámetros son directamente influenciados por la composición química de la pulpa. Lo contrario ocurre con el aumento de la concentración de zumo de naranja y zanahoria, cuanto mayor sea la concentración de zumo, menores valores tendrá el índice de consistencia y viscosidad aparente. Por lo tanto serán mayores los valores del índice de comportamiento del fluido.

Gómez y colaboradores (2004), realizó la investigación “respuesta reológica de una masa de pan al adicionar la cisteína y alfa amilasa”. El uso de estos aditivos es con el fin de mejorar la calidad panadera de la harina. Se llega a la conclusión de que las diferentes concentraciones de la cisteína, tiene efectos, en que las masas disminuyen y aumentan su extensibilidad. El tiempo de reposo presenta poca variación en las propiedades reológicas de la masa. Los resultados de caracterización reológicas para el pan de tipo bizcocho, se obtuvieron a concentraciones de 0 ppm de Cisteína y 480 ppm de alfa – amilasa. Para pan de tipo esponjoso y tortillas, se obtuvo 70 ppm de concentración de cisteína y alfa amilasa 480 ppm.

Silva y colaboradores. (2005), en su trabajo de investigación abordó la reología del zumo de Acerola y los efectos de la concentración y temperatura; concluye que el comportamiento es no newtoniano, con características pseudoplástico; dentro de los modelos utilizó los de Oswald De Waele, Herschell Bulkley, Mizhari & Berk e Casson. El modelo de Hershell – Bulkley proporcionó los mejores parámetros de control de ajuste, en comparación con los otros modelos. La viscosidad aparente que correlaciona satisfactoriamente por la función de temperatura, mediante la ecuación de Arrhenius en función de la concentración, a través del modelo de tipo potencia.

Sepúlveda y colaboradores (2006), “Efecto de almacenamiento en las propiedades reológicas sensoriales del néctar de damasco formulado con hidrocoloide de Nopal (*Opuntia ficus indica*)” evalúa la estabilidad física y sensorial del néctar de damasco pasteurizado, la formulación del Néctar (12,7 °Brik y pH 3,6) elaborado con pulpa de concentrado de damasco.

La concentración de nopal es de (0,09 %) si se considera como muestra de testigo el caboximetilcelulosa (0,02 %) llegó a la

siguiente conclusión: que el néctar en estudio se usa como testigo, el mismo tiene comportamiento newtoniano, las viscosidades de los néctares presentan un comportamiento similar a temperaturas de 10 y 20° C. el néctar con hidrocoloide de nopal tiende a disminuir su viscosidad de 27,44 mPas a 25,28 mPas luego de 90 días. En el néctar del testigo la viscosidad no cambia significativamente, lo que indica una mayor estabilidad de este hidrocoloide de carboximetilcelulosa (C.M.C.).

### **1.3 OBJETIVOS DE ESTUDIO**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Caracterizar matemáticamente el comportamiento reológico del néctar de quínua - higo.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Establecer un modelo matemático que relacione la viscosidad aparente ( $\eta_a$ ) en función de la temperatura y concentración.
- Determinar los parámetros reológicos: índice de comportamiento de flujo ( $n$ ) y el índice de consistencia ( $K$ ) del néctar de quínua - higo.
- Determinar la variación de la viscosidad aparente ( $\eta_a$ ), con la velocidad de corte, temperatura ( $T$ ) y la concentración ( $C$ ).
- Establecer las correlaciones empíricas y semiempíricas de las propiedades físicas del néctar de quínua - higo.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

#### 2.1 MATERIA PRIMA, INSUMOS Y PROCESO PRODUCTIVO

##### 2.1.1 Quinoa

**Nombre Científico:** *(Chenopodium Quinoa Will)*.

**Nombre Común:** En *Aymará*; “tupapasupha”, “jopa”, “jupha”, “juira”, “ära”, “qallapi”. En *Quechua*; “ayara”, “kiuna”, “kitaqañiwa”, “kuchikinwa”, “kiwicha”, “qañiwa”, “qañawa”

##### 2.1.1.1 Origen

Según Repo-Carrasco (1998), se trata de una planta originaria de la Hoya del Lago Titicaca (Perú y Bolivia), que se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4000 m y cuyo consumo se remonta desde la época incaica. Además de tolerar bajas temperaturas, exige muy poca agua y se desarrolla bien en suelos pobres.

La quinua en la actualidad tiene distribución mundial, se encuentra en América (desde Canadá hasta Chiloé en Chile), Europa, Asia y África, obteniendo en todos estos lugares resultados aceptables en cuanto a la adaptación del cultivo y su producción. Inicialmente, se hizo conocida en Europa, Asia y África, a través de las investigaciones en diversificación de cultivos efectuados por estudiantes sudamericanos, los resultados han sido acogidos por investigadores europeos y empresas interesadas en la distribución de productos vegetarianos y naturales. La quinua por su alto valor proteico, balance adecuado de aminoácidos esenciales, alto contenido de lisina, minerales, vitaminas, facilidad de producción sin uso de fertilizantes y pesticidas, así como la gran adaptación a diferentes condiciones climáticas, constituye un producto de fácil elección para los consumidores de productos naturales, sanos y nutritivos. Actualmente está siendo difundida en Inglaterra, Alemania, Dinamarca, España, Italia, Francia, Rusia, Portugal, los Himalayas, Sur Este de Asia, y Namibia (MUJICA y colaboradores 2003).

### 2.1.1.2 Clasificación taxonómica

La quinua es una planta de la familia *Chenopodiaceae*, género *Chenopodium*, sección *Chenopodia* y sub-sección *Cellulata*, el género *Chenopodium* es el principal dentro de la familia *Chenopodiaceae* y tiene una amplia distribución mundial con cerca de 250 especies (Giusti 1970, citado por Mujica 2003).

Aellen y Just (1943), citados por Mujica (2003), dividen al género *Chenopodium* en 10 secciones ubicando a la quinua dentro de la sección *Chenopodia* y la clasifican de la siguiente manera:

<i>División</i>	: <i>Fanerógamas</i>
<i>Clase</i>	: <i>Dicotiledóneas</i>
<i>Sub-clase</i>	: <i>Angiospermas</i>
<i>Orden</i>	: <i>Centropermales</i>
<i>Familia</i>	: <i>Chenopodiáceas</i>
<i>Género</i>	: <i>Chenopodium</i>
<i>Sección</i>	: <i>Chenopodia</i>
<i>Sub-sección</i>	: <i>Cellulata</i>
<i>Especie</i>	: <i>Chenopodium quínoa Willd</i>

### **2.1.1.3 Descripción botánica**

La quinua es una planta herbácea anual, de amplia dispersión geográfica, que presenta características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento dependiendo de la zona agro-ecológica en donde se cultive (Mujica 2003). Su periodo vegetativo varía entre 150 a 240 días y presenta una enorme adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales. Se cultiva con precipitaciones pluviales que pueden variar desde 300 a 1000 mm anuales. Prefiere suelos franco arenosos, con buen drenaje y ricos en nitrógeno. En cuanto al clima, varía desde templado hasta frío. El color de la planta también es variable, desde el verde hasta el rojo pasando por el púrpura, con todas las gamas. En cuanto al pH, se adapta muy bien a pH, de 6 a 8,5 aunque la familia en general es de suelos salinos, Mujica (2003).

## **- Semilla**

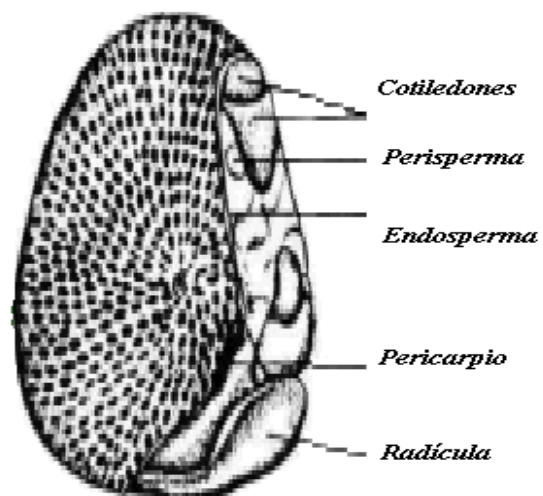
Constituye el fruto maduro sin el perigonio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal. Presenta tres partes bien definidas que son episperma, embrión y perisperma. El episperma está constituido por cuatro capas: una externa de superficie rugosa, quebradiza, la cual se desprende fácilmente al frotarla, en ella se ubica la saponina que le da sabor amargo al grano cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos; la segunda capa es muy delgada y lisa, se observa sólo cuando la capa externa es translúcida; la tercera capa es una membrana delgada, opaca, de color amarillo y la cuarta capa es translúcida y está formada por una sola hilera de células que cubre el embrión. (Villacorta Y Talavera 1976, citados por FAO 2001).

El embrión está formado por dos cotiledones y la radícula, y constituye el 30 % del volumen de la semilla. Envuelve el perisperma como un anillo, con una curvatura de 320 grados. Es de color amarillento y mide 3,54 mm de longitud

y 0,36 mm de ancho (Carrillo 1992, citados por la FAO 2001). En algunos casos alcanza una longitud de 8,2 mm, ocupando el 34 % de toda la semilla y con cierta frecuencia se encuentran tres cotiledones (Gallardo y colaboradores, citados por la FAO 2001). En forma excepcional a otras semillas, en ella se encuentran la mayor cantidad de proteína que alcanza del 35 al 40 %, mientras que en el perisperma sólo el 6,3 al 8,3 % de la proteína total del grano (Ayala 1997, citados por la FAO 2001).

El perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido mayormente por gránulos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60 % de la superficie de la semilla. Sus células son grandes, de mayor tamaño que las del endospermo, de forma poligonal, con paredes delgadas y rectas, y con grandes agregados de almidón, estos agregados están compuestos por miles de gránulos de almidón individuales, de forma hexagonal en la mayoría de los casos (Mujica y colaboradores 2003).

En la Tabla (01), se muestran las características de la semilla de diferentes variedades de quinua.



**Figura 01. Sección longitudinal media del grano de Quinoa (Chenopodium quinoa Willd)**

FUENTE: FAO (2001)

**Tabla 01. Características de la semilla de diferentes variedades de Quinua.**

<b>Variedad</b>	<b>Color</b>	<b>Forma</b>	<b>Tamaño (mm)</b>
Sajama	Blanco	Cónica	2,0 – 2,5
Real	Blanco	Cónica	2,2 – 2,8
Kancolla	Blanco	Cónica	1,2 – 1,9
Blanca de Juli	Blanco	Cónica	1,2 – 1,6
Koitu	Marrón Ceniciento	Esferoideal	1,8 – 2,0
Misa Jupa	Blanco- Rojo	Cónica	1,4 – 1,8
Amarilla Maranganí	Amarillo Anaranjado	Cónica	2,0 – 2,8
Tunkahuan	Blanco	Redondo Aplanado	1,7 – 2,1
Ingapirca	Blanco Opaco	Esférico	1,7 – 1,9
Imbaya	Blanco Opaco	Esférico	1,8 – 2,0
Cochasqui	Blanco Opaco	Esférico	1,8 – 1,9
Witulla	Morado	Lenticular	1,7 – 1,9
Negra de Oruro	Negro	Redonda	2,1 – 2,8
Katamari	Plomo	Esferoideal	1,8 – 2,0
Roja Coporaque	Púrpura	Cónica	1,9 – 2,1
Toledo	Blanco	Cónica	2,2 – 2,8
Pandela	Blanco	Cónica	2,2 – 2,8
Chullpi	Cristalino	Esférica Aplanada	1,2 – 1,8

FUENTE: Mujica (2003), tomado de FAO (2001)

#### **2.1.1.4 Composición química**

La quinua es una de esas plantas alimenticias que conjuntamente con la kiwicha y el tarwi tienen un alto potencial nutritivo. El principal mérito de la quinua es que el grano, las hojas, así como las inflorescencias son fuente de proteínas de muy buena calidad. El valor proteico del grano radica en su contenido y balance adecuado de aminoácidos,

siendo rico en lisina y azufrados, mientras que, las proteínas de los cereales tradicionales son deficientes en estos aminoácidos (Ayala y colaboradores. 2001, citados por la FAO 2001).

**Tabla 02. Composición química de la quinua (en 100 g. de porción comestible) <sup>(2)</sup>.**

Componentes	Sémola de Quinua	Blanca (Junín)	Blanca (Puno)	Will Cruda	Cocida	Dulce Blanca (Junín)	W. Dulce Blanca (Puno)	W. Dulce Rosada (Junín)	Rosada (Puno)	Dulce Quitopampa <sup>(3)</sup>	Amarga Nariño <sup>(1) (3)</sup>	Otras <sup>(3)</sup>
Humedad (g)	12,6	11,8	10,1	11,5	79,0	11,1	11,2	11,0	10,2	9,1	9,4	10,2
Proteína (g)	19,5	12,2	11,5	13,6	2,8	11,1	11,6	12,3	12,5	17,0	16,9	13,7
Grasa (g)	10,7	6,2	8,2	5,8	1,3	7,7	5,3	7,2	6,4	5,5	5,5	6,3
Carbohidratos (g)	53,8	67,2	66,7	66,3	16,3	67,4	68,9	67,1	67,6	66,0	66,0	63,8
Fibra (g)	8,3	5,7	5,1	1,9	0,7	6	6,8	7	3,1			
Cenizas (g)	3,4	2,6	3,5	2,5	0,6	2,7	3	2,4	3,3	2,4	2,2	2,7
Calcio (mg)	76	85	120	56	27	93	115	80	124			
Fósforo (mg)	0	155	165	242	61	355	226	344	205			
Hierro (mg)	3,6	4,2	0	7,5	1,6	4,3	5,3	4,5	5,2			
Tiamina (mg)	0,21	0,2	0,12	0,48	0,01	0,59	0,73	1	0,24			
Riboflavina (mg)	0,25	0,15	0,14	0,03	0	0,3	0,21	0,3	0,25			
Niacina (mg)	1,84	0,95	1,35	1,40	0,26	1,23	1,09	1,23	1,6			
Acido Ascórbico (mg)	-	-	-	0,5	0	2,2	1,1	1,1				

FUENTE: <sup>(1)</sup> FAO (1970)<sup>(2)</sup> Chiriboga y Velásquez (1957)<sup>(3)</sup> López (1973), tomados de FAO (2001)

**Tabla 03. Contenido de aminoácidos esenciales de diferentes variedades de quinua (mg/g de proteína).**

Variedades	Isoleucina	Leucina	Lisina	Metionina	Fenilalanina	Tirosina	Treonina	Triptófano	Valina	Histidina
Quinua <sup>(1)</sup>	36	60	56	24	41	54	35	11	45	46
Quinua Real de Puno <sup>(2)</sup>	65	60	79	45	49		57	8	53	65
Quinua Blanca Huancayo <sup>(2)</sup>	56	54	58	41	40		40	7	47	56
Quinua Blanca de Reno <sup>(2)</sup>	65	51	81	50	53		51	7	75	65
Quinua Blanca de Jauja <sup>(2)</sup>	69	63	76	55	48		54	7	76	69
Quinua Blanca de Puno <sup>(2)</sup>	65	61	71	47	46		49	8	59	65
Quinua Rosada de Cajamarca <sup>(2)</sup>	68	58	73	51	47		52	9	59	68
Quinua de Pasto <sup>(3)</sup>	42	53	51	21	52	42	53	51	21	52
Quinua de Ecuador <sup>(3)</sup>	37	81	43	26	51		41		39	37
Quinua de Bolivia <sup>(3)</sup>	41	84	46	24	51		39		52	41
Quinua <sup>(5)</sup>	47	78	66	17	46		44	8	55	47
Quinua <sup>(4)</sup>	47	47	55	12	41	47	47	55	12	41
Quinua Blanca <sup>(7)</sup>	65	51	70	32	36		54	8	46	65
Quinua Amarilla Grande <sup>(7)</sup>	56	43	59	28	30		43	9	43	56
Quinua Amarilla Pequeña <sup>(7)</sup>	65	46	65	28	30		52	10	49	65
Quinua Rosada (Junín) <sup>(7)</sup>	69	65	69	20	40		45	13	30	69
Quinua Blanca (Junín) <sup>(7)</sup>	70	68	74	22	37		45	13	34	70
Quinua Blanca (Puno) <sup>(7)</sup>	69	69	61	22	41		45	12	41	69

Quinoa <sup>(6)</sup>	64	71	66	24	35		48	11	40	64
Quinoa Amarilla <sup>(8)</sup>	33	78	68	14	37	24	37	11	44	27
Quinoa Blanca <sup>(8)</sup>	38	72	68	12	39	23	37	9	48	27
Quinoa Colorada <sup>(8)</sup>	33	74	64	14	38	25	41	8	45	28
Quinoa Sajama <sup>(6)</sup>	32	69	60	13	36	25	36	10	37	25
<b>Promedio Ponderado</b>	<b>53</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>28</b>	<b>42</b>	<b>30</b>	<b>44</b>	<b>9</b>	<b>48</b>	<b>31</b>

FUENTE: <sup>(1)</sup> FAO (1970)

<sup>(2)</sup> Chiriboga y Velásquez (1957)

<sup>(3)</sup> Tapia y colaboradores (1986)

<sup>(4)</sup> López (1973), tomados de FAO (2001)

<sup>(5)</sup> Junge (1973)

<sup>(6)</sup> White y colaboradores (1979)

<sup>(7)</sup> Viñas y colaboradores (1953)

<sup>(8)</sup> Tellería y colaboradores (1978), tomados de FAO (2001)

**Tabla 04. Composición de aminoácidos de proteínas de origen animal, quinua y otros cereales (mg. de aminoácidos/g de proteína cruda).**

Aminoácidos (mg/g de proteína cruda)	Huevo <sup>(1)</sup>	Leche Entera de Vaca <sup>(1)</sup>	Carne de Res <sup>(1)</sup>	Quinua <sup>(2)</sup>	Arroz <sup>(3)</sup>	Maíz <sup>(3)</sup>	Trigo Grano Entera <sup>(4)</sup>
Histidina	22	27	34	31	-	-	25
Isoleucina	54	47	48	53	44	37	35
Leucina	86	95	81	63	87	125	71
Lisina	70	78	89	64	38	27	31
Metionina + Cistina	57	33	40	28	22	19	43
Fenilalanina + Tirosina	93	102	80	72	51	28	80
Treonina	47	44	46	44	35	36	31
Triptófano	17	14	12	9	14	7	12

FUENTE: <sup>(1)</sup> FAO (2001)

<sup>(2)</sup> Promedio ponderado Tabla (04)

<sup>(3)</sup> Collazos (1996)

<sup>(4)</sup> FAO (2001)

## **- Proteína**

En la Tabla (04), se observa que el contenido de proteínas de la quinua varía entre 2,8 g/100 g de porción comestible en la quinua cocida y 19,5 g/100 g en la sémola de quinua, con un promedio ponderado de 12,9 g/100 g.

Según Tapia y colaboradores (1986), el grano de quinua no es un alimento excepcionalmente alto en proteínas, aunque supera en este nutriente a los cereales más importantes. El verdadero valor de la quinua está en la calidad de su proteína, es decir, en la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales para la alimentación humana, que le otorgan un alto valor biológico. En ese sentido la quinua posee una cantidad considerable de lisina, que es el aminoácido limitante en los cereales tradicionales. En la Tabla (03), se presenta la composición de aminoácidos de diferentes variedades de quinua.

La calidad de proteína depende del contenido de aminoácidos esenciales. Las proteínas del huevo y de la leche han sido consideradas como las mejores proteínas

sobre la base de su utilización por los animales, de modo que la calidad de otras proteínas puede ser determinada por comparación del contenido de sus aminoácidos esenciales con los del huevo o la leche. Un ejemplo mencionado anteriormente, lo constituye la quinua de la variedad de Reno, la cual contiene una mayor cantidad de lisina (81 mg/g de proteína) (Ayala y colaboradores 2001, citados por FAO 2001). Con fines de comparación, en la Tabla (04) se muestra la composición de aminoácidos de proteínas de origen animal, quinua y otros cereales.

Según Repo-Carrasco (1998), la quinua tiene un PER (relación de eficiencia proteica) de 2,7 mayor que la de otros cereales, como trigo (1,5), maíz (1,2) arroz (1,7), y kiwicha (2,0) e incluso es mayor que la caseína (2,5). Esto concuerda con la composición de los aminoácidos, en la quinua que es mucho más balanceada que los otros cereales.

### **- Grasas**

De la Tabla (02), se desprende que la quinua contiene entre 1,3 g de grasa/100g porción comestible (cosida) y 10,7 g de grasa/100g (sémola de quinua), con un promedio ponderado de 6,34 g de grasa/100 g.

Tapia y colaboradores (1986), señala que el alto contenido de grasa puede ser la razón de una digestión más lenta. Adicionalmente, mencionan que una muestra de aceite de quinua puede llegar a presentar 48,0 % de ácido oleico, 50,7 % de ácido linoléico, 0,8 % de ácido linolénico 0,4 % de ácidos grasos saturados.

### **- Carbohidratos**

El almidón se encuentra ampliamente distribuido en diferentes órganos de la planta de quinua como carbohidratos de reserva. Es el componente más abundante del grano 61 %, y una fuente importante de carbohidratos para la alimentación humana (Ayala y colaboradores 2001, citados por FAO 2001).

El diámetro del gránulo de almidón de la quinua es de 2 micras, mucho más pequeño que el gránulo de almidón del maíz (30 micras) y el almidón de la papa (140 micras). El almidón de la quinua es del tipo perispermo, no forma geles y se torna azul con el yodo; por el contrario, el almidón de los cereales tradicionales se encuentra en el endospermo (Tapia y colaboradores 1986).

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, pero pueden absorber pequeñas cantidades de agua. Cuando son calentadas y hay presencia de agua, empiezan a absorberla y se hinchan. A temperaturas mayores, las moléculas de almidón empiezan a vibrar vigorosamente, rompiendo los enlaces intermoleculares y formando puentes de hidrógeno. Esto trae como consecuencia la pérdida de birrefringencia y un incremento considerable de la viscosidad de la suspensión de almidón debido a la adhesión de los gránulos. Este fenómeno se llama gelatinización (Repo-Carrasco, 1998).

Los cultivos andinos tienen mayor contenido de azúcares libres que los cereales comunes, en la Tabla (05) se pueden apreciar el contenido de azúcares tanto de la quinua como de otros cereales.

**Tabla 05. Contenido de azúcares en diferentes cereales (g/100 g de base seca)**

Cereal	Azúcares Totales	Glucosa	Fructosa	Maltosa	Sacarosa
Trigo <sup>(1)</sup>	1,67	0,015	0,02	0,065	0,258
Cebada <sup>(1)</sup>	2,70	0,055	0,095	0,07	1,00
Centeno <sup>(1)</sup>	2,70	0,05	0,06	0,14	0,41
Sorgo <sup>(1)</sup>	2,00	0,19	0,21	0,02	1,50
Quinua <sup>(2)</sup>	6,20	1,70	0,20	1,40	2,90
Kañihua <sup>(2)</sup>	6,50	1,80	0,40	1,70	2,60
Kiwicha <sup>(2)</sup>	3,55	0,75	0,20	1,30	1,30

FUENTE: <sup>(1)</sup>Kent (1983)

<sup>(2)</sup>Repo-Carrasco (1998)

Citados por Repo-Carrasco (1998).

## - Fibra

Desde el punto de vista fisiológico y nutricional, los polisacáridos distintos al almidón soluble e insoluble y a la lignina se denominan fibra alimentaria. El contenido de fibra soluble e insoluble de la quinua es de 5,31 g/100 g de masa

seca y 2,49 g/100 g de masa seca respectivamente (Repo-Carrasco 1998, citada por FAO, 2001).

La importancia de informar sobre el contenido de estas fracciones radica en el hecho de que a estos componentes se les ha atribuido diferentes efectos fisiológicos y distintas propiedades fisicoquímicas (Repo-Carrasco, 1998). Con fines de comparación, en la Tabla (06) se presenta el contenido de fibra total, insoluble y soluble en diferentes cereales.

**Tabla 06. Contenido de fibra dietética total (FDT), fibra dietética insoluble (FDI) y fibra dietética soluble (FDS) en diferentes cereales (g/100 g de materia seca)**

Cereal	FDT	FDI	FDS
Arroz Integral <sup>(1)</sup>	6,03	5,2	0,83
Hojuelas de avena <sup>(1)</sup>	14,48	11,36	3,12
Maíz Amarillo <sup>(1)</sup>	19,49	17,65	1,84
Harina de Trigo Integral <sup>(1)</sup>	19,41	19,31	0,10
Cebada Perlada <sup>(1)</sup>	8,51	5,77	2,74
Quinoa <sup>(2)</sup>	7,80	5,31	2,49
Kañihua <sup>(2)</sup>	16,41	12,92	3,49
Klwicha <sup>(2)</sup>	8,95	5,76	3,19

FUENTE: <sup>(1)</sup>Kent (1983)

<sup>(2)</sup>Repo-Carrasco (1992)

Citados por Repo-Carrasco (1998).

### **- Minerales**

El contenido de minerales varía de acuerdo a la variedad de quinua. Como se observa en la Tabla (07) la quinua tiene un contenido medio de minerales; sin embargo, es superior al de los demás cereales.

### **- Vitaminas**

Las vitaminas son componentes esenciales de los alimentos cuyo aporte adecuado en la alimentación sirve para el mantenimiento normal de la fisiología del organismo humano. El consumo de alimentos en forma balanceada garantiza el aporte suficiente de vitaminas.

Según Tapia y colaboradores (1986), el contenido de vitaminas en la quinua es baja, a excepción de la vitamina E, por lo que a la quinua se le considera una buena fuente de esa vitamina.

Ruales y colaboradores (1992), citados por FAO (2001), afirma que la quinua tiene bajo contenido de carotenos de 0,12 a 0,53 mg/100 g de materia seca, que son los

responsables de la coloración en las diferentes variedades de quinua.

La tiamina se encuentra distribuida en el pericarpio del grano de quinua y su contenido está en el orden de 0,05 a 0,60 mg/100 g de materia seca, dependiendo de la variedad de quinua (Tapia y colaboradores 1986, citados por la FAO 2001). También depende de la forma cómo se encuentre la quinua, por ejemplo, la quinua cocida tiene un contenido de 0,01 mg/100 g de porción comestible (Ayala y colaboradores 2001, citados por FAO 2001).

**Tabla 07. Contenido de minerales en diferentes cereales**

<b>Minerales</b>	<b>Quinoa<sup>(1)</sup> (mg)</b>	<b>Trigo<sup>(2)</sup> (mg)</b>	<b>Avena<sup>(2)</sup> (mg)</b>	<b>Centeno<sup>(2)</sup> (mg)</b>	<b>Arroz<sup>(2)</sup> (mg)</b>	<b>Kañihua<sup>(2)</sup> (mg)</b>	<b>Kiwicha<sup>(2)</sup> (mg)</b>	<b>Maíz, grano Perlada<sup>(1)</sup></b>	<b>Cebada<sup>(3)</sup></b>
Potasio	697							330 mg	445 mg
Magnesio	270	152	138	138	118		244	120 mg	115 mg
Sodio	11,5	4	28	10	30		31	6 mg	18 mg
Cobre	3,7	0,6	0,5	0,7	0,4		1,021	70-250 µg	
Manganeso	37,5							480 mg	1650 µg
Zinc	4,8	3,3	3	2	1,8		3,7	2500 µg	3100 µg
Calcio	127	48	94	49	15	110	236	15 mg	40 mg
Fósforo	387	387	385	428	260	375	453	255 mg	340 mg
Hierro	12	4,6	6,2	4,4	2,8	15	7,5	500-2400 µg	2800µg

**FUENTE:** <sup>(1)</sup> DFLGM (1999) citado por FAO (2001)

<sup>(2)</sup> Kent (1983) citado por Repo-Carrasco (1998)

<sup>(3)</sup> Latinreco (1990) citado por FAO (2001)

Según la Tabla (08), el valor promedio de niacina en la quinua es de 1,15 mg/100 g de porción comestible. En la Tabla (08) se observa el contenido de vitaminas en el grano de quinua.

**Tabla 08. Contenido de vitaminas en el grano de quinua (mg/100 g de materia seca)**

<b>Vitaminas</b>	<b>Rango</b>
Vitamina A (caroteno)	0,12 – 0,53
Vitamina E	4,60 – 5,90
Tiamina	0,05 – 0,60
Riboflavina	0,20 – 0,46
Niacina	0,16 – 1,60
Ácido ascórbico	0,00 – 8,50

FUENTE: Ruales y colaboradores (1992), citados por FAO (2001)

#### **- Factores antinutricionales.**

La presencia de factores antinutricionales es de suma importancia en relación con el valor nutritivo de los alimentos. Ruales y colaboradores (1992), citados por FAO (2001), investigaron los siguientes compuestos antinutricionales en el grano de quinua: taninos, inhibidores de proteasa, ácido fítico y saponinas; de los cuales, sólo se detectaron saponinas y ácido fítico. Las saponinas son

glicósidos que se encuentran en el pericarpio del grano de quinua y le dan un sabor amargo que impide su consumo directo. Estas son capaces de producir espuma estable en soluciones acuosas, bajar el nivel de colesterol en el plasma y producir hemólisis en las células sanguíneas. Son tóxicas para especies acuáticas (de sangre fría), producen intoxicación a animales de sangre caliente si son administradas por vía intravenosa, pero son inocuas si son consumidas directamente, ya que no son absorbidas por el intestino.

Bacigalupo y Tapia (1990), citados por la FAO (2001) señalan que durante el proceso de desaponización, se corre el riesgo de eliminar otros compuestos orgánicos, responsables del sabor y olor característicos. Además, hacen referencia que el nivel máximo aceptable de saponina en la quinua para consumo humano oscila entre 0,06 y 0,12 %. Esto concuerda con los resultados de pruebas sensoriales realizadas en la Universidad de Ambato, Ecuador, en donde se determinó que el límite máximo de aceptación del contenido de saponina en el

grano cocido, es de 0,1 % (Nieto y Soria 1991, citados por FAO 2001).

Aparentemente, el inconveniente de la desaponización de la quinua, se ha superado en gran medida con el uso de “quinuas dulces”, que son variedades obtenidas por mejoramiento genéticos cuyo contenido de saponina es mínimo y para su consumo únicamente hace falta un ligero lavado o escarificado de los granos. Para algunos autores como Bacigalupo y Tapía (1990), citados por FAO (2001), la opción agroindustrial de desaponificado de variedades no dulces es la más conveniente, debido a las siguientes razones:

- *Las saponinas serían factores protectores de la planta y de los granos de quinua*
- *Es muy difícil de mantener la pureza varietal de las variedades seleccionadas por bajo contenido de saponinas*
- *El daño causado por pájaros es mayor en los campos sembrados con variedades de bajo contenido de saponina.*
- *Aparentemente, las variedades de bajo contenido de saponina son más afectados por insectos y enfermedades, lo que llevaría a la aplicación de pesticidas.*

Por todas estas razones, la eliminación de saponinas de la quinua puede hacerse por procedimientos agroindustriales.

#### **2.1.1.5 Principales variedades en el Perú**

Según Vásquez y Alza (1996), existe una clasificación de variedades basadas en ecotipos, estas son: quinuas de valle, quinuas de altiplano, quinuas de terrenos salinos, quinuas de nivel del mar y quinuas subtropicales. Aunque las principales variedades comerciales se cultivan en Puno, Cusco y Junin, las de mayor difusión proceden de Puno, y dentro de ellas destacan las siguientes: Kancolla, Blanca de Juli, Cheweca y Witulla. En Cusco la más conocida son: Nariño, Amarilla de Maranganí y Quillahuamán – INIAA. La más importante en Junin son: Kancolla, Hualhías y Blanca de Junin.

Mujica (2003), señala que de las muchas variedades de quinua disponibles en el Perú las de mayor difusión por su rendimiento y cultivo son la Blanca de Juli, Sajama, Kancolla, Cheweca y Witulla.

### **- Blanca de Juli**

Originaria de Juli - Puno, selección efectuada a partir del ecotipo local. Planta semitardía, con 160 días de periodo vegetativo, de color verde, tamaño mediano (80 cm de altura) y panoja intermedia que a la madurez adquiere un color blanquecino. Tiene un rendimiento que supera los 2300 kg/ha, y es relativamente resistente al frío, sin embargo, es susceptible al mildiú, al granizo y al exceso de agua. El grano es blanco, pequeño y semidulce, y se utiliza generalmente para la elaboración de harina. (Mujica y colaboradores 2003, citado por FAO 2001).

### **- Sajama**

De origen boliviano, de ciclo vegetativo precoz (150 días), alto rendimiento, con panoja blanca glomerulada y resistente al granizo. Susceptible al mildiú, a la bacteriosis y al ataque de aves. Tiene buena adaptación a condiciones de la zona circunlacustre por encima de los 3500 m.s.n.m. Su grano es blanco, dulce (libre de saponina), grande y es muy cotizado en el mercado. (Mujica, 2003)

### **- Kancolla**

Seleccionada a partir del ecotipo local de la zona de Cabanillas- Puno. La planta es de color verde, de tamaño mediano (80 cm de altura), con un ciclo vegetativo tardío (mayor a 170 días). Presenta una panoja amarintoforme, con colores que varían desde el verde hasta el púrpura. Es resistente al frío, granizo y mildiú. Tiene un rendimiento promedio de 2500 kg/ha. Su grano es blanco, mediano, y con alto contenido de saponina, el cual es empleado en la elaboración de sopas y kispños (panecillo frío en grasa animal). (Mujica y colaboradores 2003, citados por FAO 2001).

### **- Cheweca**

Originaria de Orurillo-Puno. Planta de color púrpura verdusca, de 1,20 m de alto, con periodo vegetativo semitardío (165 días) y panoja laxa. Presenta un sistema articular muy ramificado y profundo y deja caer sus hojas inferiores con mucha facilidad. Es resistente al frío, al exceso de humedad en el suelo y susceptible al ataque de

Ascochyta. Tiene un rendimiento de hasta 2500 kg/ha. Su grano es blanco, dulce y pequeño, usado mayormente en la elaboración de sopas y mazamorras (Mujica 2003, citados por FAO 2001).

#### **- Witulla**

Selección efectuada a partir del ecotipo local, procedente de las zonas altas de Ilave-Puno. Es un cultivo de zonas frías y altas, de periodo vegetativo largo (mayor a 180 días). La planta es pequeña (70 cm de altura), con colores que varían de rojo morado y con panoja rosada, amarantiforme, glomerulada e intermedia. Resistente al frío, sequía, salinidad, suelos pobres y a los ataques de q'hona-q'hona y mildiow. Su rendimiento es de 1800 kg/ha. Posee un grano mediano, con alto contenido de saponina y colores que van desde el rojo al morado (Mujica y colaboradores 2003, citados por FAO 2001).

### **- Quillahuamán – INIAA**

Mujica (2003), señala que la variedad Quillahuamán – INIAA se obtuvo por selección individual de ecotipos locales, colectados en el valle del Vilcanota-Cusco. Fue desarrollada, seleccionada y evaluada por el programa de Investigación de Cultivos Andinos (PICA), poniendo énfasis en la forma de panoja, en la resistencia al ataque de plagas y enfermedades, y en el rendimiento, tamaño y contenido de saponina del grano.

Se obtuvo una planta de 1,6m de alto y periodo vegetativo de 150-160 días. Su panoja es semilaxa y presenta tolerancia al ataque de q'hona- q'hona y mildiw. El grano es mediano, blanco y con bajo contenido de saponina. Su rendimiento es de 2500 kg/ha, y se adapta hasta los 3400 m.s.n.m.

#### **2.1.1.6 Usos del grano de quinua**

Según Mujica y Jacobsen (2003), los granos andinos tienen una versatilidad muy grande para la transformación tanto

primaria como agroindustrial, pudiendo obtener productos de diferentes características estructurales, de procedimiento y de preparación, con diferencias organolépticas en sabor y color, y de formas variadas de presentación.

Existe un uso específico y característico para cada genotipo de la gran variedad genética. Por ejemplo, existen genotipos desarrollados especialmente para la elaboración de fideos, harinas y sopas, sin embargo, debido a la gran versatilidad del grano de quinua, actualmente se usa cualquier genotipo para la elaboración de diferentes productos, lógicamente con menores características de calidad e incluso de duración o sabor.

Los productos transformados que se han obtenido a partir de los diferentes genotipos de quinua son:

- **Jiquira.** *Sémola de quinua*
- **Jacku.** *Harina cruda de quinua*
- **Pitu.** *Harina cocida de quinua*
- **Pizarra.** *Quinua graneada previo tostado, que es reventada y esponjada aumentando su volumen en un 100 %*

- **Muccuna.** Bolillo esférico de harina de quinua cruda, cocida al vapor, que puede o no tener relleno de carne.
- **Kispiño.** Panecillos de harina cruda de quinua con grasa animal y cocida al vapor.
- **Tactte.** Pastelillo de harina de quinua, frita en grasa animal, de consistencia crocante y de larga duración.
- **Tamal o humita.** Masa de harina de quinua cruda con huevo y grasa animal, envuelta en hojas de maíz y cocidas a vapor.
- **Pesqhe.** Mazamorra salada de quinua entera, desamargada y de consistencia sólida.
- **Keatawi.** Mazamorra de quinua sin desamargar molida con cal y de consistencia líquida.
- **Chullpi.** Son de color blanco, con uso exclusivo de la variedad chullpi.
- **Tostado de quinua.** Quinua reventada y expandida, empleada para consumo directo o como integrante de Muslo.
- **Teete.** Chicha blanca fermentada de sabor dulce.
- **Hojuelas de quinua.** Elaboración con quinuas de mayor tamaño y buen contenido de grasa.
- **Refresco de quinua.** Con sabor a manzana y otros sabores.
- **Harina de quinua cruda.** Empleada como sucedáneo de la harina de trigo.

- **Harina de quinua precocida.** Empleada en la elaboración de sopas instantáneas.
- **Harina de quinua precocida mezclada con chocolate.** Mezcla instantánea para el desayuno.
- **Harina de quinua de color.** Para la elaboración de mazamorra morada, amarilla o blanca.
- **Harina preparada de quinua.** Empleada en la elaboración de tortas pasteles, milshakes y cocktails.
- **Pipocas.** Quinua reventada con chocolate y saborizantes.
- **Chizitos de quinua.** Quinua extruida con diferentes sabores.
- **Concentrados proteicos.** Elaborado a partir del embrión.
- **Germinados de quinua**
- **Colorantes de quinua**
- **Grano de quinua perlado y seleccionado.** Para consumo directo.
- **Grano de quinua preparado.** Empleado para enriquecer y presentar el pan como reemplazo del ajonjolí.

## **2.1.2 Higo (*Ficus Carica*)**

### **2.1.2.1 Historia y origen**

Fruto de la higuera, un árbol cuyo origen se ha perdido en el tiempo, pues se cultiva desde hace más de 500 años, siendo un fruto propio del verano. La biblia ya cita sus hojas como vestimenta de Adán y Eva. La higuera al ser un árbol menos adaptable al clima que la palmera, su cultivo se limita principalmente a la zona mediterránea y los países de España, Italia, y Turquía. ([www.perso.wanadoo.es](http://www.perso.wanadoo.es))

### **2.1.2.2 Característica del higo**

Fruta típicamente mediterránea, durante siglos ha sido muy apreciada por diferentes culturas. Tanto los frutos como secos poseen propiedades nutritivas que hacen indispensable para la dieta de los niños, deportistas y mujeres embarazadas. El fruto está compuesto por un 80 % de agua y un 12 % de azúcar. Una vez seco, estas proporciones varían fuertemente a menos de un 20 % y más de un 48 %, respectivamente. Sus características

nutricionales se potencian una vez secos.  
([www.alimentacion\\_sana.com](http://www.alimentacion_sana.com)).

### **2.1.2.3 Taxonomía y morfología**

El árbol de la higuera tiene una fácil multiplicación y necesita menos cuidado una vez plantado.

Las higueras pertenecen a la familia de las moráceas; son árboles o arbustos de madera blanda, de hojas grandes, verdes y brillantes, su superficie interna es receptáculo lobuloso abierto a un extremo; de la misma manera forma una masa rica en materia azucarada en el conjunto es fruto múltiple ([www.infoAgro.com](http://www.infoAgro.com)).

### **2.1.2.4 Variedades**

Algunas variedades que se conoce en el mundo y en nuestro país son:

#### **- Colar (negra y flor ancha)**

Variedad más estimada por la calidad de sus brevas y la única en la actualidad, se planta.

#### **- Goina**

Son brevas también negras pero con cuello más colorado, de sabor más parecido a las colares. Las gomas son más alargadas de menor tamaño y peso tiene menos agarre y se caen fácilmente del árbol al madurar.

#### **- Ñoral**

Las Brevas son algo verdosas, tirando a blanco por fuera, de menos calidad que las anteriores por no tener su mismo sabor. Algo más temprana maduran entre ocho a diez días antes.

#### **- Verdal**

Su fruto es un higo de color verde de forma pendular de gran calidad y con buena aceptación en el mercado. Tienen maduración tardía.

#### **- Blanca**

De color blanco, tamaño muy apropiado para conservar en seco.

### **- Pallejo de toro o pallejo duro**

Sus frutos son de piel dura de color negro y de maduración de setiembre a octubre. (Malca y colaboradores 2004).

#### **2.1.2.5 Los higos secos**

Son ricos en calorías para dar energía durante las heladas, días de invierno. Son ricos también en fibra por lo que regulan el tránsito intestinal. Su gran contenido de hierro y vitaminas C y B los hace muy adecuados para la fabricación de los glóbulos rojos, muy necesarios para evitar la anemia. De igual manera contienen mucho potasio, un mineral que resulta imprescindible para regular los líquidos corporales, para controlar el ritmo cardiaco, el sistema nervioso; además contiene pectina, una fibra soluble que ayuda a disminuir los niveles de colesterol en la sangre y la producción de masa muscular.

Los higos secos son extremadamente energéticos 250 Kcal por cada 100 gramos, en comparación con las 220 Kcal del higo fresco.

La riqueza en calcio de los higos secos es enorme en comparación con los higos frescos, de 144 mg y 35 mg respectivamente, son muy adecuados para el consumo de tal manera también previenen la osteoporosis. (www.botanical\_online.com).



**Figura 02. Higos secos**

FUENTE: [www.miobesidad.com/index.php/Nutricion/frutas-secas-tablas](http://www.miobesidad.com/index.php/Nutricion/frutas-secas-tablas)

### **- Propiedades nutricionales del higo seco**

El higo maduro es muy digestivo porque contiene una sustancia especial llamada cradina. Es un excelente tónico para esfuerzos mentales y físicos. Posee una cantidad de

azúcares superior al resto de frutas. Buena fuente de fibra, potasio, proteínas, minerales como el hierro, magnesio, cobre y zinc; vitaminas A, B(B1, B2, B3, B6), y C.

Tiene una fibra soluble que ayuda a disminuir los niveles de colesterol en la sangre. ([www.alimentacion\\_sana.com](http://www.alimentacion_sana.com)).

**Tabla 09. Composición de higos secos (en 100 g)**

Elemento	Unidad	Contenido
Calorías	Cal	182,00
Grasa	g	0,20
Agua	g	47,70
Proteínas	g	3,60
Fibra	g	8,60
Carbohidratos	g	46,60
Ceniza	mg	1,90
Calcio	mg	109,00
Fósforo	mg	100,00
Hierro	mg	2,40
Retinol (vitam. A)	mg	0,00
Tiamina (vital. B1)	mg	0,00
Riboflamina (vitam. B2)	mg	0,00
Niacina (vitam. B5)	mg	0,90
Ac. Ascórbico (vitam. C)	mg	3,70

FUENTE: Malca (2004).

### 2.1.2.6 Producción nacional del higo

Los principales departamentos productores Ica y Arequipa, presentaron una evolución constante en el incremento de su producción. De la misma manera se considera Tacna uno de los principales productores, pero en los últimos años a disminuido su producción de higos. (Malca, 2004).

**Tabla 10. Principales regiones productoras de higos del sur del Perú (en tn/año).**

Regiones	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Ica	939	992	1053	1187	940	929
Arequipa	633	703	720	848	707	526
Tacna	718	760	952	533	389	565
Lima	681	547	360	269	247	313
Ayacucho	169	170	173	163	176	211
Moquegua	299	279	235	275	227	208
Apurimac	10	9	40	53	49	-
Total	3449	3460	3533	3328	2735	2762

FUENTE: Malca, (2004).

### **2.1.2.7 Usos y aplicaciones del higo (Ficus Carica)**

En la alimentación humana, el higo es recomendado por su valor nutritivo y por ser un fruto digerible. Sea en estado fresco o seco es un alimento altamente energético, excelente para quienes practican el deporte y también todos aquellos que realicen el esfuerzo físico y mental. (Malca, 2004).

Una alternativa de buena alimentación es el consumo de productos orgánicos de nuestra región como son la quinua, cañihua, amaranto, y otros. Los mismos que proporcionan gran cantidad de nutrientes.

**Tabla 11. Composición química de frutas variadas (por 100 g de parte comestible)**

<i>COMPONENTES</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>PAPAYA</i>	<i>MARACUYA</i>	<i>HIGO</i>	<i>MANGO</i>
Energía	Kcal	32,00	67,00	76,00	60,00
Humedad	g	90,80	82,30	78,00	83,00
Proteína	g	0,40	0,90	0,90	0,40
Grasas	g	0,10	0,10	0,10	0,20
Carbohidratos	g	8,20	15,80	19,90	15,90
Fibra	g	0,40	0,20	1,70	1,00
Cenizas	g	0,50	0,60	1,10	0,50
Calcio	g	2,00	13,00	58,00	17,00
Fósforo	g	14,00	30,00	43,00	15,00
Hierro	g	0,30	3,00	0,80	0,40
Retinol	mg	0,27	410,00	5,00	159,00
Tiamina	mg	0,02	0,03	0,04	1,03
Riboflavina	mg	0,07	0,15	0,05	0,11
Niacina	mg	0,41	-	0,52	0,39
Ácido ascórbico	mg	6,05	22,00	2,90	24,80

FUENTE: Tello y colaboradores (2005).

### **2.1.3 Néctares (quinua e higo)**

El néctar de quinua e higo constituye una mezcla nutritiva en calorías, proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales; al mismo tiempo el agua, azúcar, estabilizante,

preservante, entre otros, propician el sabor, color, consistencia, y aroma de la misma. Contribuyen a una buena alimentación.

Según lo establecido por ITINTEC (1971); es un producto constituido por el jugo o pulpa de frutas finamente fraccionado o tamizado, adicionando agua, azúcar si es a tratamiento térmico, lo cual asegura la conservación en envases herméticos.

Hartl y colaboradores (1991), indican que es la mezcla de pulpa de fruta o de fruta entera hecha puré, con zumo de fruta y agua preparada de tal forma que el producto acabado no contenga menos de un 40 % de ingredientes de fruta.

Coronado y colaboradores (2001), se refieren a una bebida alimenticia, elaborada a partir de la mezcla de pulpa o jugo de una o varias frutas, agua y azúcar. Opcionalmente los néctares contendrán ácido cítrico, estabilizador y conservante.

### **2.1.3.1 Proceso de elaboración del néctar nutritivo de quinua e higo**

Se efectúo de acuerdo al diagrama de flujo y los procesos que se detallan a continuación:

#### **- Línea de cereal “Quínua”**

##### **1) Selección**

En el caso de los cereales se selecciona los granos sin impurezas.

##### **2) *Lavado***

En este punto del proceso que se cuenta con quinua que ha sido previamente desaponificada, para luego ser lavada con agua varias veces con el fin de separar las impurezas que contenga y pasar por la malla 425  $\mu\text{m}$  que equivale en la serie Tyler a la malla N° 40.

### **3) Pre-cocción**

Se realiza con la finalidad de ablandar la textura de la Quínuia y posteriormente facilitar su procesamiento, se trabaja en un rango de temperaturas de 85 - 95° C, por un tiempo de 20 a 25 minutos.

### **4) Escurrido**

Se realiza para separar parte del agua de la Quínuia sancochada después de la precocción.

### **5) Pesado**

Se procede a calcular la cantidad necesaria del cereal para la producción que uno desee.

### **6) Licuado**

Consiste en reducir el tamaño de los granos después de ser precocado el mismo, lo que permite el fácil de tamizado.

## **7) Tamizado**

Se utiliza un tamiz fino de aproximadamente una apertura de malla de 180  $\mu\text{m}$  y representa en la serie de Tyler a la malla N° 80, para colar el grano en pulpa de sancochado y obtener la textura adecuada de los cereales, listo para poder mezclar con la pulpa de la fruta.

### **- Línea de Fruta “Higo”**

#### **1) Selección**

Se procede a seleccionar las frutas teniendo en cuenta el tamaño y madurez (uniformidad), para separar las frutas que estén dañadas.

#### **2) Pesado**

Se procede al pesado de la fruta para cada lote de producción.

#### **3) Lavado**

Las frutas se lavan por inmersión en agua, se suele utilizar hipoclorito de sodio con una concentración del orden de

0,3 a 1,6 ppm con la finalidad de reducir contaminación microbiana de la fruta, y con frotamiento de la fruta con el fin de eliminar las sustancias extrañas adheridas a las frutas.

#### **4) Pre-cocción**

Esta operación es un tratamiento térmico, sirve para inactivar las enzimas que oscurecen la fruta, se realiza a la temperatura de 60-65° C, por un lapso de 3-4 minutos.

#### **5) Licuado**

Consiste en reducir el tamaño de las partículas de pulpa otorgándole una apariencia más homogénea lista para el pulpeado.

#### **6) Pulpeado**

Consiste en obtener la pulpa de las frutas para posteriormente, a través de un tamizado eliminar las partículas sólidas. En el caso del mango, higo y papaya se realiza un homogenizado completo mediante un tamiz fino.

## **7) Mezclado**

En cada una de las pulpas se mezclan tanto de la quinua como el higo seco, una vez tamizados en relación a la cantidad de agua 1:4 en base a la pulpa de fruta.

## **8) Estandarizado**

Esta operación involucra la adición de todos los insumos en cantidades apropiadas de acuerdo a los requerimientos obtenidos en cada uno de los tipos de las bebidas nutritivas:

- Dilución de la pulpa con agua. (Quínua - Higo).
- Regulación de los grados Brix (contenido de Azúcar).
- Adición del Estabilizante. (C.M.C.)
- Regulación del pH.
- Adición del preservante. (Benzoato de Sodio).

## **9) Homogenizado**

Permite mezclar todos los insumos de las bebidas nutritivas, para obtener un producto uniforme.

## **10) Pasteurizado**

En esta etapa, el producto se lleva a ebullición, por un período de 3 a 5 minutos con el objetivo de destruir los microorganismos que podrían afectar la estabilidad biológica del producto.

## **11) *Envasado y enfriado***

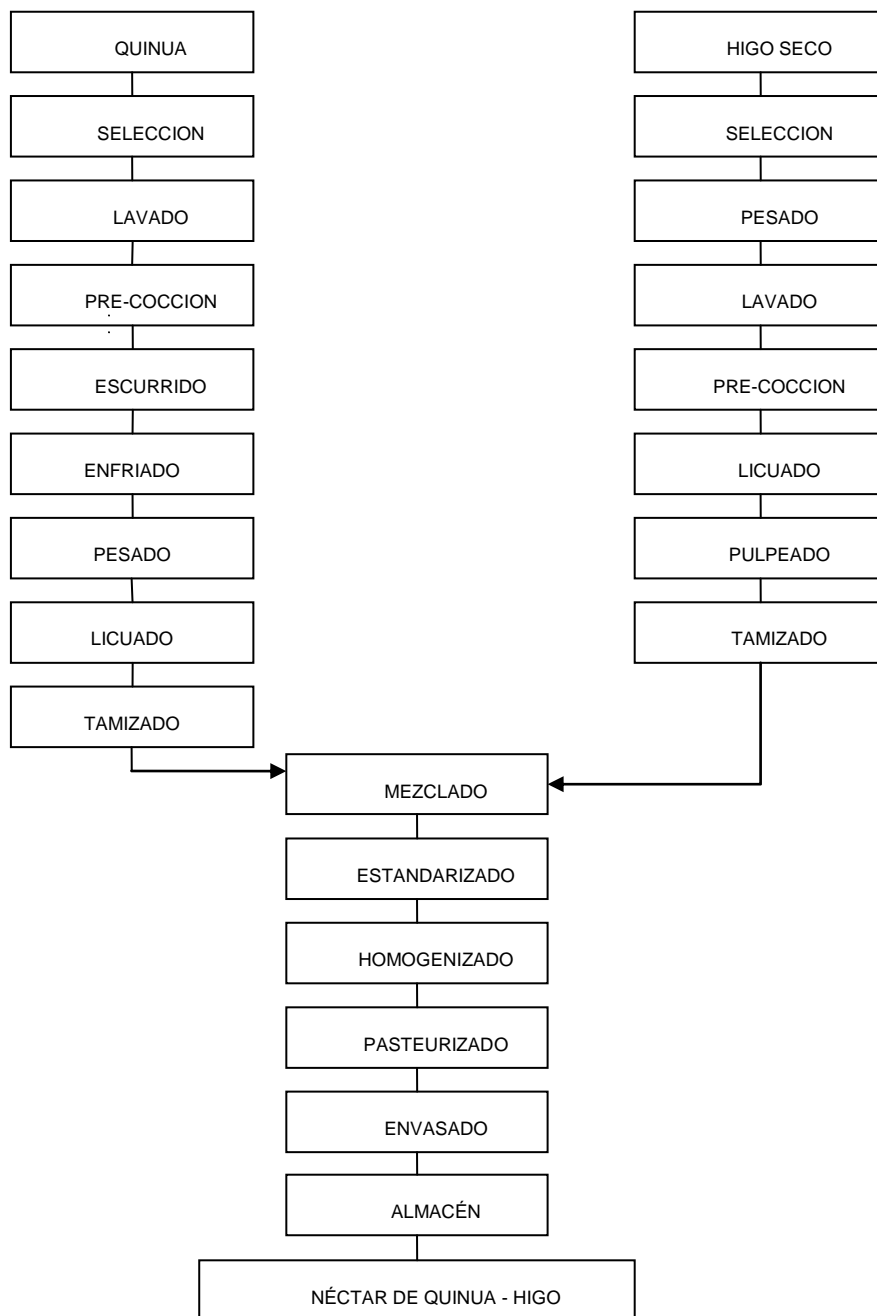
El envasado se realiza después que el producto final se enfrió a 75° C, en envases de vidrio previamente esterilizados; luego se procede al lavado de los envases con agua fría para eliminar los residuos de la parte externa de los envases.

## **12) Almacenamiento**

Luego se procede al etiquetado y almacenado del producto acabado en ambiente frasco y ventilado.

## **13) Néctar nutritivo**

Finalmente se obtiene el producto acabado listo para realizar el control de calidad respectivo y su posterior distribución.



**Figura 03. Diagrama de flujo de elaboración de néctar de quínua - higo**

FUENTE: Elaboración propia

**Tabla 12. Composición de diferentes néctares**

NECTAR	PULPA (%)	AGUA (%)	AZÚCAR (%)	AC. CÍTRICO
Papaya	62,00	30,00	8,00	3,50
Mango	36,00	57,00	7,00	3,50
Higo	36,00	57,00	7,00	3,80
Albaricoque	36,00	57,00	7,00	3,80
Durazno	73,00	21,00	6,00	3,60
Fresa	36,00	56,00	8,00	3,60
Manzana	36,00	52,00	7,00	3,40
Pera	37,00	55,00	8,00	3,60
Piña	74,00	22,00	4,00	3,50

FUENTE: Coronado y colaboradores (2001).

#### **2.1.4 Los aditivos y sus características**

Se conoce como aditivo alimentario a cualquier sustancia, pero esta debe ser segura, necesaria y eficaz, considerando la dosis de uso. Asimismo, el uso de aditivos no debe ser un riesgo para el consumidor por el contrario debe reportar beneficio. (Desroiser, 1994).

Son sustancias que sirven para mejorar las cualidades del producto, o proporcionarles otras que no poseían.

#### **2.1.4.1 Acido benzoico y benzoatos**

La sal sódica del ácido benzoico es más soluble que el ácido libre; por lo que es la más utilizada corrientemente. El ácido sin disociar que se forma a partir de la sal en disolución es el responsable de la actividad microbiana. (Varnam y colaboradores 1997).

Los conservantes son sustancias que se añaden a los alimentos para inhibir el desarrollo de microorganismos, principalmente hongos y levaduras; evitando de esta manera el deterioro y prolongando su tiempo de vida útil.

Los conservantes químicos más usados son el sorbato de potasio y el benzoato de sodio. (Coronado y colaboradores, 2001).

#### **2.1.4.2 Estabilizantes**

Se emplean para estabilizar y mantener la dispersión de los sólidos de frutas. Los estabilizantes también aumentan la viscosidad y mejoran el cuerpo de la bebida. Los más ampliamente usados comprenden: alginatos, carragenanos,

pectinas, y diversas gomas, entre ellas la goma de agar y la carboximetilcelulosa. (Varnam y colaboradores, 1997).

La Carboximetilcelulosa (C.M.C.) son hidrocoloides y polímeros que cuando se disuelven o dispersan en agua producen el espesamiento o gelificación. La mayoría de los hidrocoloides son polisacáridos con algunas proteínas; los que difieren en su peso molecular tienen ramificación en cadena y presencia de grupos de enlaces de hidrógeno.

Es un polímero aniónico soluble en agua. Este éter celulósico se produce haciendo reaccionar alcali celulosa con monoclora acetato de sodio, bajo estrictas condiciones de proceso. En la reacción se obtienen como subproductos cloruro de sodio y glicolato de sodio; estas sales posteriormente removidas lográndose obtener carboximetilcelulosa de sodio. ([www.plm-alimentario.com](http://www.plm-alimentario.com)).

El principal uso del C.M.C., es aumentar la viscosidad, y caracterizar a la mezcla de néctares, por lo tanto, depende de las mediciones de los parámetros reológicos. La reología de las soluciones de polímeros en alimentos es muy

compleja, para lo cual se utilizan viscosímetros rotacionales de diferentes tipos de alta precisión.

**Tabla 13. Cantidad de estabilizante que requieren algunos néctares.**

<b>Frutas</b>	<b>% de Estabilizante CMC</b>
<b>Frutas pulposas:</b> por ejemplo La manzana, mango, higo, durazno.	0,07
<b>Frutas menos pulposas</b> Por ejemplo. La granadilla, maracuyá	0,10 – 0,15

FUENTE: Coronado y colaboradores (2001).

#### **2.1.4.3 Acido cítrico**

Se emplea para regular la acidez del Néctar y de esta manera hacer menos susceptible al ataque de microorganismos, ya que en medios ácidos no podrán desarrollarse. El ácido contribuye a la duración del producto. (Coronado y colaboradores, 2001).

#### **2.1.4.4 Sacarosa (azúcar)**

Los néctares en general contienen dos tipos de azúcar: el azúcar natural que aporta la fruta y el azúcar que se adiciona. El azúcar blanco le contribuyen a mantener el sabor, el color y el aroma natural de la fruta. (Suarez, 2003).

#### **2.1.4.5 Colorantes**

La coloración no tiene un efecto directo sobre las propiedades sensoriales de los refrescos, zumos y néctares; pero la coloración natural es recomendable cuando sea posible para reforzar el sabor que se percibe por el consumidor. En algunos casos el color tiene mayor importancia que el gusto. Dentro de la clasificación de los colorantes tenemos dos tipos, los colorantes artificiales y los colorantes naturales. Los colorantes artificiales mayormente son azoicos, son los más empleados y los más adecuados desde el punto de vista tecnológico debido a su estabilidad en el producto final y capacidad cromática. Los colorantes naturales son inestables. (Varnam y colaboradores, 1997).

## **2.2 CARACTERIZACIÓN MATEMÁTICA DE LA REOLOGÍA**

### **2.2.1 Reología**

#### **2.2.1.1 Historia**

En 1678 Robert Hooke fue el primero que habló sobre la reología en su libro “verdadera teoría de la elasticidad”. Dicha teoría resumía lo siguiente: “si se dobla la tensión, se dobla la deformación”.

Nueve años después, Isaac Newton publicó en “Philosophia e Naturalis Principia Matemática” una hipótesis asociada al estado simple de cizalladura (o corte): la resistencia derivada de la falta de deslizamiento de las partes de un líquido es proporcional a la velocidad con que se separan unas de otras dentro de él. Esta necesidad de deslizamiento se denomina “Viscosidad”, sinónimo de fricción interna. Dicha viscosidad es una medida de la resistencia a fluir.

A mitad del siglo XX, los reólogos se adaptan a los métodos utilizados en otros campos de los productos alimentarios. Será a partir de la década de 1960, cuando se desarrollan

las investigaciones y los métodos de análisis específicos del campo alimentario.

Los libros sobre este campo empiezan a publicarse a partir de 1970 sobre las propiedades físicas; como también las primeras conferencias internacionales en los años de 1976; 1980; y 1985. (Claude, 2004).

#### **2.2.1.2 Concepto**

La Reología es la ciencia que estudia la deformación y el flujo de la materia, se ocupa preferentemente de la deformación de los cuerpos, sólidos, líquidos y gaseosos. (Muller, 1973).

El término se origina (del griego rheos = derramarse) que significa fluir.

La reología de los alimentos ha sido definida como, “el estudio de la deformación y flujo de las materias primas sin procesar, los productos intermedios o semielaborados, y los productos finales de la industria alimentaría. (White, 1970).

La Reología es una ciencia que estudia el comportamiento de los fluidos sometidos a diferentes esfuerzos. Para medir tales esfuerzos se usan los reómetros. Desde un punto de vista físico esto significa que la resistencia a fluir disminuye cuando la velocidad aumenta. Esto proviene obviamente de la forma en que se orientan las heterogeneidades contenidas en fluidos complejos como dispersiones y emulsiones. (Salager, 1993).

La reología de los alimentos trata sustancias en diferentes estados físicos: sólidos, líquidos, gases y semisólidos. Por ejemplo en los helados y las grasas, estos productos a la temperatura de  $-5^{\circ}\text{C}$  son sólidos, y a  $30^{\circ}\text{C}$  son líquidos; existen otros productos que se comportan como emulsiones en la leche donde su estructura es variada, y las suspensiones que intervienen son los jugos (zumos), mermeladas, jaleas, etc. (Barbosa y colaboradores, 1993).

### **2.2.1.3 Patrones reológicos**

Una infinidad de productos se caracterizan por tener propiedades distintas en su comportamiento. Se toma como

referencia los patrones en sustancias ideales; el sólido ideal carece de propiedades, de igual forma ocurre con el líquido ideal.

Al sólido ideal se le llama sólido de Hooke (1635 - 1705), un arquitecto e inventor inglés que además de ocuparse de la elasticidad, fue quien ideó la espiral de los relojes.

El líquido ideal deriva su nombre de Isaac Newton (1642 - 1726), eminente matemático y naturalista inglés.

El sólido de Hooke al igual que el líquido de Newton, constituyen auténticos límites del comportamiento reológico.

Ningún producto real, por anómalo que sea, es más sólido que el de Newton. Ambos carecen de estructura y son isotrópicos (exhiben propiedades idénticas en todas las direcciones). Son sustancias ideales, tan inexistentes en la vida real como el hombre o la mujer ideal. (Muller, 1973).

#### 2.2.1.4 Propiedades reológicas

Se definen a partir de la relación existente entre la fuerza o sistema de fuerzas externas y su respuesta, sea de deformación o flujo. Todo fluido se va a deformar en mayor o menor medida al someterse a un sistema de fuerzas externas.

Dicho sistema de fuerzas se representa matemáticamente mediante el esfuerzo cortante, mientras que la respuesta dinámica del fluido se cuantifica mediante la velocidad de deformación (<http://www.unizar.es>).

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{v}{r} \quad [ 1 ]$$

$F$  : Fuerza (N)

$A$  : Área (m<sup>2</sup>)

$v$  : Velocidad (m/s)

$r$  : Distancia de recorrido (m).

$$\sigma = \eta * \frac{dv}{dr} = \eta * \gamma \quad [ 2 ]$$

$\sigma$  : Esfuerzo cortante (Pa)

$\eta$  : Coeficiente de viscosidad para un fluido newtoniano (cP)

$\frac{dv}{dr}$  : Gradiente de velocidad con respecto a la distancia (r)

$\gamma$  : Representa la gradiente de velocidad ( $s^{-1}$ )

**- Esfuerzo cortante, o tensión cortante, fuerza de cizalla ( $\sigma$ )**

Una fuerza, se define en términos de su capacidad de producir una aceleración, pero también es un agente capaz de producir una deformación en cualquier cuerpo. (Muller, 1973).

Es la fuerza por unidad de área aplicada paralelamente al desplazamiento (cortante).

Tiene unidades de fuerza dividido por superficie, en el Sistema Internacional se mide en  $N/m^2$ . Es homogéneo con la unidad de presión, Pa, aunque hay que recordar que a

diferencia de ésta, el esfuerzo cortante es una magnitud vectorial.

El esfuerzo cortante es una magnitud microscópica ya que cambia en cada punto del perfil de velocidades.

### **- Velocidad de corte o gradiente de velocidad ( $\gamma$ )**

Al igual que los sólidos, los líquidos obedecen a una ecuación de estado. La ecuación reológica de estado de los sólidos relaciona la deformación con la tensión; la de los líquidos establece la relación entre la tensión y la velocidad de deformación. A la constante de la ecuación de estado de los sólidos le llamamos “módulo de elasticidad”; a la de los líquidos, “coeficiente de viscosidad”. (Muller, 1973).

Se define como el cambio de velocidad ( $v$ ) a través de una distancia ( $r$ ) imaginando entre dos placas paralelas. Sus unidades de velocidad de corte ( $s^{-1}$ ).

Los alimentos reaccionan de una forma muy diferente ante la aplicación de un esfuerzo. Los sólidos duros se rompen

bruscamente ante un esfuerzo elevado; por ejemplo el turrón. Otros sólidos se deforman para acabar rompiéndose como la gelatina. Distintos alimentos tienen diferente comportamiento y fluyen en diversas formas, como la leche, la mayonesa, los purés, la masa para elaborar el pan, requiriendo o no superar un nivel de esfuerzo inicial frente al que pueden o no deformarse antes de fluir. ([www.uv.es](http://www.uv.es))

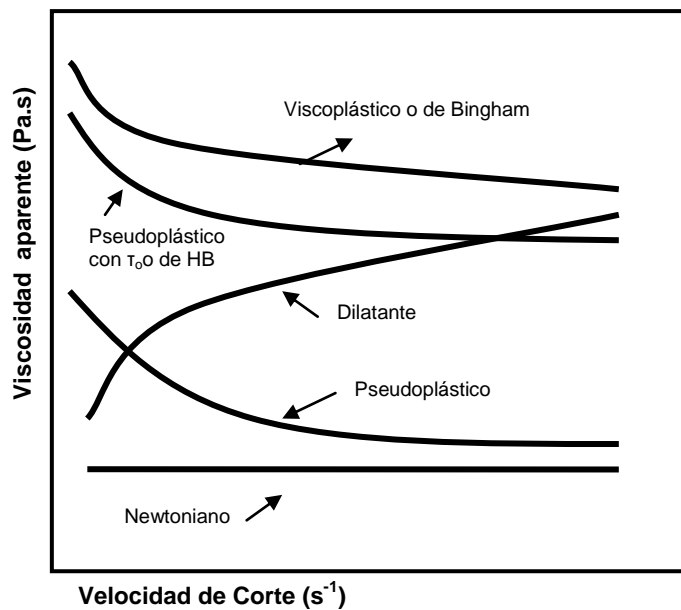
#### **2.2.1.5 Viscosidad**

Es la medida de la fricción interna de un líquido; esta fricción llega a ser evidente, cuando una capa del líquido se mueve en relación a otra capa. Cuanto mayor es la fricción, mayor es la fuerza requerida para obtener un movimiento al que se le llama corte. (Muller, 1973).

##### **- Viscosidad aparente, ( $\eta_a$ )**

Mide la facilidad que tiene una determinada sustancia para fluir ante la aplicación de un esfuerzo cortante, en determinadas condiciones; en unidades de Poise (centipoise = cP).

Cuando se trata de fluidos no newtonianos se define la viscosidad como la viscosidad aparente, por tener suspensiones de sólidos (o emulsiones de líquidos), en el seno de un líquido. A ambos tipos se le denomina dispersiones. (Muller, 1973).



**Figura 04. Viscosidad aparente de fluidos independientes de tiempo**

FUENTE: Steffe (1996)

### - Determinación de la viscosidad

Todo los métodos para determinar la viscosidad de un líquido se basan sólo en la “fuerza” motriz que es igual a la

constante del material (viscosidad) multiplicado por algún factor que represente a la geometría instrumental (que se calcula, o determina, por calibrado contra una sustancia patrón), y otro que expresa la velocidad de cambio de la muestra. (Muller, 1973).

#### **- Métodos básicos para determinar la viscosidad**

Existen cinco métodos básicos prácticos para determinar la viscosidad de un líquido. (Muller, 1973).

##### **1) Con viscosímetros capilares de flujo**

Este sistema de medida se basa en la ley de Poiseuille. Médico francés (1797-1869), quien fue el primero en medir con precisión la resistencia viscosa.

El viscosímetro capilar en forma de “U” utilizado habitualmente en laboratorio es el viscosímetro de Ostwald, del que existen modelos con tubos capilares de diversos diámetros y pueden utilizarse para medir coeficientes de viscosidad dentro del rango de 0,001 – 0,35 P (grados Poiseuille). (Muller, 1973). Solamente se les usa para

fluidos newtonianos, generalmente están hechos de vidrio y son generalmente baratos.

Se basa en que cuando un fluido fluye a través de un tubo se genera un gradiente de velocidad el que requiere un esfuerzo de corte. El fluido puede fluir por acción de la gravedad o por efecto de una presión dada. Si se conoce el caudal volumétrico, con las dimensiones del tubo y la presión aplicada se pueden construir las curvas de fluidez y calcular los valores aparentes de viscosidad. (Barbosa, 2000).

## **2) Con viscosímetros de caída de bola**

Se determina la viscosidad midiendo la velocidad del descenso de una esfera a través de un volumen infinito de líquido; se basa en la ley de Stokes, (1818-1903), físico Irlandés. (Muller, 1973).

Cuando un objeto cae a través de un fluido, está sometido a una serie de fuerzas. En dirección hacia abajo actúa la fuerza de la gravedad; en dirección hacia arriba, una fuerza

viscosa y un empuje hidrostático. Cuando se alcanza el equilibrio, las fuerzas en ambos sentidos se igualan y el objeto cae a velocidad constante.

En la mayoría de los experimentos se obtienen buenos resultados con líquidos newtonianos transparentes; por lo tanto este viscosímetro es muy bueno para viscosidades muy bajas. Pero suele usarse para fluidos viscosos, donde se recomienda emplear una bola de platino, porque el platino es más denso que el acero. (Moore, 1962; citado por Lewis, 1993)

### **3) Con viscosímetros rotacionales**

Existen varios tipos de viscosímetros rotacionales: de cilindro rotatorio externo, de cilindro rotatorio interno, de cono y plato, plato-plato, vibracionales, etc.

Con los viscosímetros rotacionales podemos medir diferentes rangos de viscosidades tanto de fluidos newtonianos como no newtonianos; son muy versátiles ya que pueden estudiarse el comportamiento reológico en

cualquier rango, incluso con partículas en suspensión. Son de gran precisión, se basan en un elemento rotacional que impone una determinada velocidad de rotación, para calcular la velocidad de corte correspondiente y el esfuerzo cortante que se requiere del elemento motor. ([www.egr.msu.edu](http://www.egr.msu.edu)).

Los viscosímetros de cono y placa actúan bajo un principio similar al de cilindros concéntricos. El cono rota a una velocidad determinada y el fluido se encuentra en el hueco entre el cono y la placa donde se transmite la torsión. Es apropiado utilizar para fluidos dilatantes de alta viscosidad. (Lewis, 1993).

Los viscosímetros de plato – plato se utilizan habitualmente para medir viscosidades de comportamiento de tipo plástico.

#### **4) Con Viscosímetros vibratoriales**

Las oscilaciones de una esfera o un cilindro suspendidos de un alambre, se amortiguan cuando se sumerge dicho cuerpo en un fluido; la amortiguación depende de la

viscosidad del fluido. Sirven para trabajar con muestras no newtonianas como geles, espumas y muestras con cambio de fluidez. (Muller, 1973).

### 5) Usando medidas empíricas

Las mediciones empíricas solo se pueden realizar con líquidos newtonianos en la gran mayoría de los casos; en algunos casos sirven para calibrar los instrumentos. Los resultados no se pueden comparar con los obtenidos por equipos de fábrica, pero son útiles. Por lo tanto no sirven para determinar propiedades reológicas fundamentales. (Muller, 1973).

**Tabla 14. Equipos de mediciones empíricas para viscosidad**

Equipos	Aplicaciones más comunes
Viscosímetro de "esfera"	Para líquidos Newtonianos, agua
Consistómetro Adams	Consistencia de purés semisólidos
Medidor de suavidad de Armour	Suavidad de carne
Gelómetro de Bloom	Punto de gelatinización
Cosistómetro Botswick	Para alimento infantil
Viscosímetro de copa de Ford	Para fluidos newtonianos

FUENTE: Muller, (1973).

### **2.2.2 Reología de los alimentos**

Los alimentos se comportan de diferentes formas debido a que su capacidad de fluir varía con la composición y temperatura. Los alimentos sólidos, líquidos y semilíquidos por la estructura física compleja que presentan requieren modelos matemáticos apropiados, tanto para los newtonianos, como no newtonianos independientes del tiempo y dependientes del tiempo.

Cuando se trata de átomos o moléculas mono y biatómicas no polares y polares, estas crean fuerzas de atracción o repulsión que tienen origen en la teoría molecular de la viscosidad. Dentro de esta, tienen relación con la viscosidad: el volumen molecular, la masa molecular, la distancia entre moléculas, la distribución radial de las moléculas, y las fuerzas de atracción que forman puentes de hidrógeno, (Bondi, 1956; citado por Garza, 1998). Las moléculas que presentan cadenas largas y complejas, forman enlaces entrecruzados, estos influyen directamente en la viscosidad como las soluciones poliméricas.

Todo esto se refleja en la aceptación, apariencia, consistencia y sabor, los que determinan la calidad del producto.

### **2.2.2.1 Comportamiento reológico de los cereales**

Desde un punto de vista reológico, los cereales presentan un pericarpio constituido por el epicarpio protegido por la cutícula, el mesocarpio formado por células transversales y el endocarpio constituido por células tubulares. La parte interna está compuesta por el germen y el albumen. En relación a las pruebas mecánicas, estas presentan algunos problemas: la cutícula se desprende fácilmente por presión, y el germen tiende a separarse. La parte utilizable industrialmente es el albumen, el mismo que representa del 75 al 80 % del volumen del grano. (base seca). (Claude, 2004).

Los cereales andinos tienen algunos componentes que afectan el comportamiento reológico; como son los carbohidratos, lípidos (grasas) y minerales. Los carbohidratos son los más importantes formando el 77-87 % del total de materia seca (Kent, 1983; citado por Repo-Carrasco, 1998).

El término “fibra cruda” se refiere a la proporción de carbohidratos (más lignina), la cual es insoluble en ácidos y álcalis diluidos.

El almidón constituye el 64,2 %, los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, pero pueden absorber pequeñas cantidades de agua; el almidón cuando es calentado absorbe agua en mayor cantidad y se hincha, a este fenómeno se le llama gelatinización, por lo tanto se incrementa su viscosidad adheriéndose unos gránulos a otros. Cuando se siguen calentando los gránulos disueltos en agua, por un tiempo prolongado, surge la ruptura de los gránulos, hay hidrólisis y disolución parcial; lo cual origina un descenso de la viscosidad. La temperatura de gelatinización del almidón de quinua está entre 62-73° C.

La pentosana son unos carbohidratos que tiene alta capacidad para absorber agua, es soluble en agua caliente, dando una solución viscosa. También tienen la propiedad de reducir los niveles de colesterol en la sangre.

Las proteínas insolubles que contiene la cañihua (prolaminas 28 % y glutelinas 31 % del total), son macromoléculas que tienen alto peso molecular. (Repo-Carrasco, 1998).

#### **2.2.2.2 Comportamiento reológico de las frutas**

Desde un punto de vista reológico su estructura celular es bastante heterogénea, están constituidas por una pared elástica que rodea el citoplasma viscoso. La precisión de las medidas de su estructura no está bien definida pero se debe tener en cuenta otros parámetros tales como las vacuolas y mitocondrias. Las células están unidas unas a otras por una capa bastante amorfa de carácter péctico, que provoca una cierta rigidez tisular durante los experimentos. Las paredes celulares son permeables y están sometidos a presión osmótica. (Claude, 2004).

### **2.2.2.3 Aplicaciones e importancia de la reología**

Su estudio es esencial en muchas industrias, incluyendo los plásticos, las pinturas, los alimentos, las tintas de impresión, los detergentes, y todo tipo de aceites, etc.

#### **- Diseño de procesos y equipos en ingeniería**

El conocimiento de las propiedades de comportamiento relacionadas al flujo y deformación de los alimentos son imprescindibles en el diseño de silos, ciclones, pulverizadores y bombas (vertidos, drenaje, esparcido mezclado) para el adecuado manejo de alimentos. (Boger y colaboradores, 1974).

Además la viscosidad se utiliza para el cálculo de fenómenos de transporte de cantidad de movimiento, energía y masa. (Jimenez y colaboradores, 1987).

#### **- Evaluación sensorial**

Los datos reológicos pueden ser muy interesantes para modificar el proceso de elaboración o la formulación de un

producto final; de forma que los parámetros de textura del alimento deben encontrarse dentro del rango considerado deseable por los consumidores. (Rao y colaboradores, 1977).

#### **- Obtener información sobre la estructura del alimento**

Los estudios reológicos pueden aportarnos información que facilite una mejor comprensión de la micro estructura o de la distribución de los componentes moleculares de los alimentos, especialmente de los componentes macromoleculares durante la elaboración. (Borwankar y colaboradores, 1992).

#### **- Control de calidad**

Las medidas de la viscosidad en continuo son cada vez más importantes en muchas industrias alimenticias con objeto de controlar el buen funcionamiento del proceso productivo, así como la calidad de las materias primas productos intermedios y acabados.(Bourne y colaboradores, 1992).

### **2.2.3 Caracterización de fluidos**

Desde el punto de vista de la reología los fluidos se clasifican como:

#### **2.2.3.1 Fluidos newtonianos**

Son aquellos fluidos que obedecen a la ley Newton de la viscosidad, es decir que existe una relación lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación para líquidos homogéneos no polimerizados. (Bird y colaboradores, 2002)

Son aquellos que tienen viscosidad constante; dependiente de la temperatura, pero independiente de la velocidad de corte aplicado.

El fluido newtoniano no posee propiedades elásticas, es incompresible, isotrópico y carente de estructura (fluido ideal). Sin embargo, muchos alimentos líquidos se comportan como "líquidos newtonianos". Como ejemplos podemos citar las bebidas carbonatadas, las bebidas alcohólicas, las aguas azucaradas, (las que no contienen

moléculas de cadenas largas), los extractos de carne, la chicha de jora (maíz, quinua), algunos aceites ligeros de cocina, la leche diluida y el agua.(Muller, 1973).

### **2.2.3.2 Fluidos no newtonianos**

Los fluidos no newtonianos son aquellos en los que la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte no es lineal. Los fluidos en mención a su vez se diferencian en dependientes e independientes del tiempo.

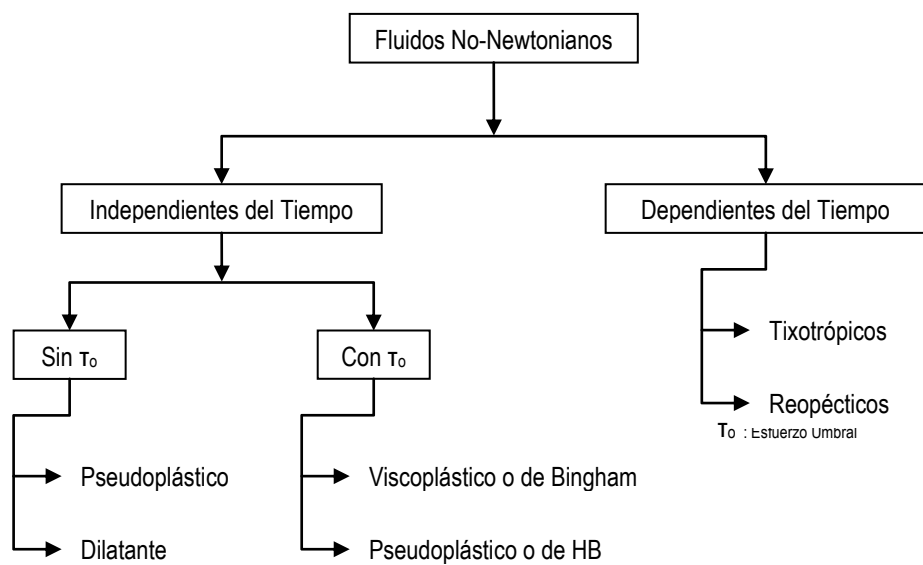
Estos materiales no pueden ser definidos por un simple valor de viscosidad a una temperatura específica. La viscosidad de estos materiales debe ser siempre dada junto con la temperatura correspondiente y el gradiente de velocidad.

Estos fluidos se caracterizan porque su viscosidad no permanece constante cuando la temperatura y la concentración permanecen invariables, sino que dependen del esfuerzo cortante o gradiente de velocidad, y a veces del tiempo de aplicación del esfuerzo. Cuando la viscosidad

no permanece constante, se define como la viscosidad aparente (Jimenez y colaboradores, 1987).

Los fluidos no newtonianos son soluciones concentradas de macromoléculas (almidones, proteínas, y gomas), también intervienen sustancias coloidales tales como emulsiones, pastas y suspensiones. La viscosidad y la acción cizallante dependen de una serie de factores. (Lewis, 1993).

- La naturaleza de las fases continua y dispersa.
- Las interacciones partícula-partícula y partícula- solvente.
- La concentración de partículas, su forma, tamaño y composición química.



**Figura 05. Tipos de comportamiento de fluidos no-newtonianos**

FUENTE: Chamorro, (1998)

### - Estructura de los líquidos no newtonianos

Los líquidos no newtonianos son generalmente muy complejos en su composición; tienen más de una fase, una de las fases es la continua y la otra es discontinua (dispersa).

Cualitativamente, la reología de un sistema disperso depende de las propiedades de dos fases continua y dispersa, y de la interacción entre ambas. En la fase

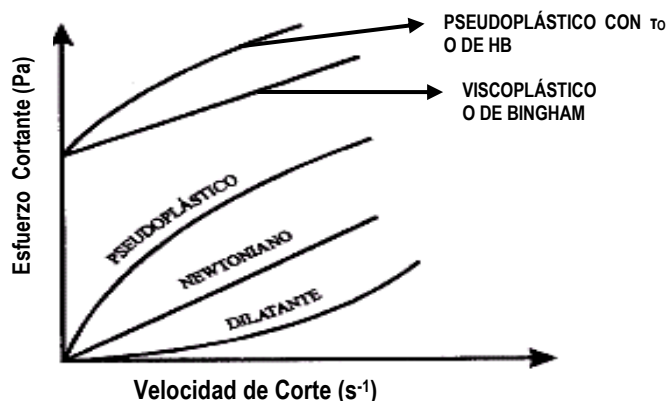
continua, es interés de la viscosidad, la composición química, el pH, y la concentración de electrolitos. En la dispersa, que puede ser líquida o sólida (emulsiones y suspensiones, respectivamente), son importantes la concentración en volumen (porcentaje de una fase con respecto a la otra), la viscosidad (si se trata de una emulsión), el tamaño y forma de partícula, la distribución por tamaños y la composición química. La interacción entre las dos fases puede verse afectada también por la presencia de agentes estabilizantes. El comportamiento puede verse modificado por las propiedades de cualquier película estabilizante. (Muller, 1973).

## **- Independientes del tiempo**

### **1) Plásticos Bingham o plástico**

El producto presenta un valor umbral de esfuerzo cortante, el cual es necesario sobrepasar para que el fluido se ponga en movimiento.

En tipos de fluidos donde se producen fuerzas de cohesión entre las partículas suspendidas en su interior; a estas fuerzas se les denomina fuerzas de Van der Waals y puentes de hidrógeno, los que producen atracción entre partículas. También pueden aparecer fuerzas de repulsión debido a potenciales de la misma polaridad. (Chhabra y colaboradores, 1999).



**Figura 06. Comportamiento típico para fluidos independientes del tiempo**

FUENTE: Bird – Steward. (2002)

## 2) Pseudoplásticos

La viscosidad aparente disminuye a medida que aumenta el esfuerzo cortante sobre el fluido.

Los líquidos pseudoplásticos son menos espesos cuando se someten a altas velocidades de deformación, que cuando se cizallan lentamente. La viscosidad aparente depende de la velocidad de deformación por cizalladura (corte), pero no del tiempo durante el cual están sometidos al esfuerzo cizallante. (Muller, 1973).

El comportamiento pseudoplástico es el más frecuente en los fluidos alimentarios; dentro de estos tenemos los zumos, purés de frutas; derivados del tomate, confituras de fruta, productos lácteos como la nata, o la leche azucarada condensada, y otros.(Garza, 1998).

### **3) Dilatantes**

La viscosidad aparente aumenta a medida que aumenta el esfuerzo cortante al cual es sometido el fluido.

En su mayoría presentan partículas de diferentes formas y tamaños, las cuales están comprimidas en forma de paquetes, y la fracción de líquido se comporta causando movimientos; por lo tanto la viscosidad aparente es muy

baja. Con el aumento de la velocidad de deformación, las partículas de cadena larga son flexibles donde pueden estirarse y romperse. La dilatancia es evidente en la formación y/o reorganización de la estructura de la muestra, dando como resultado un aumento de la resistencia al aplicar la fuerza. (Rha y colaboradores, 1986).

La mayoría de los líquidos que muestran dilatancia retornan a su condición original de consistencia al detenerse la agitación. (Barboza, 2000).

## **- Dependientes del tiempo**

### **1) Fluidos tixotrópicos**

Se llaman tixotrópicos a los fluidos que sometidos a velocidad de corte constante, el esfuerzo cortante y la viscosidad aparente decrecen con el tiempo. (Jimenez y colaboradores, 1987).

Los fluidos tixotrópicos se caracterizan por un cambio de su estructura interna al aplicar un esfuerzo cortante; esto

produce la rotura de las largas cadenas que forman sus moléculas. Dichos fluidos son reversibles después de un tiempo de reposo. Estos fluidos por ser reversibles presentan el fenómeno de Histéresis; las razones de este comportamiento son diversas. Se considera como un sistema disperso, se debe tener en cuenta que las partículas que hay en él poseen diferentes potenciales eléctricos y tienden a formar tres estructuras diferentes dependiendo de cómo sea la fase dispersa.

Si la fase dispersa está formada por una serie de capas se denomina “castillo de cartas”, si en cambio se compone de una serie de varillas se denomina “armadura”, y si la fase dispersa está compuesta por formas esféricas se denomina “estructura de perlas encadenadas”. Las fuerzas que actúan en estas estructuras son de tipo electrostático y se originan por intercambio de iones dentro del fluido, lo cual provoca atracciones y repulsiones entre ellos y da lugar a cambios estructurales. Como ejemplos tenemos: las pinturas, el yogur, las tintas de impresión, la salsa de

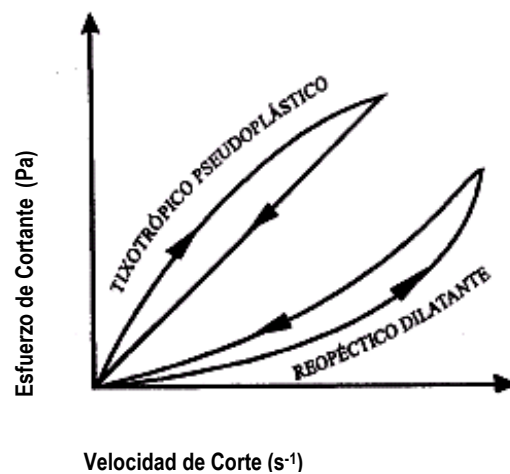
tomate, y algunos aceites del petróleo. (Chhabra y colaboradores, 1999).

## **2) Fluidos reopécticos**

Se describe a un fluido reopéctico como un fluido tixotrópico pero con una importante diferencia; la estructura del fluido, es reversible pero sólo se recuperará completamente si se somete a una pequeña velocidad de deformación. Esto significa que un fluido reopéctico no recuperará su estructura al reposar. (Jimenez y colaboradores, 1987).

Los fluidos reopécticos se caracterizan por tener un comportamiento contrario a los tixotrópicos; es decir, que su viscosidad aumenta con el tiempo y con la velocidad de deformación aplicada presenta también histéresis inversa. El comportamiento reopéctico ocurre cuando la aplicación de una fuerza produce formación de enlaces intermoleculares lo que conlleva a aumentar la viscosidad, mientras que si se cesa ésta se produce una destrucción de los enlaces, dando lugar a una disminución de la

viscosidad. Como algunos ejemplos que podemos citar son el yeso listo para el tarrajeo en paredes u obras de arte, la arcilla bentonítica, la margarina y otros. (Chhabra y colaboradores, 1999).



**Figura 07. Comportamiento típico para fluidos dependientes del tiempo**

FUENTE: Bird – Steward, (2002)

### - Fluidos viscoelásticos

Se comportan como líquidos y sólidos presentando propiedades de ambos. Estos fluidos son de comportamiento más complejo, ya que se encuentran entre los sólidos elásticos y fluidos con cualquier comportamiento reológico. (<http://www.uv.es>)

Los fluidos viscoelásticos se caracterizan por presentar a la vez tanto propiedades viscosas como elásticas. En una mezcla que tenga propiedades de un comportamiento líquido de moléculas de cadenas muy largas y flexibles o también la presencia de partículas en el líquido o sólido dispersos. Esto obedece al modelo de Maxwell. (Chhabra y colaboradores, 1999).

#### **2.2.4 Modelos reológicos para alimentos**

La descripción precisa del flujo, necesaria para el diseño de sistema de bombeo, tuberías y accesorios, etc., para el transporte, entre otros requiere una ecuación que exprese la relación entre esfuerzo cortante ( $\sigma$ ) y velocidad de corte ( $\dot{\gamma}$ ) en cualquier punto.

Observando el comportamiento de diversos fluidos (independientes del tiempo) mostrados en la Figura (06), se ha caracterizado su comportamiento proponiendo diversas ecuaciones. (Claude, 2004).

### 2.2.4.1 Modelo para fluidos newtonianos

La viscosidad sólo depende de la temperatura y composición, se representa por ( $\eta$ ): (Charm, 1960).

$$\sigma = \eta * \gamma \quad [ 3 ]$$

$\sigma$  : Esfuerzo cortante (Pa)

$\gamma$  : Velocidad de corte ( $s^{-1}$ )

$\eta$  : Viscosidad absoluta (Kg/ms)

El conocimiento de la influencia de la temperatura sobre la viscosidad es muy importante, como se deduce del estudio de los procesos continuos de tratamiento de alimentos líquidos, donde estos se transportan por conducciones, válvulas, bombas, etc., durante las operaciones de calentamiento, mezclado, homogenización, etc. (Lewis, 1993).

$$\eta = A \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad [ 4 ]$$

$A$  : Constante característica del fluido.

$E_a$  : Energía de activación (kJ/mol)

$R$  : Constante de los gases ( $8,314 \times 10^{-3}$  kJ/mol $^{\circ}$ K)

$T$  : Temperatura absoluta ( $^{\circ}$ K)

$\eta$  : Viscosidad absoluta, (Kg/ms)

Otras ecuaciones exponenciales son la de Kopylov: (Vitali y colaboradores, 1984).

$$\eta = A \exp\left(\frac{B}{T^3}\right) \quad [5]$$

A y B : Constantes características del fluido

$\eta$  : Viscosidad absoluta, Kg/(ms)

$T$  : Temperatura (K)

También se tiene la ecuación de Girifalco: (Rao, 1986).

$$\eta = A \exp\left(\frac{B}{T} + \frac{C}{T^2}\right) \quad [6]$$

A, B y C : Constantes características del fluido

$\eta$  : Viscosidad absoluta, Kg/(ms)

$T$  : Temperatura (K)

#### **2.2.4.2 Modelos para fluidos no-newtonianos**

Varios modelos están disponibles para la descripción matemática de los fluidos con comportamiento no newtoniano. Ejemplos de tales modelos son Oswald, Herschey-Bulkey, Steiger-Ory, Binham, Ellis y Eyring. Estos modelos relacionan el esfuerzo cortante de un fluido al gradiente de velocidad permitiendo que la viscosidad aparente sea calculada siempre como la relación entre el esfuerzo cortante (Shear Strees) y el gradiente de velocidad (Shear Rate): (Bird y colaboradores, 2002).

El modelo más general es el modelo de Herschey – Bulkley, también llamado el modelo generalizado de la ley de la potencia, que en principio es un modelo extendido del modelo de Ostwald. El principal beneficio de la ecuación generalizada de la ley de la potencia es su aplicabilidad a gran número de fluidos no newtonianos sobre un gran rango de gradientes de velocidad. Aún más, la ecuación de la ley de la potencia se presta por si misma al tratamiento matemático. (Steffe, 1996).

$$(\sigma - \sigma_0) = K * \gamma^n \quad [ 7 ]$$

$\sigma$  : Esfuerzo cortante, (Pa)

$\sigma_0$  : Umbral de fluencia, (Pa)

$K$  : Índice de consistencia, (Pas<sup>n</sup>)

$\gamma$  : Velocidad de corte, (s<sup>-1</sup>)

$n$  : Índice de comportamiento del fluido, (adimensional)

Una modificación conveniente de la ecuación generalizada de la Ley de Potencia hace posible volverla a escribir para expresar cada tipo de comportamiento de flujo. (Steffe, 1996)

Para un fluido plástico la ecuación de la ley de la potencia es usada en la forma generalizada completa; cuando el índice de comportamiento del fluido  $n$  es menor a 1 ( $n < 1$ ), el fluido presenta un comportamiento pseudoplástico. En soluciones que contienen polímeros de cadena larga, si el índice de comportamiento del fluido  $n$  es mayor a 1 ( $n > 1$ ) entonces se produce espesamiento; por lo tanto, el fluido es dilatante (por ejemplo en el procesamiento de la margarina). Y cuando ( $n = 1$ ) el comportamiento del fluido es

newtoniano para soluciones que no contengan sólidos en suspensión; como es el caso del agua azucarada, la gasolina, y aceites. (Muller, 1973).

Este modelo ha sido utilizado por diferentes investigadores en suspensiones alimentarias, (Rao y colaboradores 1986; 1987), zumos de naranja, (Crandall y colaboradores, 1982), derivados de tomate, (Rao y colaboradores, 1977), zumos de frambuesa, (Ibarz y colaboradores, 1987), soluciones de carboximetilcelulosa, (Elfak y colaboradores, 1979), yema de huevo. (Ibarz y colaboradores, 1989).

Para un fluido pseudoplástico o dilatante el modelo de la Ley de la Potencia viene a ser: (Steffe, 1996).

$$\sigma = K * \gamma^n \quad [ 8 ]$$

$\sigma$  : Esfuerzo cortante,(Pa)

$K$  : Índice de consistencia, (Pas<sup>n</sup>)

$\gamma$  : Velocidad de corte, (s<sup>-1</sup>)

$n$  : Índice de comportamiento del fluido, (adimensional)

Con  $n < 1$  y  $n > 1$  respectivamente.

Se pueden considerar otros modelos para alimentos pseudoplásticos; Modelos de dos parámetros: Modelo de Ree-Eyring.

$$\eta = A \operatorname{arcosenh} \left( -\frac{\gamma}{B} \right) \quad [9]$$

$\eta$  : Viscosidad (Kg/m.s ); Pa.s; cP

A y B : Constantes características del fluido

$\gamma$  : Velocidad de corte, (s<sup>-1</sup>)

Modelo de Steiger y Ory (Jimenez y colaboradores, 1987).

$$\gamma = a\sigma + b\sigma^3 \quad [10]$$

$\gamma$  : Velocidad de corte (s<sup>-1</sup>)

a y b : Constantes características del fluido.

$\sigma$  : Esfuerzo cortante (Pa)

Modelos de tres parámetros: Modelo de Williamsom, (Jimenez y colaboradores, 1987).

$$\eta = \frac{A\gamma}{B + \gamma} + \mu_{\infty}\gamma \quad [11]$$

$\eta$  : Viscosidad (Kg/m. s); Pa.s

A, B : Constantes características del fluido.

$\mu_{\infty}$  : Viscosidad para una velocidad de corte infinita.

$\gamma$  : Velocidad de corte. ( $s^{-1}$ )

#### 2.2.4.3 Modelo efecto de la temperatura

Es esencial conocer el efecto que la temperatura ejerce sobre el comportamiento reológico de los zumos y néctares. Para este tipo de fluidos (pseudoplásticos) suele relacionarse el efecto de la temperatura sobre la viscosidad aparente a una velocidad de deformación fija, siguiendo la siguiente expresión: (Ibarz y colaboradores, 1987; 1988; 1993).

$$\eta_a = K_o \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad [ 12 ]$$

$\eta_a$  : Viscosidad aparente (Kg/m.s); Pa.s

$K_o$  : Constante o factor de frecuencia (Pa.s)

$E_a$  : Energía de activación al flujo, (kJ/mol)

$R$  : Constante de los gases ( $8,314 \times 10^{-3}$  kJ/molK)

$T$  : Temperatura (K)

Para obtener los estimados de los parámetros que aparecen en la ecuación anterior, los datos experimentales de la variación de la viscosidad con la temperatura se deben ajustar a la forma linealizada de la ecuación anterior.

$$\ln \eta_a = \ln K_o + E_a/RT \quad [ 13 ]$$

Al ajustar los valores de  $\ln (\eta_a)$  frente a  $(1/T)$ , puede estimarse el valor de la pendiente ( $E_a/R$ ), y en la ordenada obtener la constante ( $K_o$ ).

El coeficiente de consistencia varía con la temperatura de igual forma que varía la viscosidad aparente en fluidos no newtonianos.(Ibarz y colaboradores, 1988).

$$K = A_0 \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad [ 14 ]$$

$K$  : Índice de consistencia, (Pa.s<sup>n</sup>)

$A_0$  : Constante del fluido (adimensional)

$E_a$  : Energía de activación, (kJ/mol)

$R$  : Constante universal de los gases ( $8,314 \times 10^{-3}$  kJ/molK)

$T$  : Temperatura absoluta (K)

Otro modelo que relacione el efecto de la temperatura y la velocidad de corte (gradiente de velocidad), en una sola expresión. (Harper y colaboradores, 1965).

$$\eta_a = K_T \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) (\dot{\gamma})^{\dot{\gamma}-1} \quad [ 15 ]$$

$\eta_a$  : Viscosidad aparente (Kg/m.s); Pa.s

$K_T$  : Índice consistencia dependiente de la temperatura

$E_a$  : Energía de activación

$R$  : Constante Universal de los gases  
( $8,314 \times 10^{-3}$  kJ/molK)

$T$  : Temperatura Absoluta (K)

$\dot{\gamma}$  : Velocidad de corte ( $s^{-1}$ )

$\dot{\gamma}$  : índice de comportamiento de flujo promedio

La evaluación de la viscosidad aparente se debe realizar a distintas velocidades de deformación y distintas

concentraciones de sólidos solubles. (Ibarz y colaboradores, 1987).

En el caso de la frambuesa, por ejemplo; se observó que para una determinada concentración, a medida que aumenta la velocidad de deformación las energías de activación disminuyen. De la misma manera, para una determinada velocidad de deformación, la energía de activación disminuye con el aumento del contenido en sólidos solubles. (Ibarz y colaboradores, 1987).

#### **2.2.4.4 Modelo efecto de la concentración**

De la misma manera que se correlaciona la viscosidad aparente con la temperatura, se puede relacionar la viscosidad con la concentración. En la bibliografía se puede encontrar dos tipos de correlaciones. (Ibarz y colaboradores, 1987; 1988; 1993).

- *Modelo exponencial:*

$$\eta_a = K_1 \exp(A_1 C) \quad [ 16 ]$$

- *Modelo potencial:*

$$\eta_a = K_2 C^{A_2} \quad [ 17 ]$$

- $\eta_a$  : Viscosidad Aparente (cP)
- $K_1, K_2, A_1$  y  $A_2$  : Constantes del fluido
- $C$  : Concentración (% en peso)

#### 2.2.4.5 Efecto combinado de la temperatura y concentración

Para fines prácticos es necesario hallar un modelo matemático que correlacione las dos variables (concentración y temperatura), de manera que se pueda predecir la viscosidad aparente a partir de dichas variables. Con este fin se combinó las ecuaciones anteriores dando como resultado: (Ibarz y colaboradores, 1987; 1988; 1993).

$$\eta_a = K_3 \exp\left(\frac{E_a}{RT} + A_3 C\right) \quad [ 18 ]$$

$$\eta_a = K_4 C^{A_4} \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad [ 19 ]$$

- $\eta_a$  : Viscosidad Aparente (cP)
- $K_3, K_4, A_3, A_4$  : Constantes del fluido
- $E_a$  : Energía de activación, (kJ/mol)

- $R$  : Constante Universal de los gases  
( $8,314 \times 10^{-3}$  kJ /molK)
- $T$  : Temperatura (K)
- $C$  : Concentración (% en peso)

Para obtener los distintos parámetros que aparecen en estos modelos se linealizan dichas ecuaciones expresándolas en forma logarítmica. (Ibarz y colaboradores, 1987, 1988, 1993).

En el caso del jugo de frambuesa se observa que la viscosidad aparente disminuye al aumentar la velocidad de corte. De otro lado se observó que a medida que la temperatura se incrementa y la concentración decrece, decrece el valor del coeficiente de consistencia del fluido. Igualmente, se observa que con el aumento de concentración y con la disminución de la temperatura, decrece el índice de comportamiento del fluido. A concentraciones bajas y altas temperaturas, el comportamiento reológico de estos zumos, puede llegar a

ser similar al de un fluido newtoniano. (Ibarz y colaboradores, 1987).

#### **2.2.4.6 Modelos para alimentos plásticos**

Un modelo reológico, muy generalizado para estos fluidos es el de Bingham: (Costell y colaboradores, 1986).

Es un modelo utilizado y aplicado en el estudio del comportamiento de suero de puré de albaricoque, (Costell y colaboradores, 1982; 1985), zumos naturales de manzana, (Ibarz y colaboradores, 1987).

$$\sigma = \sigma_0 + \eta_p \gamma \quad [ 20 ]$$

$\sigma$  : Esfuerzo cortante (Pa)

$\sigma_0$  : Umbral de fluencia (Pa)

$\eta_p$  : Viscosidad plástica (Pa.s)

$\gamma$  : Velocidad de corte, (s<sup>-1</sup>)

Dado que la mayor parte de los fluidos alimentarios que exhiben umbral de fluencia no presentan una relación lineal

para el esfuerzo cortante y la velocidad de corte, es más conveniente utilizar el modelo de Herschel y Bulkley.

Este modelo se considera como generalización de la ley de la potencia en la que se incluye un nuevo parámetro, que es el umbral de fluencia ( $K_H$ ). Este modelo ha sido utilizado en el estudio reológico de zumos de naranja (Crandall y colaboradores, 1982), purés de albaricoque, (Costell y colaboradores, 1982), en la clara de huevo, (Tung y colaboradores, 1970), zumos de kiwi, (Ibarz y colaboradores, 2005). Los parámetros reológicos de bastantes alimentos semilíquidos se ajustan a la ecuación de Herschel Bulkley. (Barboza y colaboradores, 1993).

$$\sigma = \sigma_0 + K_H \gamma^n \quad [ 21 ]$$

$\sigma$  : Esfuerzo cortante (Pa)

$\sigma_0$  : Umbral de fluencia (Pa)

$K_H$  : Índice de consistencia (Pas<sup>n</sup>)

$n$  : Índice de comportamiento del fluido (adimensional)

$\gamma$  : Velocidad de corte, (s<sup>-1</sup>)

Otro modelo ampliamente utilizado es el de Casson:(Jimenez y colaboradores, 1987). Este modelo se utiliza mucho para calcular el umbral de fluencia, en numerosos trabajos, (Charm, 1960; Tung y colaboradores, 1970; Rao y colaboradores, 1986). El modelo se ha utilizado en el estudio del comportamiento del chocolate fundido (Chevalley, 1975), clara de huevo (Tung y colaboradores, 1970), derivados del tomate (Rao y colaboradores, 1977).

$$\sigma^{0.5} = \sigma_{oc}^{0.5} + K_c \gamma^{0.5} \quad [ 22 ]$$

$\sigma^{0.5}$  : Esfuerzo cortante (Pa)

$\sigma_{oc}$  : Umbral de fluencia de Casson (Pa)

$K_c$  : Constante de Casson (adimensional)

$\gamma^{0.5}$  : Velocidad de corte, (s<sup>-1</sup>)

Modelo de Mizrahi y Berk, este modelo se basa en el de Casson y fue concebido para explicar el comportamiento reológico del concentrado de naranja. En este modelo se considera la interacción de las partículas en suspensión dentro de un disolvente pseudoplástico. El

modelo se ha utilizado en el estudio de zumos de naranja por varios autores. (Mizrahi y Berk, 1972; Costell y colaboradores, 1986). Su expresión es la siguiente:

$$\sigma^{0.5} = \sigma_{OM}^{0.5} + K_M (\gamma)^n \quad [ 23 ]$$

$\sigma^{0.5}$  : Esfuerzo cortante (Pa)

$\sigma_{OM}$  : Umbral de fluencia (Pa)

$K_M$  : Constante (adimensional)

$\gamma$  : Velocidad de corte. ( $s^{-1}$ )

$n$  : Índice de comportamiento del fluido (adimensional)

El umbral de fluencia depende de la temperatura, composición y características físicas del material. Por ejemplo en el puré de albaricoque depende del porcentaje de pulpa y células rotas, tamaño de las partículas, acidez y contenido de pectinas. Para el zumo de naranja depende del cuadrado del contenido en pulpa del zumo. Para el zumo de tomate depende de la temperatura según la relación exponencial del tipo Arrhenius. (Jimenez y colaboradores, 1987)

#### 2.2.4.7 Modelos para alimentos tixotrópicos

Para materiales tixotrópicos la ecuación reológica es del tipo:

$$\sigma = f(\gamma, t)$$

t : Tiempo

El modelo más antiguo que proporciona parámetros con medidas cuantitativas de la tixotropía es el Weltmann: (Jimenez y colaboradores, 1987)

$$B = \frac{(\eta_1 - \eta_2)}{\ln\left(\frac{t_2}{t_1}\right)} \quad [ 24 ]$$

B : Parámetro constante para cada material, que se denomina coeficiente de ruptura tixotrópica, kg/(ms)

$\eta_1$  y  $\eta_2$  : Viscosidades a los tiempos  $t_1$  y  $t_2$  (cP).

$t_1$  y  $t_2$  : Tiempos en los que se inicia y cesa, respectivamente la aplicación de una determinada velocidad de corte constante.

Existen otros modelos tales como el de Hahn, Cheng y Evans Longree; Tung, Ritter y Govier; Elliot, Petrellis y Flumerfelt; Tiu y Boger; Leiden y Bird; Kemblowski y Petera y finalmente Figón. (Jimenez y colaboradores, 1987).

Dependiendo del contenido de sólidos solubles, pectina y pulpa en suspensión el comportamiento reológico de los zumos puede ser diferente. Así, los zumos clarificados y despectinizados se comportan como fluidos newtonianos. Sin embargo, cuando en estos zumos se hallan presentes pectinas o pulpa en suspensión, este comportamiento varía, de forma que las ecuaciones características de estos zumos obedecen la ley de la potencia, de Bingham, etc.

En el caso de zumos clarificados, sometidos a una clarificación que permite la separación del material sólido del zumo por medio de filtros, pero que contienen pectinas, se comportan como fluidos pseudoplásticos; es decir, que su comportamiento reológico puede describirse según la ley de la potencia.

#### 2.2.4.8 Modelo para copa infinita

Para calcular el esfuerzo cortante y la velocidad de corte se han utilizado las ecuaciones para una copa infinita; la misma puede ser muy útil en tinas o recipientes muy grandes del alimento, a escala industrial (Yang y Krieger, 1978; citado por Steffe, 1996). Cuando  $R_c \gg R_b$  en el caso de que el accesorio es finito y la copa es infinita.

Esfuerzo cortante:

$$\sigma_b = \frac{M}{2\pi h R_b^2} \quad [ 25 ]$$

$\sigma_b$  : Esfuerzo cortante (Pa)

$M$  : Torque dado por el instrumento. (dina-cm)

$\pi$  : 3,1416

$h$  : Altura efectiva del usillo (cm)

$R_b$  : Radio del usillo (cm)

La ecuación utilizada para determinar la velocidad de corte cuando  $R_c \gg R_b$  es la siguiente (Yang y Krieger, 1978):

$$\gamma_b = (2\Omega) \frac{d(\ln \Omega)}{d(\ln \sigma_b)} \quad [ 26 ]$$

$\gamma_b$  : Velocidad de corte para el accesorio ( $s^{-1}$ )

$\Omega$  : Velocidad angular (r.p.s.)

$\sigma_b$  : Esfuerzo cortante (Pa)

El otro modelo que se ajusta a los resultados de la velocidad de corte es la siguiente (Steffe, 1996):

$$\gamma_b = \frac{2\Omega}{n} \quad [ 27 ]$$

$\gamma_b$  : Velocidad de corte para el accesorio ( $s^{-1}$ )

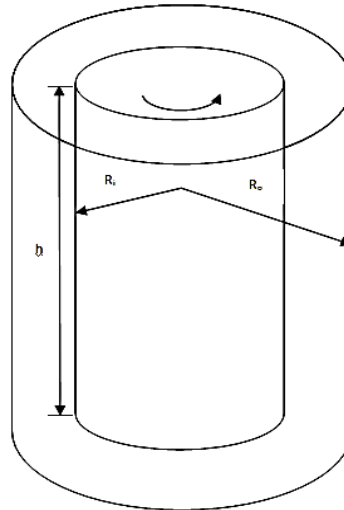
$\Omega$  : Velocidad angular (r.p.s.)

$n$  : Índice de comportamiento del fluido (adimensional)

Por otro lado para encontrar el índice de consistencia (K) y el índice de comportamiento del fluido (n), se ha utilizado la ecuación de Margules, para un radio de copa infinita de un reómetro rotacional. (Barboza, 2000).

### - Reómetro rotacional

Los reómetros rotacionales se someten a prueba a una velocidad de corte casi uniforme mientras se mide el esfuerzo cortante. Físicamente esto es efectuado mediante medida del torque requerido para hacer girar el cilindro interior en la figura (08) a un número dado de revoluciones por unidad de tiempo.



**Figura 08. Ilustración esquemática de un reómetro rotacional**

FUENTE: Bird – Steward, (2002)

Una de la ventaja obvia de este tipo particular de reómetro es que permite la medida continua de la relación del esfuerzo cortante y la velocidad de corte, lo que permitirá el análisis del comportamiento respecto del tiempo en la prueba.

- Un tipo popular de reómetro rotacional es el reómetro de cilindro coaxial. Las suposiciones listadas para el reómetro de tubo capilar también se aplican en este tipo particular.
- Uno de los principales factores que deben ser tomados en cuenta cuando se describe la respuesta de un fluido en cualquier tipo de reómetro rotacional es la expresión para la velocidad de corte.
- Como se indica en la figura (09) velocidad lineal en algún radio ( $r$ ) a partir del centro del eje es  $r\omega$ , donde  $\omega$  es la velocidad angular del centro del cilindro. En el radio  $(r+dr)$ , la velocidad lineal cambia de  $u$  a  $u+du$ , y resulta la siguiente expresión.

$$u + du = (r + dr)(\omega + d\omega) \quad [ 28 ]$$

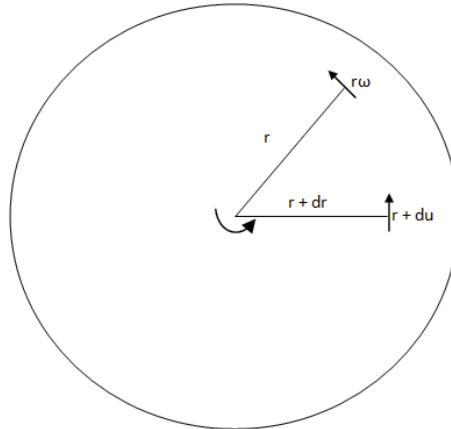
$$u + du = (r\omega + rd\omega + \omega dr + drd\omega)$$

Derivando respecto a  $r$  y despreciando los términos de segundo orden:

$$\frac{du}{dr} + \frac{d^2u}{dr^2} = r \frac{d\omega}{dr} + \omega \frac{dr}{dr} + \frac{d^2\omega}{dr^2} + d\omega \frac{dr}{dr} + \omega \frac{d^2r}{dr^2} + dr \frac{d\omega}{dr} \quad [ 29 ]$$

Puesto que  $\omega$  es la velocidad angular del cilindro central, el segundo término de la ecuación [29] es el único que contribuye a la velocidad de corte (o gradiente de velocidad) en el producto y es obtenida la siguiente expresión.

$$\frac{du}{dr} = r \frac{d\omega}{dr} \quad [ 30 ]$$



**Figura 09. Desarrollo de una expresión para la velocidad de corte en un reómetro rotacional**

FUENTE: Bird – Steward, (2002)

Tomando la derivada de  $\omega$  en la siguiente forma:

$$\frac{d\omega}{dr} = \frac{d}{dr} \left( \frac{u}{r} \right) = \frac{d}{dr} (ur^{-1}) = u(-1)r^{-2} \frac{dr}{dr} + r^{-1} \frac{du}{dr} \quad [ 31 ]$$

$$\frac{d\omega}{dr} = -\frac{u}{r^2} + \frac{1}{r} \frac{du}{dr}$$

Dando esta manera la expresión más común para la velocidad de corte en un reómetro de rotación.

$$\frac{du}{dr} = r \frac{d\omega}{dr} = \frac{du}{dr} - \frac{u}{r}$$

$$\gamma = \frac{du}{dr} - \frac{u}{r} \quad [ 32 ]$$

$$\gamma[=]' \frac{1}{s} = s^{-1}$$

Para un fluido newtoniano la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte en este tipo de reómetro es:

$$\sigma = -\eta \frac{du}{dr} = \eta \left( \frac{u}{r} - \frac{du}{dr} \right)$$

Entonces:

$$\sigma = \eta \left( \frac{u}{r} - \frac{du}{dr} \right) \quad [ 33 ]$$

La relación entre el torque y la velocidad angular en un reómetro de cilindro coaxial es obtenida determinando primero una relación de las fuerzas que actúan sobre el cilindro que rota. Este balance de fuerzas resuelto en la siguiente ecuación describiendo la relación entre el torque y el esfuerzo cortante.

$$Torque = 2\pi r h \sigma r = \Omega$$

$$F = \frac{Torque}{R} = \frac{\Omega}{R}$$

$$\sigma = \frac{T}{R} \left( \frac{1}{2\pi R L} \right) = \frac{T}{2\pi R^2 L}$$

$$\Omega = 2\pi r h \sigma r \quad [ 34 ]$$

Utilizando la ecuación [34] y la siguiente expresión para un fluido pseudoplástico o dilatante (ley de potencia):

$$\sigma = k \left( -\frac{du}{dy} \right)^n$$

$$\sigma = k \left( -\frac{du}{dr} \right)^n$$

Y de ecuación [30]:  $-\frac{du}{dr} = -r \frac{d\omega}{dr}$  con ecuación [32]

$$-r \frac{d\omega}{dr} = \frac{u}{r} - \frac{du}{dr}$$

$$\sigma = k \left( -r \frac{d\omega}{dr} \right)^n = k \left( \frac{u}{r} - \frac{du}{dr} \right)^n \quad [ 35 ]$$

puede ser desarrollada una expresión. Veamos en ecuación [34]

$$\Omega = 2\pi r h k \left( -r \frac{d\omega}{dr} \right)^n r$$

$$-\left( \frac{d\omega}{dr} \right)^n = \left( \frac{\Omega}{2\pi h k} \right) \frac{1}{r^2} \frac{1}{r^n}$$

$$-\left( \frac{d\omega}{dr} \right)^n = \left( \frac{\Omega}{2\pi h k} \right) \frac{1}{r^{n+2}}$$

$$-d\omega = \left(\frac{\Omega}{2\pi hk}\right)^{1/n} \frac{dr}{r^{n+2/n}}$$

e integrando:

$$-\int_0^{\omega_i} d\omega = \left(\frac{\Omega}{2\pi hk}\right)^{1/n} \int_{R_o}^{R_i} \frac{dr}{r^{n+2/n}} \quad [ 36 ]$$

$$\int_{R_o}^{R_i} r^{-(n+2/n)} dr = -\left(\frac{n}{2}\right) \left| \frac{1}{r^{2/n}} \right|_{R_o}^{R_i} = -\left(\frac{n}{2}\right) \left[ \frac{1}{R_i^{2/n}} - \frac{1}{R_o^{2/n}} \right]$$

por tanto:

$$\omega_i = \left(\frac{n}{2}\right) \left(\frac{\Omega}{2\pi hk}\right)^{1/n} \left[ \frac{1}{R_i^{2/n}} - \frac{1}{R_o^{2/n}} \right] = 2\pi N' \quad [ 37 ]$$

donde:

$\omega$  = velocidad angular

$N'$  = número de revoluciones por unidad de tiempo con que se está girando el cilindro interno.

De nuevo los parámetros reológicos ( $k$  y  $n$ ) pueden ser evaluados a partir de los datos experimentales mediante el ploteo de  $\log(N')$  versus el  $\log(\Omega)$ .

- La pendiente del ploteo puede ser usada para calcular el índice de comportamiento del flujo (n) y el coeficiente de consistencia (k) es determinado a partir de la ecuación [37] después de elegir un valor apropiado del intercepto.
- La expresión para un fluido newtoniano puede ser obtenida directamente a partir de la ecuación [37] asignando que  $n = 1$ . Esto resulta en la ecuación de Margules para la viscosidad de un fluido newtoniano como sigue:

$$\eta = \frac{\Omega}{4\pi h \omega_i} \left[ \frac{1}{R_i^2} - \frac{1}{R_o^2} \right] \quad [ 38 ]$$

- La segunda expresión útil obtenida directamente de la ecuación [37] es para el caso de un reómetro con un solo cilindro. Para esta situación;  $R_o$  es igual al infinito ( $R_o = \infty$ ) y resulta la siguiente ecuación:

$$\omega_i = 2\pi N' = \left(\frac{n}{2}\right) \left(\frac{\Omega}{2\pi h k}\right)^{1/n} \left[\frac{1}{R_i^{2/n}}\right] \quad [39]$$

- Cuando el fluido que está siendo medido tiene un comportamiento Bingham plástico, puede ser derivada la siguiente expresión:

$$\omega_i = 2\pi N' = \left(\frac{1}{k}\right) \frac{\Omega}{4\pi h} \left[\frac{1}{R_i^2} - \frac{1}{R_o^2}\right] - \left(\frac{\sigma_y}{k}\right) \ln\left(\frac{R_o}{R_i}\right) \quad [40]$$

- Para el caso de un reómetro de cilindro coaxial con abertura estrecha, puede ser usada directamente la ecuación [34] para medir el esfuerzo cortante, siendo  $r$  el radio del cilindro. La velocidad de corte viene a ser la velocidad lineal del cilindro que rota o gira dividida por el ancho de la abertura. Esta conclusión es obtenida directamente de la ecuación [32] cuando se establece que el término  $\frac{du}{dr}$  será significativamente mayor que el  $\frac{u}{R}$ .
- Una expresión para describir la relación entre la viscosidad aparente y los parámetros reológicos ( $k$  y  $n$ ), puede ser obtenida por comparación de las ecuaciones [38] y [39] con  $R_o = \infty$ .

$$\eta = \frac{\Omega}{4\pi h \omega_i} \left[ \frac{1}{R_i^2} - \frac{1}{R_o^2} \right]$$

$$\omega_i = 2\pi N' = \left(\frac{n}{2}\right) \left(\frac{\Omega}{2\pi h k}\right)^{\frac{1}{n}} \left[\frac{1}{R_i^{2/n}}\right]$$

despejando,  $R_i^{2/n}$  de la ecuación [39]

$$R_i^{2/n} = \frac{n\Omega^{1/n}}{2^{(n+1/n)}(\pi h k)^{1/n} \omega_i}$$

$$(R_i^{2/n})^n = \left(\frac{n\Omega^{1/n}}{2^{(n+1/n)}(\pi h k)^{1/n} \omega_i}\right)^n$$

$$R_i^2 = \frac{n^n \Omega}{2^{(n+1)}(\pi h k) \omega_i^n} \quad [41]$$

[41] en la ecuación [38]

$$\eta = \frac{\Omega}{4\pi h \omega_i} \left[ \frac{1}{\frac{n^n \Omega}{2^{(n+1)}(\pi h k) \omega_i^n}} \right]$$

$$\eta = \frac{2^{(n+1)}\omega_i^n k}{4\omega_i n^n}$$

$$\eta = \frac{2^{(n+1)}\omega_i^{(n-1)} k}{4n^n}$$

$$\eta = \frac{2^{(n+1)}(2\pi N')^{(n-1)} k}{4n^n}$$

$$\eta = \frac{2^{(n+1)}2^{(n-1)}(\pi N')^{(n-1)} k}{4n^n}$$

$$\eta = \frac{2^{2n}(\pi N')^{(n-1)} k}{4n^n}$$

$$\eta = \frac{4^n(\pi N')^{(n-1)} k}{4n^n}$$

$$\eta = \frac{4^{(n-1)}(\pi N')^{(n-1)} k}{n^n}$$

$$\eta = \frac{(4\pi N')^{(n-1)} k}{n^n}$$

$$\eta = \left(\frac{1}{n}\right)^n (4\pi N')^{(n-1)} k \quad [ 42 ]$$

Linealizando:

$$\log(\eta_a) = n \log\left(\frac{1}{n}\right) + (n - 1) \log(4\pi N') + \log(k) \quad [ 43 ]$$

$\eta_a$  : Viscosidad aparente (Pa.s)

$n$  : Índice de comportamiento del fluido (Adimensional)

$k$  : Índice de consistencia. (Pa.s<sup>n</sup>)

$\pi$  : 3.1416

$N'$  : Velocidad de rotación (r.p.s)

## **2.3 HIPÓTESIS**

### **2.3.1 Hipótesis general**

La reología de néctar de quínua - higo, obedece a un modelo matemático de comportamiento reológico no-newtoniano, siendo este de un fluido pseudoplástico.

### **2.3.2 Hipótesis específicas**

- Dentro de los modelos matemáticos, la viscosidad del néctar de quínua - higo, representa un factor determinante en el comportamiento de reología de este fluido.
- El índice de consistencia ( $K$ ), y la velocidad de corte ( $\dot{\gamma}$ ), es determinante en el estudio y aplicabilidad de los modelos matemáticos característicos para el néctar de quínua - higo.
- La viscosidad es una propiedad de transporte que depende de la Temperatura y la Concentración.
- El mejor modelo que ajusta al néctar de quínua - higo, es de tipo exponencial.

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 MATERIALES Y EQUIPOS

- Carboximetilcelulosa (C.M.C.)
- Quínoa en grano (*Chenopodium Quinoa Will*)
- Higo seco (*Ficus Carica*)
- Azúcar
- Acido cítrico
- Agua potabilizada
- Benzoato de sodio
- Viscosímetro rotacional digital Brookfield DV-II+ Programmable Viscometer.
- Equipo de Baño María marca GFL, modelo D-30938 Burgwedel (made in Germany).
- Balanza analítica digital marca Mettler Toledo AB 204, (de 210 g de Capacidad y precisión de 0,1 mg).
- Refractómetro para medir sólidos solubles marca Hand Refractometer Schmidt + Haensch, modelo D-13403. Berlín.
- Termómetro capacidad 100° C

- Potenciómetro: marca Xplorer, modelo Ps-2000, Multiparameter precisión  $\pm 0,01$  con electrodo combinado.
- Vaso precipitado, marca Pyrex, de cap. 600 mL.
- Máquina fotográfica digital, marca Fine Pix, de 12 MP, modelo Z<sub>1</sub>.
- Cocinillas eléctricas
- Licuadora, marca Oster, modelo 04172, de 7 velocidades, U.S.A.
- Jarra medidora de cap. 1,5 L.
- Tamizadores de diferentes mallas, (Nº 40 y Nº 80).
- Ollas de acero inoxidable
- Paletas de madera para homogenizar la muestra
- Envases de tereftalato (PET) de cap. 500 mL.

## **3.2 METODOS**

### **3.2.1 Muestras**

La preparación de muestras se realizó por triplicado para cada concentración de C.M.C. en envases de polietileno de capacidad de 500 mL. La materia prima consta de quinua en grano e higo seco de distinto origen y año de recolección, la disolución de la fruta y del cereal ha sido en relación de 1:4, en

base a la pulpa de la fruta; la Tabla (15) muestra algunas de las características del néctar.

La cantidad de azúcar (sacarosa), se calculó en base al higo seco que contiene 4 °Brix; para el porcentaje de quinua – higo se evaluaron tres opciones (mejor apariencia en presentación y almacenamiento), obteniéndose como rango de 30 - 70 %. Los preservantes utilizados para cada concentración están de acuerdo a las normas técnicas (N.T.P. 203.057, Febrero 1981).

**Tabla 15. Características del néctar de quinua e higo utilizando 5 muestras diferentes de concentración de CMC a 20° C.**

Quinua – Higo (%)	C.M.C. (%)	pH	Sólidos Solubles °Brix
30 – 70	0,50	3,45	15,60
30 – 70	0,75	3,83	14,50
30 – 70	1,00	3,91	15,00
30 – 70	1,25	3,75	16,00
30 - 70	1,50	3,70	16,50

FUENTE: Elaboración propia.

### **3.2.2. Medidas reológicas**

Se desarrollaron en base a un margen muestral que consta de 3 rangos, siendo las temperaturas de 15; 25; 35° C  $\pm$  1° C, en vasos de precipitados cuya capacidad fue de 500 mL, esto debido a patrones de medida establecidos en relación al empleo del equipo Brookfield DV-II+. Las muestras fueron colocadas en baño termostático a temperatura pre-establecida (15; 25; y 35° C), y luego se procedió a efectuar las medidas reológicas, con un control exhaustivo de temperatura.

Para la toma de medidas reológicas se utilizó un viscosímetro digital Brookfield DV-II+ programmable viscometer.

En cada medición se obtuvo una lectura registrada en la escala del dial del equipo, siendo el tiempo de lectura para cada velocidad de +/- 5s, con datos de viscosidad aparente en cP como resultado del rango establecido.

### 3.2.3. Cálculo de los parámetros reológicos

Para calcular el esfuerzo cortante y la velocidad de corte, para una copa infinita se utilizó los modelos propuestos por (Yang y Krieger, 1978; citado por Steffe, 1996); siguiendo la ley de la potencia.

La secuencia operativa para determinar los parámetros reológicos del índice de consistencia (K), e índice de comportamiento del fluido (n); se hizo empleando el modelo propuesto por (Margules, citado por Barboza, 2000).

El cálculo de la viscosidad aparente ( $\eta_a$ ), en fluidos pseudoplásticos se determinó con el modelo descrito en el manual del equipo Brookfield DV-II+.

La energía de activación, calculada a partir de la variación de distintos parámetros con la temperatura, se obtuvo mediante el ajuste no lineal de la ecuación de Arrhenius. El modelo fue linealizado de forma semilogarítmica, se representó de la siguiente manera:  $\ln(\eta_a)$  frente a  $(1/T)$ , dando lugar a una línea

recta. El antilogaritmo de la ordenada en el origen es el valor de la pendiente ( $E_a/R$ ), con lo que se calculó el valor de  $E_a$ .

#### **3.2.4. Análisis estadístico**

El análisis estadístico de los resultados se efectuó por medio del software de diseño experimental Statgraphics plus versión 5.1, empleándose un diseño multifactorial 3 x 5, con un nivel de confianza del 93 % lo cual es aceptable para el modelo experimental evaluado. Los datos observados, se sometieron a un análisis de varianza (Anova), para detectar su significancia, y la prueba de comparación múltiple ( $p < 0,0001$ ) el grado de correlación fue determinado por la gráfica de Pareto; para el efecto combinado de temperatura y concentración.

#### **3.2.5. Medidas físicoquímicas**

##### **- Sólidos solubles**

Los grados Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en el néctar expresados en porcentaje de sacarosa, estando compuestos por azúcares, ácidos, sales y otros compuestos solubles en agua de la fruta.

Utilizando el Método del refractómetro se determinó el contenido de sólidos solubles para cada muestra; una vez envasada se obtuvo la lectura en el refractómetro de marca Schmidt+Haensch, a temperatura de 20° C, bajo el siguiente procedimiento:

- Se calibra el equipo utilizando agua destilada como blanco.
  - Se colocan una o dos gotas de muestra sobre el prisma (se distribuye homogéneamente la muestra sobre la superficie).
  - Se cubre el prisma con la tapa.
  - Realizar la lectura orientando el aparato hacia una fuente de luz, se mira a través del campo visual.
  - En el campo visual, se verá una transición de un campo claro a uno oscuro. Se lee el número correspondiente en la escala. Este corresponde al porcentaje de sacarosa de la muestra.
  - Luego se abre la tapa y se limpia la muestra del prisma con un pedazo de papel toalla o algodón limpio y mojado.
- (Coronado y colaboradores, 2001)

## **- pH**

Para la determinación del pH se empleó un potenciómetro, con la finalidad de controlar la acidez del néctar, evitando el ataque de microorganismos; en vista de que si se encuentra en este medio, la acción de destrucción es mínima. Por lo tanto el producto debe tener un pH (4 - 4,5) adecuado que contribuya a la duración del producto.

Se utilizó un potenciómetro con pH-metro incluido; marca Xplorer, modelo Ps - 2000, Multiparameter. (A.O.A.C., 1993).

## **- Determinación microbiológica**

Para el recuento de microorganismos aerobios mesófilos se empleó el Agar Plate Count y se procedió a su incubación a temperatura de 37° C, durante 48 h, y fueron evaluados según el método recomendado (A.D.A.C., 1975; citado por Mendo 2005).

El néctar de Quínuva - Higo de acuerdo al analisis microbiologico tiene ( $10^1$ UFC/ml), se encuentra dentro de los

límites permisibles en la Norma Sanitaria vigente por el Ministerio de Salud.

Para la determinación de mohos y levaduras se utilizó el Papa dextro A. y se procedió a su incubación a 25° C, por 4 días, cuyos resultados son negativos en la muestra analizada.

Para la determinación de E. Coli se realizó el recuento en placas Petri, utilizando el Mac Coukey Agar, la incubación a 37° C 48/±3 h. (A.D.A.C. 1975; citado por Mendo, 2005).

Los resultados microbiológicos, representados por el recuento total mesófilos, aerobios viables, mohos levaduras y E. coli, indican que no existen crecimientos, lo que deja ver una clara estabilidad de los productos y una esterilidad comercial a las tres semanas de elaborados en condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente.

### **3.3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN**

El tema de investigación está inmerso en varias áreas del conocimiento teórico práctico de ingeniería química (transferencia de calor, fenómenos de transporte, mecánica de fluidos, tecnología

y conservación de alimentos, simulación, entre otros) cuyo fin básico es generar un valor agregado a productos característicos como la quinua e higo (Puno - Tacna).

La preparación de las muestras de néctares a diferentes concentraciones de carboximetilcelulosa (C.M.C.), utilizando concentraciones iguales de quinua e higo; se realizó en las instalaciones de la planta piloto de la facultad de ingeniería química UNA-Puno.

En cuanto se refiere a las pruebas experimentales, éstas se desarrollaron en las instalaciones del laboratorio de operaciones unitarias de la universidad nacional del Altiplano, utilizando el viscosímetro Brookfield DV-II+ digital.

En referencia a la materia prima empleada en el proceso productivo, la quinua e higo son de variedad sajama y Mission; del departamento de Puno y Tacna, respectivamente.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

El nivel de confianza alcanzado por los resultados obtenidos está en un 93 %, siendo este el promedio para cada concentración durante el proceso de investigación desarrollado.

Las figuras (10) al (17) detallan los resultados del comportamiento reológico del néctar de quinua e higo, en el cual se plasman los parámetros químicos experimentales: esfuerzo cortante ( $\sigma$ ) y velocidad de corte ( $\gamma$ ) con sus respectivas curvas de ajuste, utilizando para ellos la ley de la potencia.

La mayoría de productos de la industria alimentaria, presentan comportamiento no newtoniano, por hecho de que la relación del esfuerzo cortante con la velocidad de corte no es lineal; presentando por lo general un carácter pseudoplástico por el adelgazamiento de la velocidad de corte; asimismo, la viscosidad aparente disminuye cuando aumenta la velocidad de corte, con comportamiento convexo.

En el trabajo de investigación se hizo uso de la ecuación de copa infinita para determinar los parámetros reológicos; índice de

comportamiento del fluido ( $n$ ) y de consistencia ( $K$ ). Este modelo es empleado por diversos autores en diferentes productos con resultados satisfactorios, por ejemplo; pulpas concentradas de naranja, zumo de limón no clarificado y el puré de ciruela con melocotón, y otros. (Ibarz y colaboradores, 1993).

Para la determinación de los parámetros reológicos (índice de comportamiento de flujo e índice de consistencia) se compila los datos de los anexos del 01 al 05, en la ecuación [43] como se muestra a continuación.

$$\log(\eta_a) = (n - 1) \log(4\pi N') + \log(k) + n \log\left(\frac{1}{n}\right) \approx y = ax + b$$

$y = ax + b$ ; *expresión matemática lineal*

La viscosidad aparente, esfuerzo cortante y velocidad de corte es determinado mediante las ecuaciones descritas en el manual del viscosímetro Brookfield DV-II+. (Ver anexo 08).

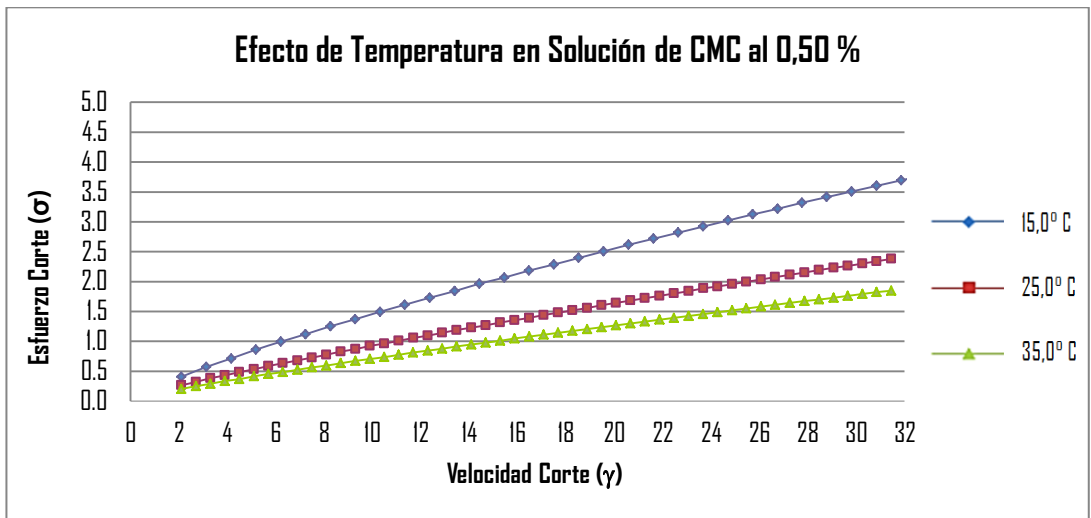


Figura 10. Resultado experimental de esfuerzo cortante y velocidad de corte (CMC - 0,50 %) (Datos del anexo 01)

FUENTE: Elaboración Propia

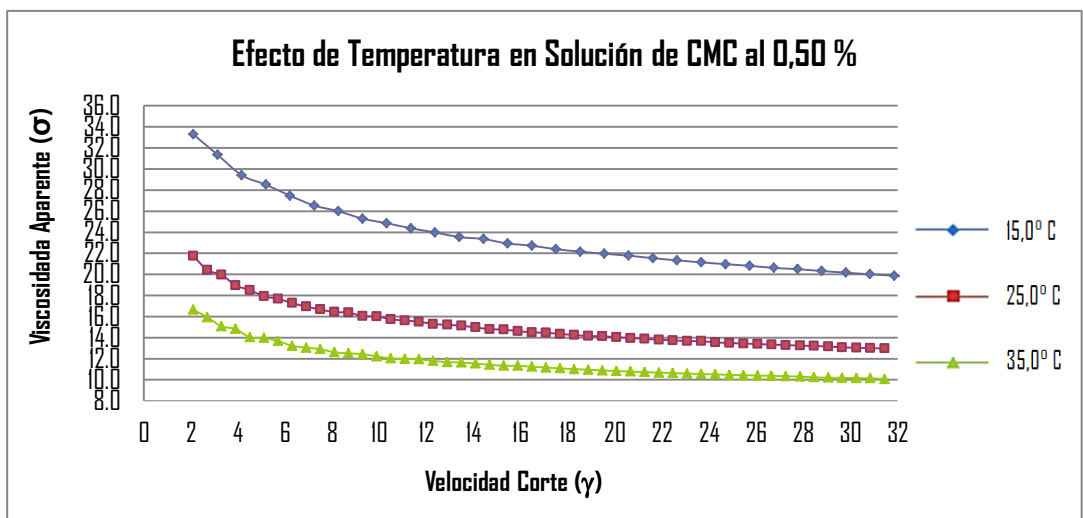
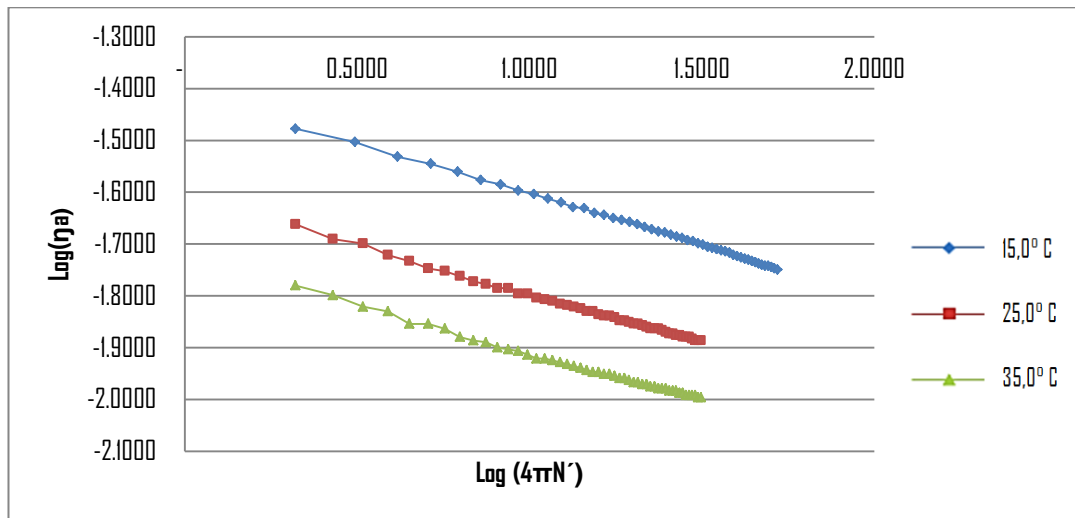


Figura 11. Relación de viscosidad aparente y velocidad de corte (CMC - 0,50 %) (Datos del anexo 01)

FUENTE: Elaboración propia



**Figura 12. Linealización del modelo de Margules para la determinación de los parámetros reológicos (CMC- 0,50 %) (Datos del anexo 01)**

FUENTE : Elaboración Propia

**Tabla 16. Resultado experimental de los parámetros reológicos (CMC al 0,50 %)**

CMC (%)	T (° C)	K (Pa.s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>	Ecuación lineal
0,50	15,0	0,033	0,802	0,998	y = -0,198x - 1,405
	25,0	0,021	0,815	0,997	y = -0,185x - 1,611
	35,0	0,016	0,820	0,996	y = -0,180x - 1,730

FUENTE : Elaboración Propia

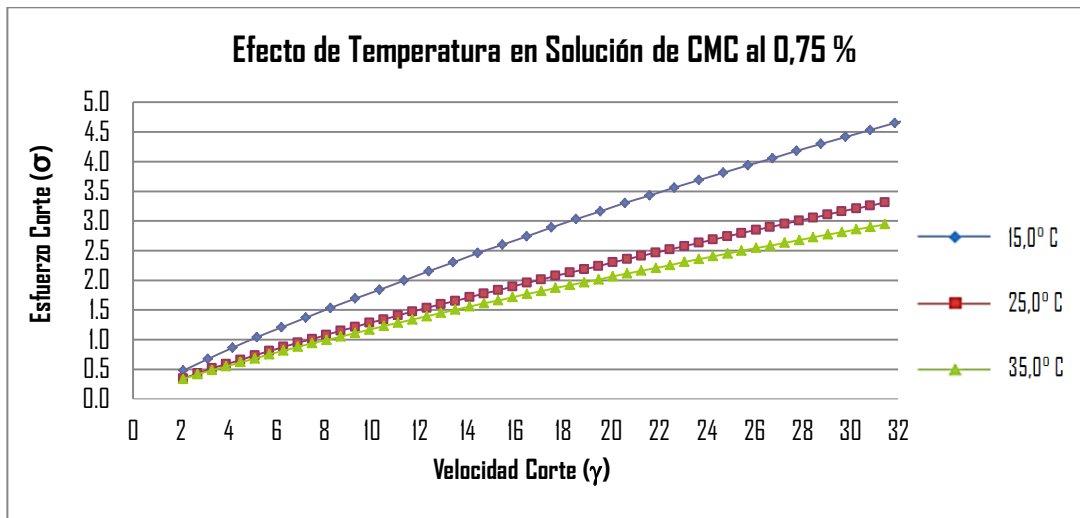


Figura 13. Resultado experimental de esfuerzo cortante y velocidad de corte (CMC - 0,75 %) (Datos del anexo 02)

FUENTE: Elaboración Propia

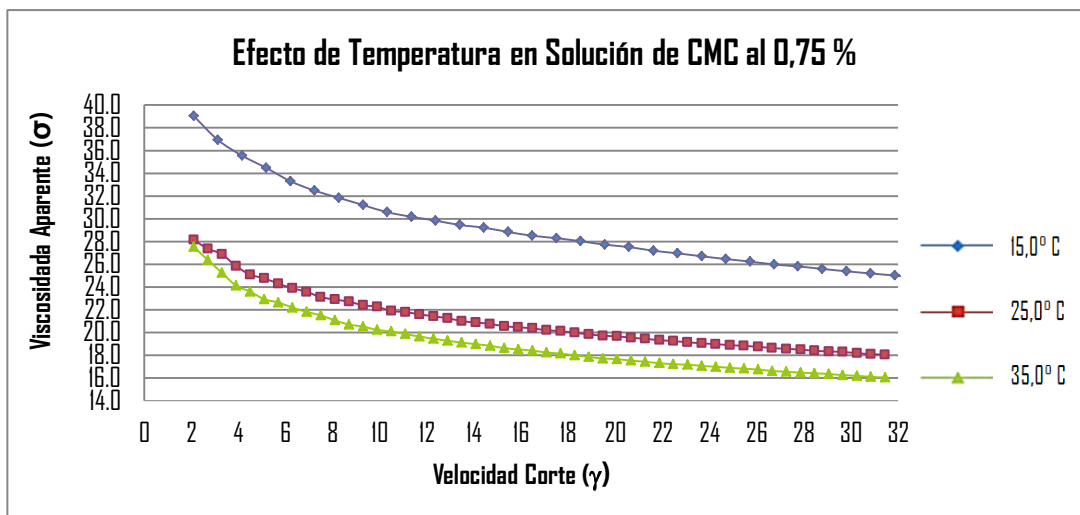
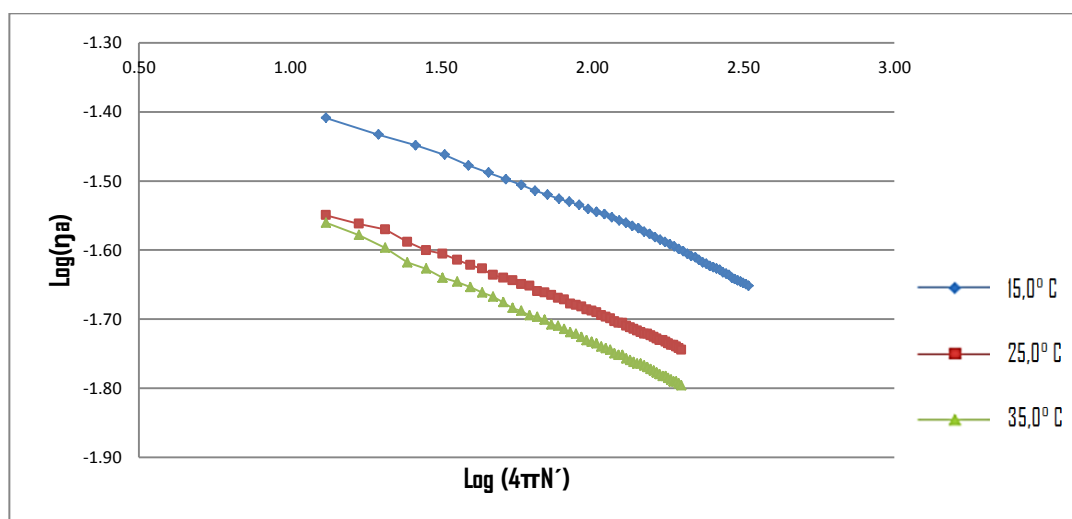


Figura 14. Relación de viscosidad aparente y velocidad de corte (CMC - 0,75 %) (Datos del anexo 02)

FUENTE: Elaboración Propia



**Figura 15. Linealización del modelo de Margules para la determinación de los parámetros reológicos (CMC- 0,75 %) (Datos del anexo 02)**

**FUENTE:** Elaboración Propia

**Tabla 17. Resultado experimental de los parámetros reológicos (CMC al 0,75 %)**

CMC (%)	T (° C)	K (Pa.s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>	Ecuación lineal
0,75	15,0	0,0551	0,8200	0,989	Y=-0,180x – 1,188
	25,0	0,0382	0,8310	0,998	y=-0,169x – 1,351
	35,0	0,0386	0,9020	0,999	y=-0,198x – 1,337

**FUENTE :** Elaboración Propia

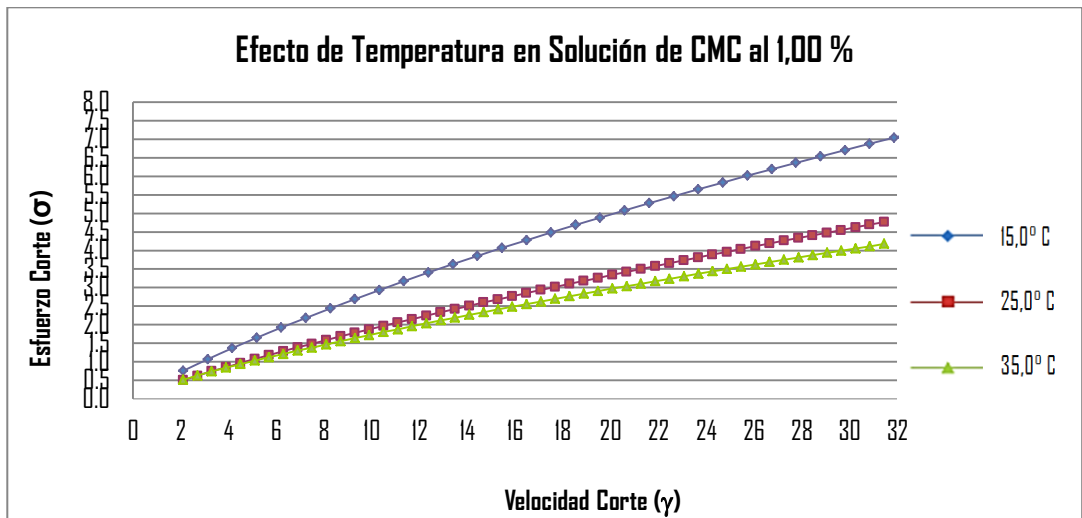


Figura 16. Resultado experimental de esfuerzo cortante y velocidad de corte (CMC - 1,00 %) (Datos del anexo 03)

FUENTE: Elaboración Propia

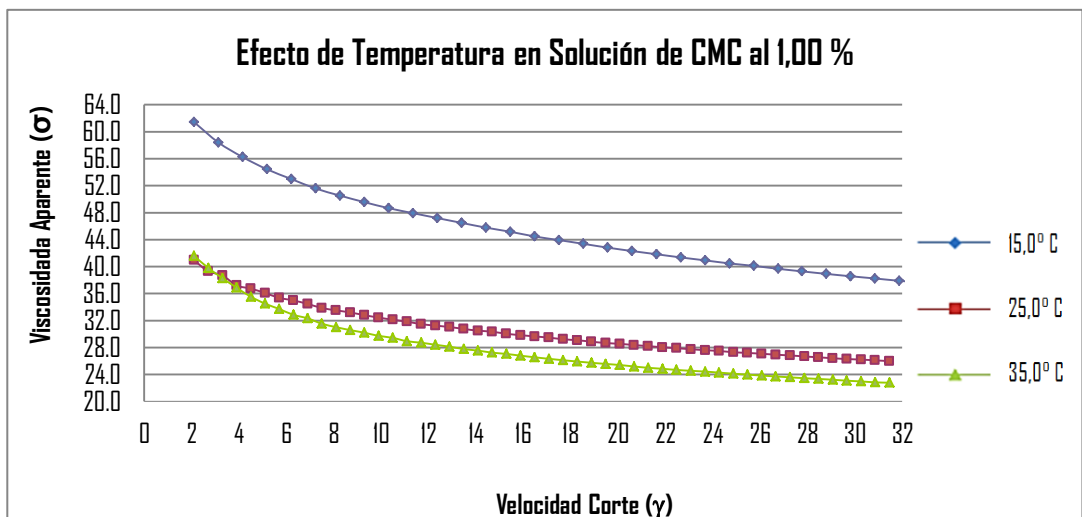
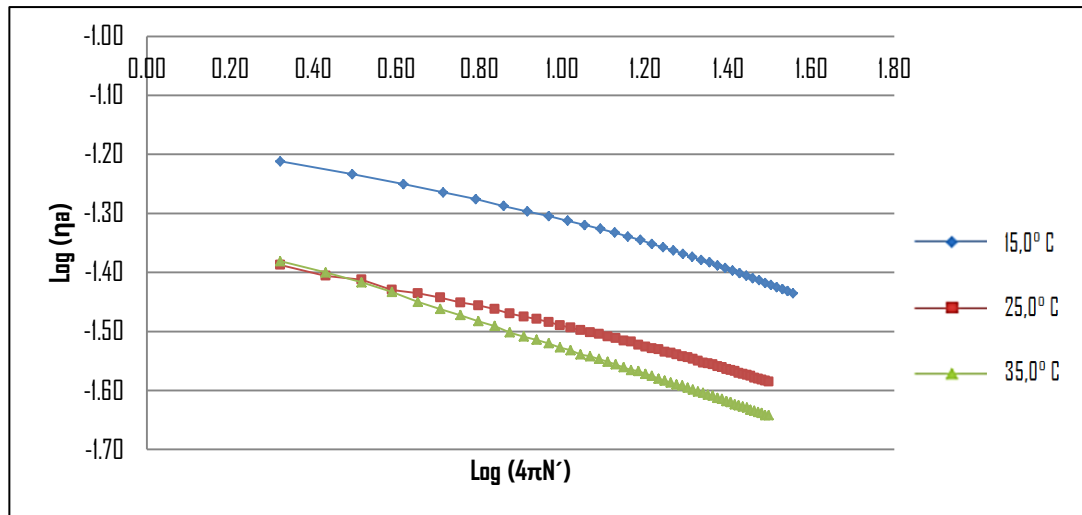


Figura 17. Relación de viscosidad aparente y velocidad de corte (CMC - 1,00 %) (Datos del anexo 03)

FUENTE: Elaboración Propia



**Figura 18. Linealización del modelo de Margules para la determinación de los parámetros reológicos (CMC - 1,00 %) (Datos del anexo 03)**

FUENTE: Elaboración Propia

**Tabla 18. Resultado experimental de los parámetros reológicos (CMC al 1,00 %)**

CMC (%)	T (° C)	K (Pa.s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>	Ecuación lineal
1,00	15,0	0,0628	0,8110	0,983	y = -0,189x - 1,128
	25,0	0,0408	0,8280	0,994	y = -0,172x - 1,321
	35,0	0,0409	0,7740	0,999	y = -0,226x - 1,302

FUENTE : Elaboración Propia

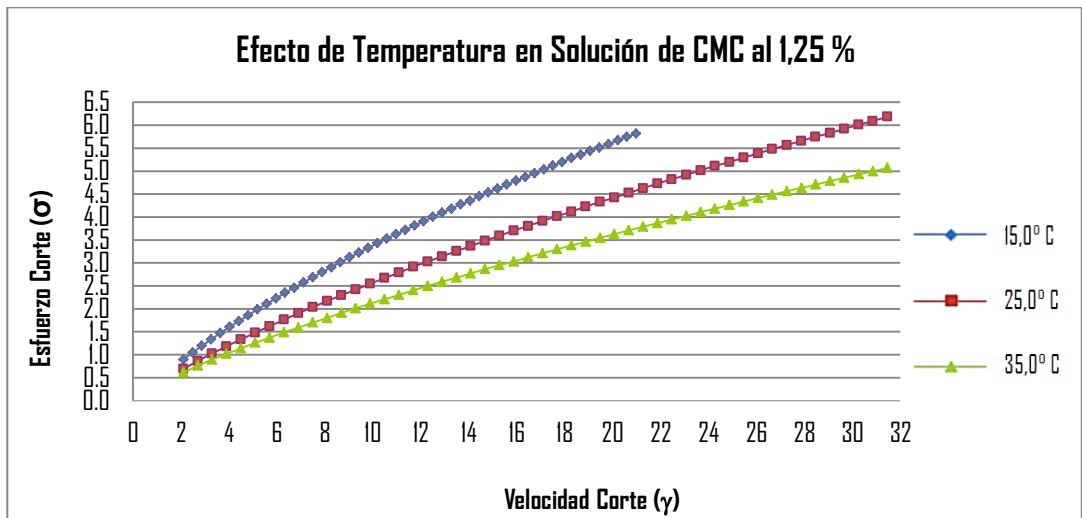


Figura 19. Resultado experimental de esfuerzo cortante y velocidad de corte (CMC - 1,25 %)

FUENTE: Elaboración Propia

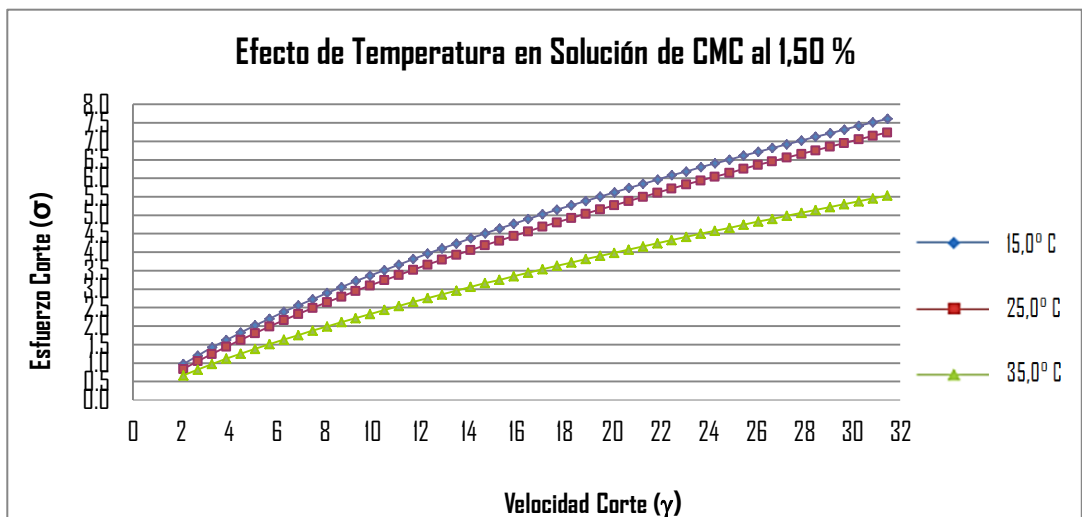
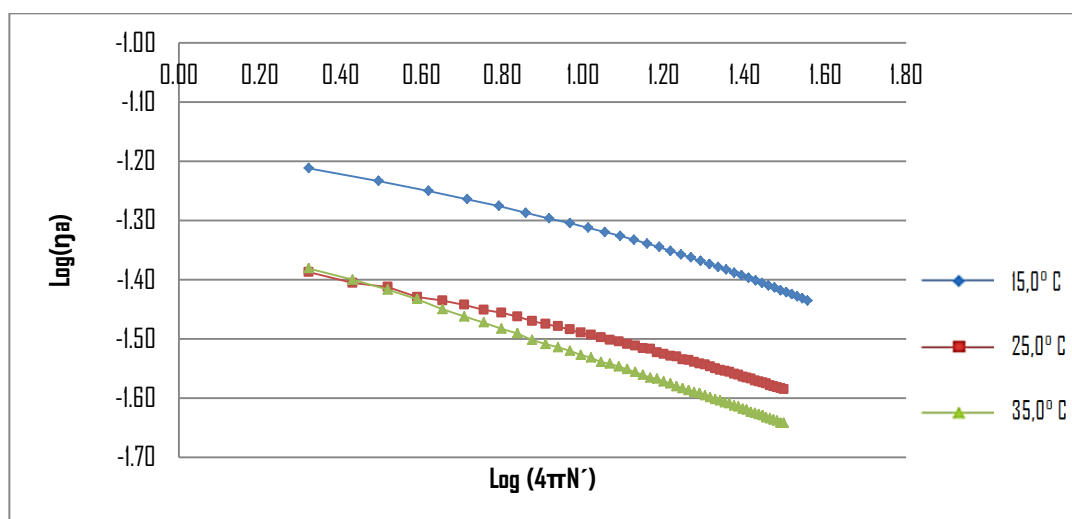


Figura 20. Resultado experimental de esfuerzo cortante y velocidad de corte (CMC - 1,50 %)

FUENTE: Elaboración Propia.



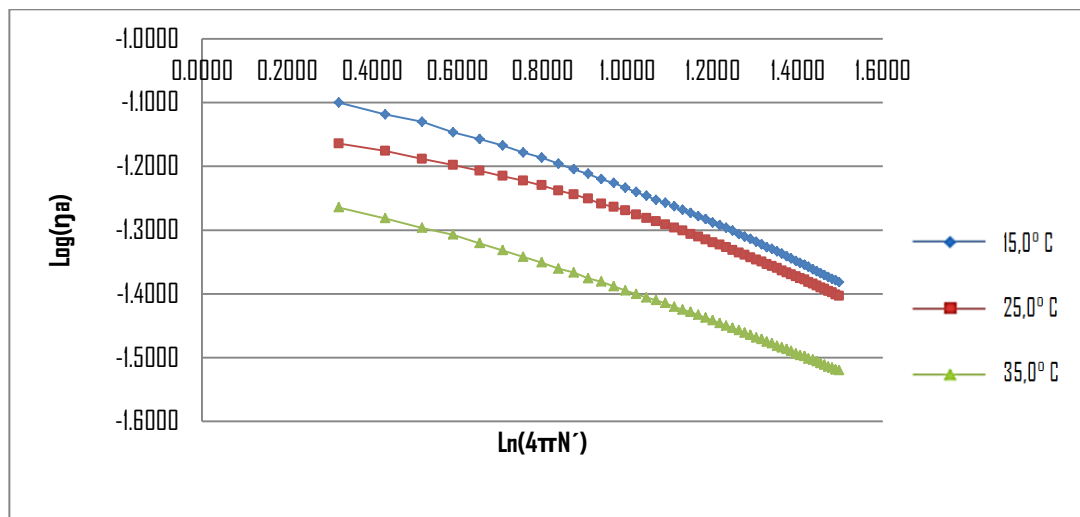
**Figura 21. Linealización del modelo de Margules para la determinación de los parámetros reológicos (CMC - 1,25 %) (Datos del anexo 04)**

FUENTE: Elaboración Propia.

**Tabla 19. Resultado experimental de los parámetros reológicos (CMC al 1,25 %)**

CMC (%)	T (° C)	K (Pa.s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>	Ecuación lineal
1,25	15,0	0,0757	0,7990	0,976	y = -0,201x - 1,043
	25,0	0,0577	0,7990	0,988	y = -0,201x - 1,161
	35,0	0,0501	0,7730	0,997	y = -0,227x - 1,214

FUENTE : Elaboración Propia



**Figura 22. Linealización del modelo de Margules para la determinación de los parámetros reológicos (CMC - 1,50 %) (Datos del anexo 05)**

FUENTE: Elaboración Propia.

**Tabla 20. Resultado experimental de los parámetros reológicos (CMC al 1,50 %)**

CMC (%)	T (° C)	K (Pa.s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>	Ecuación lineal
1,50	15,0	0,0823	0,7470	0,988	y = -0,253x - 0,990
	25,0	0,0716	0,7810	0,981	y = -0,219x - 1,061
	35,0	0,0552	0,7730	0,994	y = -0,227x - 1,172

FUENTE : Elaboración Propia

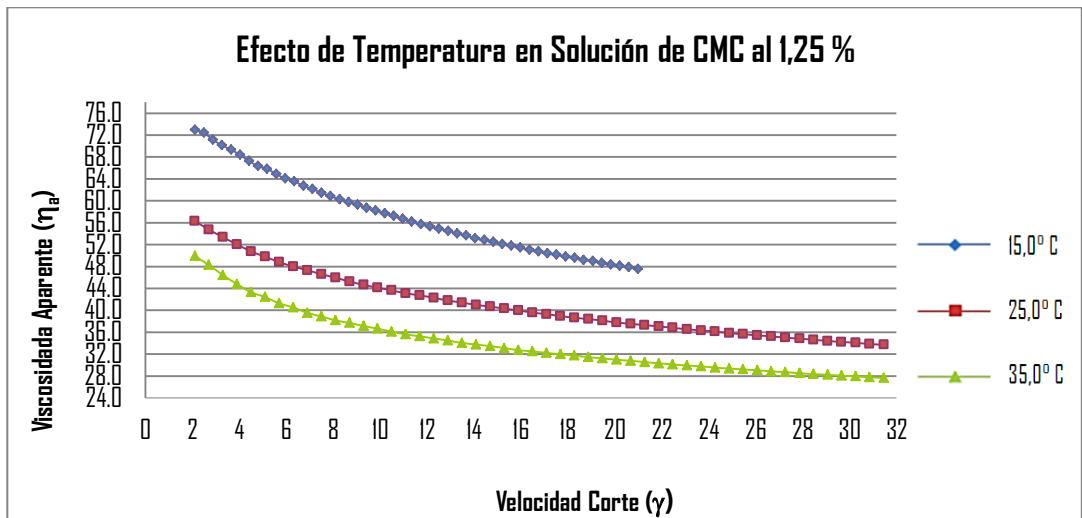


Figura 23. Relación de viscosidad aparente y velocidad de corte (CMC - 1,25 %)

FUENTE: Elaboración Propia

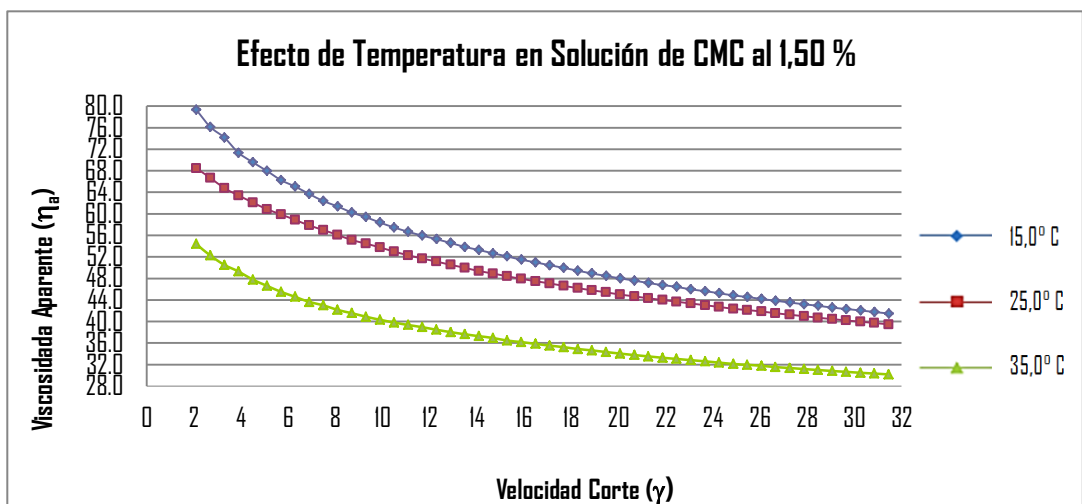


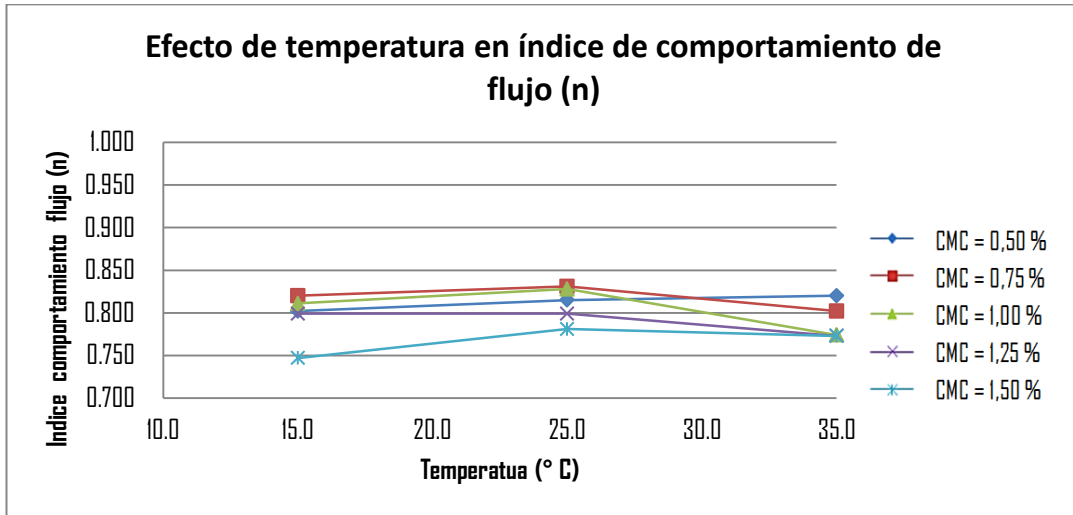
Figura 24. Relación de viscosidad aparente y velocidad de corte (CMC - 1,50 %)

FUENTE: Elaboración Propia

**Tabla 21. Valores de las constantes de la ecuación de Margules para copa infinita para el néctar de Quinua- Higo a distintas concentraciones y temperaturas.**

<b>CMC (%)</b>	<b>T (° C)</b>	<b>K (Pa.sn)</b>	<b>n</b>
0,50	15,0	0,033	0,802
	25,0	0,021	0,815
	35,0	0,016	0,820
0,75	15,0	0,055	0,820
	25,0	0,038	0,831
	35,0	0,039	0,802
1,00	15,0	0,063	0,811
	25,0	0,041	0,828
	35,0	0,041	0,774
1,25	15,0	0,076	0,799
	25,0	0,058	0,799
	35,0	0,050	0,773
1,50	15,0	0,082	0,747
	25,0	0,072	0,781
	35,0	0,055	0,773

**FUENTE:** Elaboración Propia



**Figura 25. Efecto de índice de comportamiento de flujo y temperatura**

FUENTE: Elaboración Propia

Con los datos de la Figura (25), se determina un modelo aproximado para el índice de comportamiento de flujo.

$$n = a + bT + cC$$

$$S = \sum_{j=1}^N [n_{exp} - a - bT - cC]^2$$

$$\frac{\partial S}{\partial a} = \sum_{j=1}^N [n_{exp} - a - bT - cC](-1) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = \sum_{j=1}^N [n_{exp} - a - bT - cC](-T) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial c} = \sum_{j=1}^N [n_{exp} - a - bT - cC](-c) = 0$$

$$aN + b \sum T + c \sum C = \sum n_{exp}$$

$$a \sum T + b \sum T^2 + c \sum CT = \sum (n_{exp} T)$$

$$a \sum c + b \sum TC + c \sum C^2 = \sum (n_{exp} C)$$

$$\begin{vmatrix} N & \sum T & \sum C \\ \sum T & \sum T^2 & \sum TC \\ \sum C & \sum TC & \sum C^2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a \\ b \\ c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \sum n_{exp} \\ \sum (n_{exp} T) \\ \sum (n_{exp} C) \end{vmatrix}$$

**Tabla 22. Determinación de parámetros para el modelo matricial correspondientes al índice de comportamiento de flujo y temperatura.**

C (%)	T (° C)	n <sub>exp</sub>	T <sup>2</sup>	T*C	C <sup>2</sup>	n <sub>exp</sub> *T	n <sub>exp</sub> *C
0,50	15,0	0,802	225	7,50	0,2500	12,0300	0,4010
0,50	25,0	0,815	625	12,50	0,2500	20,3750	0,4075
0,50	35,0	0,82	1225	17,50	0,2500	28,7000	0,4100
0,75	15,0	0,82	225	11,25	0,5625	12,3000	0,6150
0,75	25,0	0,831	625	18,75	0,5625	20,7750	0,6233
0,75	35,0	0,802	1225	26,25	0,5625	28,0700	0,6015
1,00	15,0	0,811	225	15,00	1,0000	12,1650	0,8110
1,00	25,0	0,828	625	25,00	1,0000	20,7000	0,8280
1,00	35,0	0,774	1225	35,00	1,0000	27,0900	0,7740
1,25	15,0	0,799	225	18,75	1,5625	11,9850	0,9988
1,25	25,0	0,799	625	31,25	1,5625	19,9750	0,9988
1,25	35,0	0,773	1225	43,75	1,5625	27,0550	0,9663
1,50	15,0	0,747	225	22,50	2,2500	11,2050	1,1205
1,50	25,0	0,781	625	37,50	2,2500	19,5250	1,1715
1,50	35,0	0,773	1225	52,50	2,2500	27,0550	1,1595
$\Sigma$ 15,0	375,0	11,975	10375	375,00	16,8750	299,0050	11,8865

FUENTE: Elaboración Propia

$$\begin{vmatrix} 15 & 375 & 15 \\ 375 & 10375 & 375 \\ 15 & 375 & 16,875 \end{vmatrix} x \begin{vmatrix} a \\ b \\ c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 11,975 \\ 299,005 \\ 11,8865 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 1,225 & -0,025 & -0,5333 \\ -0,025 & 0,001 & 0 \\ -0,5333 & 0 & 0,5333 \end{vmatrix}^{-1} x \begin{vmatrix} a \\ b \\ c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 11,975 \\ 299,005 \\ 11,8865 \end{vmatrix}$$

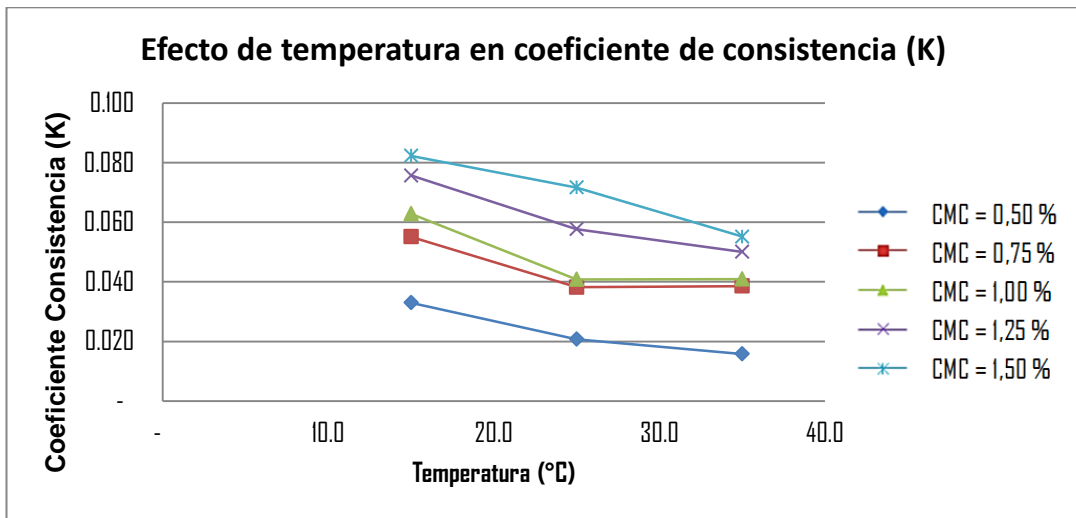
$$\begin{vmatrix} a \\ b \\ c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,8547833 \\ -0,00037 \\ -0,0472 \end{vmatrix}$$

$$n = 0,8547833 - 0,00037 * T - 0,0472 * C$$

**Tabla 23. Modelo aproximado del índice de comportamiento de flujo en función de la concentración y temperatura**

Ecuación	R <sup>2</sup>
$n = 0,8547833 - 0,00037 * T - 0,0472 * C$	0,528

FUENTE: Elaboración Propia



**Figura 26. Efecto del índice de consistencia y temperatura**

FUENTE: Elaboración Propia

En Figura (26) se observa que al incremento de temperatura se da lugar en todas las muestras a una disminución del índice de consistencia. Así por ejemplo para una concentración de 1,50 % es de 0,082 (Pa. s<sup>n</sup>) a 15,15° C y 0,055 (Pa. s<sup>n</sup>) a 34,8° C; del mismo modo se da para otras concentraciones.

Con los datos de la Figura (26) se determinará un modelo aproximado para el índice de consistencia.

$$k = a + bT + cC$$

$$S = \sum_{j=1}^N [k_{exp} - a - bT - cC]^2$$

$$\frac{\partial S}{\partial a} = \sum_{j=1}^N [k_{exp} - a - bT - cC](-1) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = \sum_{j=1}^N [k_{exp} - a - bT - cC](-T) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial c} = \sum_{j=1}^N [k_{exp} - a - bT - cC](-c) = 0$$

$$aN + b \sum T + c \sum C = \sum k_{exp}$$

$$a \sum T + b \sum T^2 + c \sum TC = \sum (k_{exp} T)$$

$$a \sum c + b \sum TC + c \sum C^2 = \sum (k_{exp} C)$$

$$\begin{vmatrix} N & \sum T & \sum C \\ \sum T & \sum T^2 & \sum TC \\ \sum C & \sum TC & \sum C^2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a \\ b \\ c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \sum k_{exp} \\ \sum (k_{exp} T) \\ \sum (k_{exp} C) \end{vmatrix}$$

**Tabla 24. Determinación de parámetros para el modelo matricial correspondientes al índice de consistencia y temperatura.**

<b>C (%)</b>	<b>T (° C)</b>	<b>k<sub>exp</sub></b>	<b>T<sup>2</sup></b>	<b>T*C</b>	<b>C<sup>2</sup></b>	<b>k<sub>exp</sub>*T</b>	<b>k<sub>exp</sub>*C</b>	
0,50	15,0	0,033	225	7,50	0,2500	0,495	0,0165	
0,50	25,0	0,021	625	12,50	0,2500	0,525	0,0105	
0,50	35,0	0,016	1225	17,50	0,2500	0,560	0,0080	
0,75	15,0	0,055	225	11,25	0,5625	0,825	0,0413	
0,75	25,0	0,038	625	18,75	0,5625	0,950	0,0285	
0,75	35,0	0,039	1225	26,25	0,5625	1,365	0,0293	
1,00	15,0	0,063	225	15,00	1,0000	0,945	0,0630	
1,00	25,0	0,041	625	25,00	1,0000	1,025	0,0410	
1,00	35,0	0,041	1225	35,00	1,0000	1,435	0,0410	
1,25	15,0	0,076	225	18,75	1,5625	1,140	0,0950	
1,25	25,0	0,058	625	31,25	1,5625	1,450	0,0725	
1,25	35,0	0,05	1225	43,75	1,5625	1,750	0,0625	
1,50	15,0	0,082	225	22,50	2,2500	1,230	0,1230	
1,50	25,0	0,072	625	37,50	2,2500	1,800	0,1080	
1,50	35,0	0,055	1225	52,50	2,2500	1,925	0,0825	
$\Sigma$	15,0	375,0	0,740	10375	375,00	16,875	17,42	0,8225

**FUENTE:** Elaboración Propia

$$\begin{vmatrix} 15 & 375 & 15 \\ 375 & 10375 & 375 \\ 15 & 375 & 16,875 \end{vmatrix} x \begin{vmatrix} a \\ b \\ c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,74 \\ 17,42 \\ 0,8225 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 1,225 & -0,025 & -0,5333 \\ -0,025 & 0,001 & 0 \\ -0,5333 & 0 & 0,5333 \end{vmatrix}^{-1} x \begin{vmatrix} a \\ b \\ c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,74 \\ 17,42 \\ 0,8225 \end{vmatrix}$$

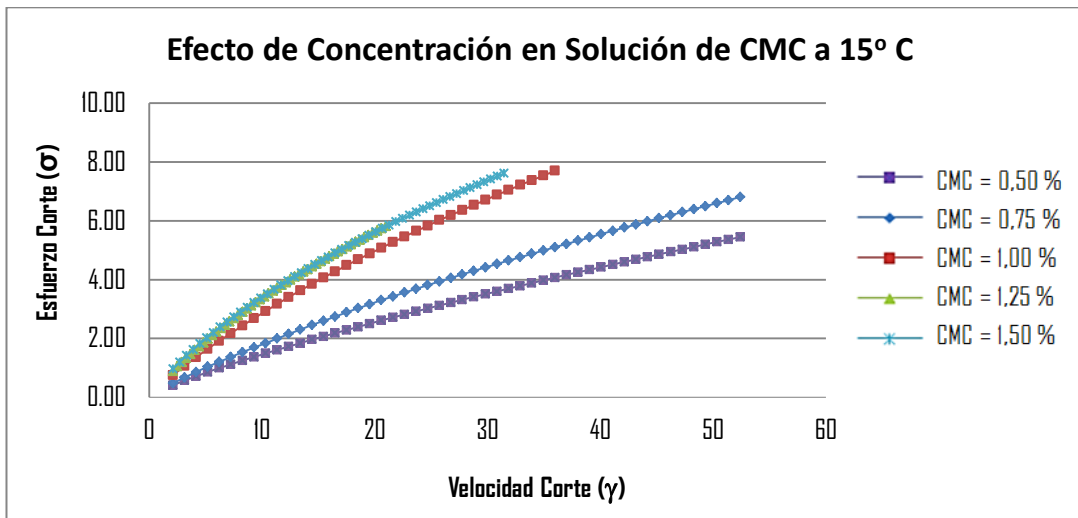
$$\begin{vmatrix} a \\ b \\ c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,032333 \\ -0,00108 \\ 0,044 \end{vmatrix}$$

$$k = 0,032333 - 0,00108 * T + 0,044 * C$$

**Tabla 25. Modelo aproximado del índice de consistencia en función de la concentración y temperatura**

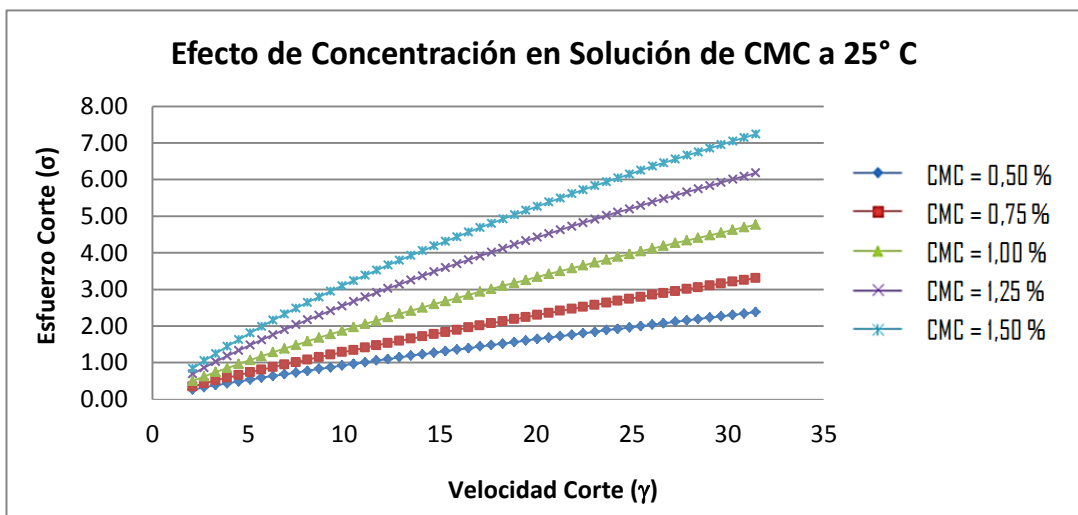
Ecuación	R <sup>2</sup>
$k = 0,032333 - 0,00108 * T + 0,044 * C$	0,927

FUENTE: Elaboración Propia



**Figura 27. Resultado experimental del efecto de concentración en esfuerzo cortante y velocidad de corte (15° C)**

FUENTE: Elaboración Propia



**Figura 28. Resultado experimental del efecto de concentración en esfuerzo cortante y velocidad de corte (25° C)**

FUENTE: Elaboración Propia

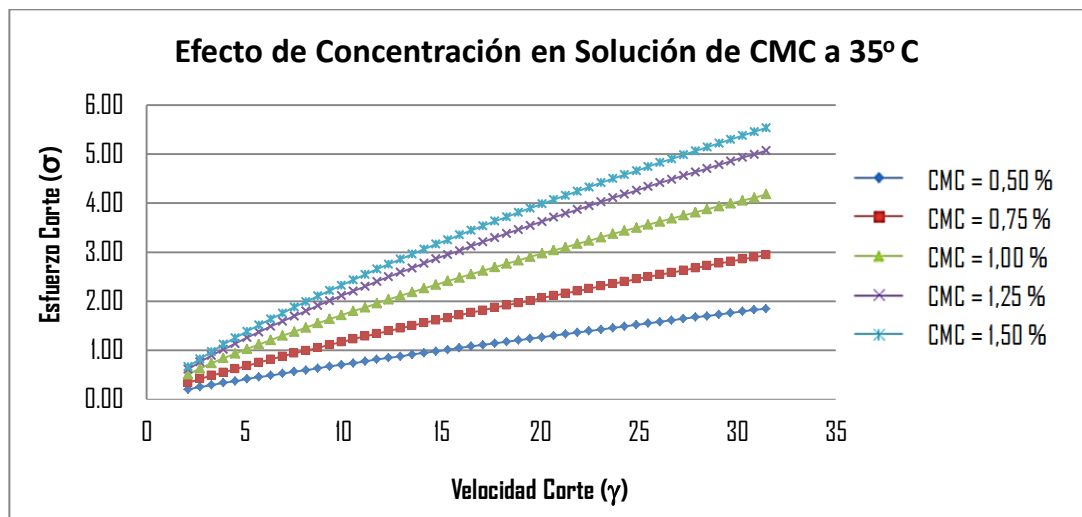


Figura 29. Resultado experimental del efecto de concentración en esfuerzo cortante y velocidad de corte (35° C)

FUENTE: Elaboración Propia

En el trabajo de investigación se establecen los factores que determinan la concentración del néctar para poder fluir, siendo: cantidad de fibra cruda presente, estabilizante, pectina, sólidos solubles e insolubles y el tamizado que determinan el tamaño de partícula.

#### **4.1 RESULTADO DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA UTILIZANDO EL MODELO DE ARRHENIUS**

La energía de activación por el efecto de la temperatura produce una velocidad de reacción química, por lo que cuanto mayor es ésta, menor será el número de moléculas que la poseen y más lenta será la reacción a una temperatura determinada. (Pons, 1985).

Para líquidos que se encuentran sujetos a la ley de la potencia, es factible emplear el índice de consistencia, en lugar de viscosidad aparente, para de esta forma determinar los efectos de temperatura y concentración.

Es primordial conocer las propiedades reológicas de los productos finales, en relación a las variaciones que genera la temperatura en el comportamiento de los alimentos durante el proceso productivo; esto en vista de los resultados derivados del proceso de experimentación, representando uno de los factores importantes en el estudio de la velocidad de reacción y el grado de influencia ejercida por la temperatura sobre la viscosidad aparente, estando sujeto a la ecuación de Arrhenius, en base a la siguiente ecuación:

$$\frac{d(\ln K)}{dT} = \frac{E_a}{RT^2} \quad [44]$$

$$\int d(\ln K) = \frac{E_a}{R} \int T^{-2} dT \quad [45]$$

$$K = K_0 \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad [46]$$

Linealizando  $\ln(K) = \ln(K_0) - \frac{E_a}{RT}$  [47]

$K$  : Índice de consistencia

$K_0$  : Constante o factor de frecuencia de la ecuación de Arrhenius

$T$  : Temperatura (Kelvin)

$E_a$  : Energía de activación

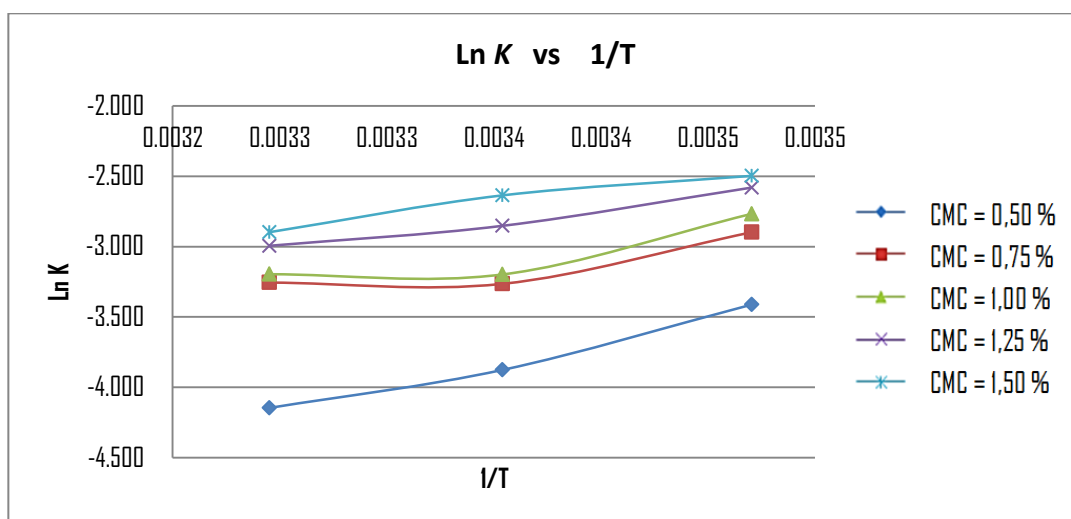
$R$  : Constante universal de los gases.

Linealizando el modelo se grafica  $\ln(K)$  versus  $(1/T)$ , la pendiente es  $(E_a/R)$ , la intersección en la ordenada es el valor de  $K_0$ . (Cumple la ecuación de la recta).

**Tabla 26. Parámetros de la ecuación de Arrhenius para el néctar de Quinua-Higo a distintas concentraciones**

CMC (%)	T (° C)	K (Pa.s <sup>n</sup> )	T (K)	Ln K	1/T(K)
0,50	15,0	0,033	288,15	-3,411	0,0035
	25,0	0,021	298,15	-3,863	0,0034
	35,0	0,016	308,15	-4,135	0,0032
0,75	15,0	0,055	288,15	-2,900	0,0035
	25,0	0,038	298,15	-3,270	0,0034
	35,0	0,039	308,15	-3,244	0,0032
1,00	15,0	0,063	288,15	-2,765	0,0035
	25,0	0,041	298,15	-3,194	0,0034
	35,0	0,041	308,15	-3,194	0,0032
1,25	15,0	0,076	288,15	-2,577	0,0035
	25,0	0,058	298,15	-2,847	0,0034
	35,0	0,050	308,15	-2,996	0,0032
1,50	15,0	0,082	288,15	-2,501	0,0035
	25,0	0,072	298,15	-2,631	0,0034
	35,0	0,055	308,15	-2,900	0,0032

FUENTE: Elaboración Propia



**Figura 30. Linealización de la ecuación de Arrhenius a distintas concentraciones**

FUENTE: Elaboración Propia

**Tabla 27. Efecto de temperatura sobre el índice de consistencia, utilizando la ecuación de Arrhenius.**

CMC (%)	Ea (kJ/mol)	Ko x 10 <sup>-4</sup> (Pa.s <sup>n</sup> )	R <sup>2</sup>
0,50	26,784	0,004	0,984
0,75	12,845	2,424	0,711
1,00	16,021	0,733	0,766
1,25	15,497	1,158	0,978
1,50	14,674	1,836	0,953

FUENTE: Elaboración propia.

## 4.2 EFECTO DE CONCENTRACION MEDIANTE EL MODELO EXPONENCIAL

Según Rao y colaboradores, 1984 (citado por Garza, 1998); afirma que “El acrecentamiento de concentración implica un incremento de la viscosidad o del índice de consistencia”, asimismo el efecto de concentración sobre comportamiento reológico se describe mediante dos modelos matemáticos (potencial y exponencial), siendo:

$$\text{Modelo Potencial} \quad K = K_1 (C)^{A_1} \quad [ 48 ]$$

$$\text{Modelo Linealizado} \quad \ln(K) = \ln(K_1) + A_1 \ln(C) \quad [ 49 ]$$

$$\text{Modelo Exponencial} \quad K = K_2 \exp(A_2 C) \quad [ 49 ]$$

$$\text{Modelo linealizado} \quad \ln(K) = \ln(K_2) + A_2 C \quad [ 50 ]$$

$K_1, K_2, A_1, A_2$  : Constantes

$C$  : Concentración de carboximetilcelulosa (% en peso)

En el presente estudio se ha establecido la relación del índice de consistencia frente a la concentración de cada una de las muestras del néctar, comprobándose el comportamiento en cada modelo, es así que se obtuvo resultados reológicos satisfactorios con el modelo exponencial tal cual se detalla en la Tabla (29), cabe destacar también que los coeficientes de determinación son obtenidos a distintos ajustes para cada temperatura experimental ensayada, en este caso en particular, los estimados de los parámetros tienen un nivel de confianza de 86 % como promedio.

El índice de comportamiento no puede verse afectado por la concentración o bien disminuir cuando este acreciente. (Mizrahi y Berk, 1972).

**Tabla 28. Valores de la ecuación exponencial de la concentración del néctar de Quinua- Higo a distintas temperaturas**

T (° C)	CMC (%)	K (Pa.s <sup>n</sup> )	LnK
15,0	0,50	0,033	-3,411
	0,75	0,055	-2,900
	1,00	0,063	-2,765
	1,25	0,076	-2,577
	1,50	0,082	-2,501
25,0	0,50	0,021	-3,863
	0,75	0,038	-3,270
	1,00	0,041	-3,194
	1,25	0,058	-2,847
	1,50	0,072	-2,631
35,0	0,50	0,016	-4,135
	0,75	0,039	-3,244
	1,00	0,041	-3,194
	1,25	0,050	-2,996
	1,50	0,055	-2,900

FUENTE: Elaboración propia.

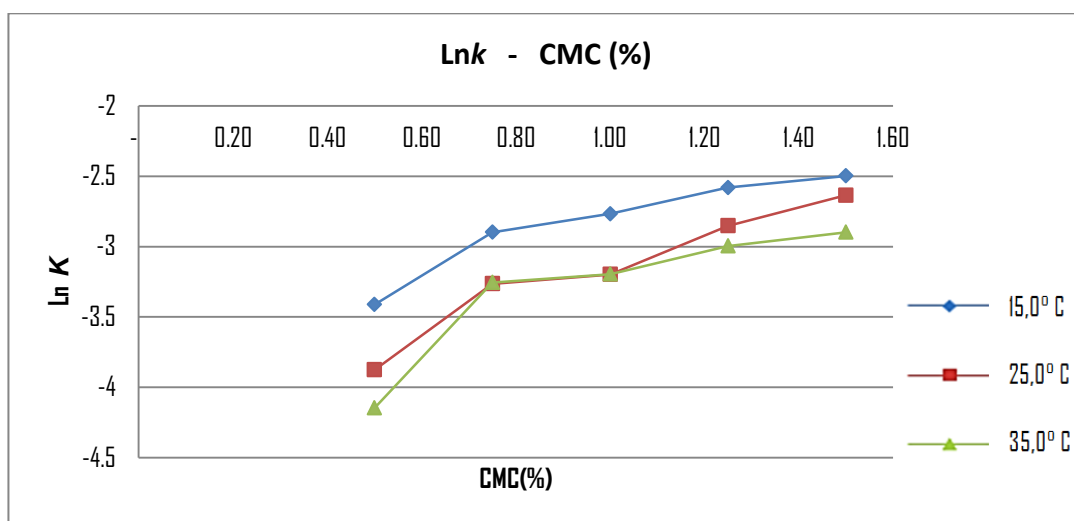


Figura 31. Linealización de la ecuación de exponencial de la concentración a distintas temperaturas

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 29. Efecto de concentración sobre el índice de consistencia, utilizando el modelo exponencial.

T(° C)	$K_2$ (Pa.s <sup>n</sup> )	$A_2$ (%)	$R^2$
15,0	0,025	0,857	0,885
25,0	0,013	1,154	0,941
35,0	0,012	1,087	0,766

FUENTE: Elaboración propia.

### **4.3 ANÁLISIS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL**

Los resultados del diseño experimental derivan del análisis muestral de 20 items, los cuales representan el diagnóstico del diseño y la superficie de respuesta, datos que son analizados mediante el programa de diseño experimental de amplia data para el tipo de trabajos de investigación (Statgraphics plus versión 5.1), siendo las variables:

1. Temperatura : A
2. Carboximetilcelulosa (C.M.C.) : B

Asimismo, los datos son sometidos al análisis de varianza (anova) para determinar el grado o no de significancia de resultados y prueba de comparación múltiple, para lo cual se optó por el diseño multifactorial 3 x 5.

**Tabla 30. Matriz de diseño y resultados experimentales**

Nº Exp.	Relacion de Materia Prima Quínua e Higo (%)	Temperatura (° C)	Concentración CMC (%)	Viscosidad aparente (cP)
1	30:70	15,0	0,50	21,6682
2	30:70	25,0	0,50	15,1491
3	30:70	35,0	0,50	11,6949
4	30:70	15,0	0,75	26,9651
5	30:70	25,0	0,75	21,0184
6	30:70	35,0	0,75	19,1383
7	30:70	15,0	1,00	44,6822
8	30:70	25,0	1,00	30,5497
9	30:70	35,0	1,00	27,8857
10	30:70	15,0	1,25	57,4049
11	30:70	25,0	1,25	41,0000
12	30:70	35,0	1,25	34,0610
13	30:70	15,0	1,50	53,3386
14	30:70	25,0	1,50	49,2526
15	30:70	35,0	1,50	37,4134

FUENTE: Elaboración propia.

✓ **Resultados de Analisis derivados del modelo matemático**

Se deduce de viscosidad experimental ( $\eta_{exp}$ )

$$\eta_{calculado} = a + bT + cC + dT^2 + eTC + fC^2$$

Donde:

a, b, c, d, e, f: Parámetros

T: Temperatura

C: Concentración

$\eta_{exp}$ : Viscosidad experimental

Para este caso, la suma de los cuadrados residuales es minimizada:

$$S = \sum_{j=1}^N [\eta_{exp} - a - bT - cC - dT^2 - eTC - fC^2]^2$$

En el mínimo, todas las derivadas parciales con respecto a la constante elegida son cero; es decir:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = \sum_{j=1}^N 2(\eta_{exp} - a - bT - cC - dT^2 - eTC - fC^2)(-1) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = \sum_{j=1}^N 2(\eta_{exp} - a - bT - cC - dT^2 - eTC - fC^2)(-T) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial c} = \sum_{j=1}^N 2(\eta_{exp} - a - bT - cC - dT^2 - eTC - fC^2)(-C) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial d} = \sum_{j=1}^N 2(\eta_{exp} - a - bT - cC - dT^2 - eTC - fC^2)(-T^2) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial e} = \sum_{j=1}^N 2(\eta_{exp} - a - bT - cC - dT^2 - eTC - fC^2)(-TC) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial f} = \sum_{j=1}^N 2(\eta_{exp} - a - bT - cC - dT^2 - eTC - fC^2)(-C^2) = 0$$

$$aN + b \sum T + c \sum C + d \sum T^2 + e \sum TC + f \sum C^2 = \sum \eta_{exp}$$

$$a \sum T + b \sum T^2 + c \sum CT + d \sum T^3 + e \sum T^2C + f \sum C^2T = \sum \eta_{exp}T$$

$$a \sum C + b \sum TC + c \sum C^2 + d \sum T^2C + e \sum TC^2 + f \sum C^3 = \sum \eta_{exp}C$$

$$a \sum T^2 + b \sum T^3 + c \sum CT^2 + d \sum T^4 + e \sum T^3C + f \sum C^2T^2 = \sum \eta_{exp}T^2$$

$$a \sum TC + b \sum T^2C + c \sum C^2T + d \sum T^3C + e \sum T^2C^2 + f \sum C^3T = \sum \eta_{exp}TC$$

$$a \sum C^2 + b \sum TC^2 + c \sum C^3 + d \sum T^2C^2 + e \sum TC^3 + f \sum C^4 = \sum \eta_{exp}C^2$$

$$\begin{pmatrix} N & \sum T & \sum C & \sum T^2 & \sum TC & \sum C^2 \\ \sum T & \sum T^2 & \sum TC & \sum T^3 & \sum T^2C & \sum C^2T \\ \sum C & \sum TC & \sum C^2 & \sum T^2C & \sum TC^2 & \sum C^3 \\ \sum T^2 & \sum T^3 & \sum T^2C & \sum T^4 & \sum T^3C & \sum C^2T^2 \\ \sum TC & \sum T^2C & \sum TC^2 & \sum T^3C & \sum C^2T^2 & \sum C^3T \\ \sum C^2 & \sum TC^2 & \sum C^3 & \sum C^2T^2 & \sum C^3T & \sum C^4 \end{pmatrix} x \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum \eta_{exp} \\ \sum \eta_{exp}T \\ \sum \eta_{exp}C \\ \sum \eta_{exp}T^2 \\ \sum \eta_{exp}TC \\ \sum \eta_{exp}C^2 \end{pmatrix}$$

**Tabla 31. Valores de la matriz derivados del modelo matemático del néctar de Quinua- Higo.**

$h_{exp}$	$T^2$	$T * C$	$C^2$	$T^3$	$C * T^2$	$T * C^2$	$C^3$	$T^4$	$C * T^3$	$C^2 * T$	$T * C^3$	$C^4$	$h_{exp} * T$	$h_{exp} * C$	$h_{exp} * T^2$	$h_{exp} * T * C$	$h_{exp} * C^2$
21,668	225	7,50	0,250	3375	112,50	3,750	0,125	50625	1687,50	56,25	1,875	0,062	325,023	10,834	487,534	162,51	5,417
15,149	625	12,50	0,250	15625	312,50	6,250	0,125	390625	7812,50	156,25	3,125	0,062	378,727	7,574	9468,18	189,36	3,787
11,694	1225	17,50	0,250	42875	612,50	8,750	0,125	1500625	21437,50	306,25	4,375	0,062	409,321	5,847	14326,25	204,66	2,927
26,965	225	11,25	0,562	3375	168,75	8,437	0,421	50625	2531,25	126,56	6,328	0,316	404,476	20,223	6067,14	303,35	15,167
21,018	625	18,75	0,562	15625	468,75	14,062	0,421	390625	11718,75	351,56	10,546	0,316	525,460	15,763	13136,50	394,09	11,822
191,383	1225	26,25	0,562	42875	918,75	19,687	0,421	1500625	32156,25	689,06	14,765	0,316	669,840	14,353	23444,41	502,38	10,765
44,682	225	15,00	1,000	3375	225,00	15,000	1,000	50625	3375,00	225,00	15,000	1,000	670,233	44,682	10053,49	670,23	44,682
30,549	625	25,00	1,000	15625	625,00	25,000	1,000	390625	15625,00	625,00	25,000	1,000	763,742	30,549	19093,56	763,74	30,549
27,885	1225	35,00	1,000	42875	1225,0	35,000	1,000	1500625	42875,00	1225,00	35,000	1,000	975,999	27,885	34159,98	975,99	27,885
57,404	225	18,75	1,562	3375	281,25	23,437	1,953	50625	4218,75	351,56	29,296	2,441	861,073	717,561	12916,10	1076,34	89,695
41,000	625	31,25	1,562	15625	781,25	39,062	1,953	390625	19531,25	976,56	48,828	2,441	10,250	51,250	25625,00	1281,25	64,062
34,061	1225	43,75	1,562	42875	1531,25	54,687	1,953	1500625	53593,75	1914,06	68,359	2,441	119,213	42,576	41724,72	1490,16	53,220
53,338	225	22,5	2,250	3375	337,50	33,750	3,375	50625	5062,50	506,25	50,625	5,062	800,079	80,007	12001,18	1200,11	120,011
49,252	625	37,5	2,250	15625	937,50	56,250	3,375	390625	23437,50	1406,25	84,375	5,062	1,231,315	73,878	30782,87	1846,97	110,818
37,413	1225	52,5	2,250	42875	1837,50	78,750	3,375	1500625	64312,50	2756,25	118,125	5,062	1,309,469	56,120	45831,41	1964,20	84,180
$\Sigma$ 491,222	$\Sigma$ 10375	$\Sigma$ 375	$\Sigma$ 16,875	$\Sigma$ 309375	$\Sigma$ 10375	$\Sigma$ 421,875	$\Sigma$ 20,6250	$\Sigma$ 9709375	$\Sigma$ 309375	$\Sigma$ 11671,875	$\Sigma$ 515,6250	$\Sigma$ 26,6484	$\Sigma$ 11541,895	$\Sigma$ 553,3043	$\Sigma$ 308506,19	$\Sigma$ 13025,398	$\Sigma$ 674,9899

FUENTE: Elaboración propia.



✓ **Resultados de Analisis derivados del software STATGRAPHICS**

**PLUS v5.1**

Resumen del análisis

-----

Nombre de fichero: D.E. Multifactorial 3 X 5.sfx

Efectos estimados para VISCOSIDAD APARENTE

-----

Promedio	= 32,7649 +/- 2,03722
A:TEMPERATURA	= -14,7731 +/- 2,37128
B:CONCENTRACION CMC	= 33,1105 +/- 2,73811
AA	= 4,06254 +/- 4,10717
AB	= -5,48418 +/- 3,35349
BB	= -5,48368 +/- 4,62826

-----

Los errores estándar están basados en un error total con 9 grados de libertad (g.l.).

El resumen anterior muestra cada uno de los efectos estimados e interacciones, así como también el error normal de cada uno de los efectos, el cual mide su error de muestreo.

**Tabla 32. Análisis de la varianza para la viscosidad aparente**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TEMPERATURA	545,614	1	545,614	38,81	0,0002
B:CONCENTRACION CMC	2055,57	1	2055,57	146,23	0,0000
AA	13,7535	1	13,7535	0,98	0,3484
AB	37,5953	1	37,5953	2,67	0,1364
BB	19,7339	1	19,7339	1,40	0,2664
Error Total	126,516	9	14,0574		
Total (corr.)	2798,79	14			

**FUENTE:** Elaboración propia

R-cuadrado = 95,4796 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 92,9683 por ciento

Error Estándar de Est. = 3,74932

Error absoluto de la media = 2,27046

Estadístico Durbin-Watson = 2,05594 (P = 0,3230)

Autocorrelación residual Lag 1 = -0,041663

**Tabla 33. Coeficiente de regresión para viscosidad aparente**

Constante	= 6,13842
A:TEMPERATURA	= -1,20587
B:CONCENTRACION CMC	= 68,7557
AA	= 0,0203127
AB	= -0,548418
BB	= -10,9674

**FUENTE:** Elaboración propia.

Los datos experimentales considerados de la viscosidad aparente en el diseño experimental por el efecto combinado permiten un ajuste al siguiente modelo matemático.

$$\text{VISCOSIDAD APARENTE} = 6,13842 - 1,20587 * \text{TEMPERATURA} + 68,7557 * \text{CONCENTRACION CMC} + 0,0203127 * \text{TEMPERATURA}^2 - 0,548418 * \text{TEMPERATURA} * \text{CONCENTRACION CMC} - 10,9674 * \text{CONCENTRACION CMC}^2$$

**Tabla 34. Resultados de la estimación para viscosidad aparente**

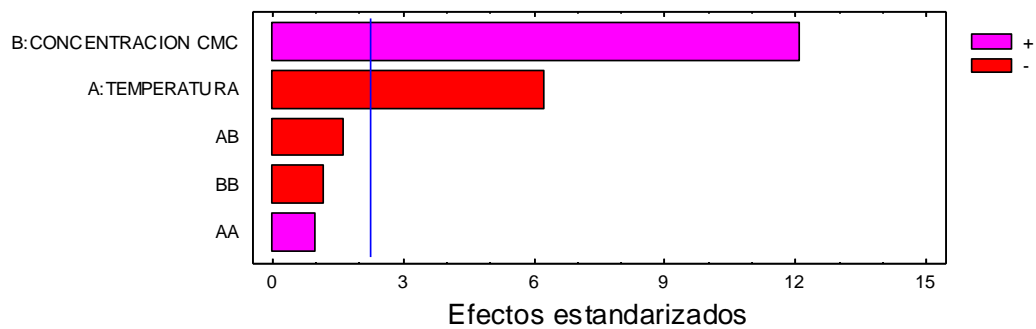
Fila	Observados Valor	Ajustados Valor	Inf. 95,0 % CL para la Media	Sup. 95,0 % CL para la Media
1	21,6682	20,1435	13,4191	26,8679
2	15,1491	13,4678	7,91529	19,0203
3	11,6949	10,8546	4,13017	17,579
4	26,9651	31,8486	27,1481	36,5491
5	21,0184	23,8018	19,5009	28,1027
6	19,1383	19,8175	15,117	24,5181
7	44,6822	42,1827	37,5742	46,7912
8	30,5497	32,7649	28,1564	37,3734
9	27,8857	27,4096	22,8011	32,0181
10	57,4049	51,1459	46,4454	55,8465
11	41,0	40,357	36,0561	44,658
12	34,061	33,6307	28,9302	38,3312
13	53,3386	58,7382	52,0138	65,4626
14	49,2526	46,5783	41,0258	52,1308
15	37,4134	38,4809	31,7565	45,2053

**FUENTE:** Elaboración propia.

Esta tabla contiene información sobre los valores de VISCOSIDAD APARENTE que se han generado usando el modelo ajustado. La tabla incluye:

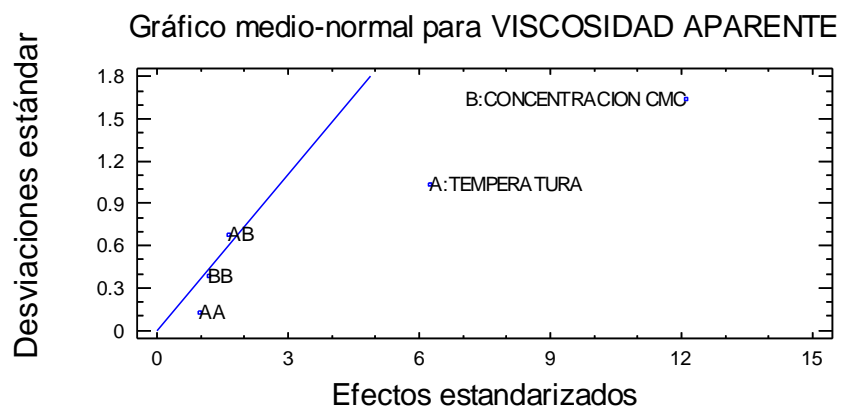
- (1) El valor observado de VISCOSIDAD APARENTE (si hay)
- (2) El valor pronosticado de VISCOSIDAD APARENTE utilizando el modelo ajustado
- (3) 95,0 % límites de confianza para la respuesta media

Cada ítem corresponde a los valores de los factores experimentales en una fila específica de su fichero de datos.



**Figura 32. Pareto estandarizado para viscosidad aparente**

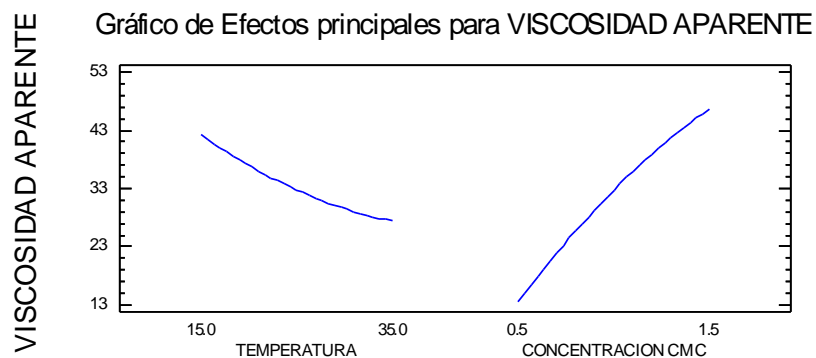
FUENTE: Elaboración propia.



**Figura 33. Media normal para viscosidad aparente**

FUENTE: Elaboración propia.

Se observa que la variable B y A, representan las variables más significativas, al igual que detalla los resultados en la tabla de efectos estimados; Asimismo el efecto de la combinación AB, BB, AA no son significativos ni es determinante estadísticamente en la viscosidad.

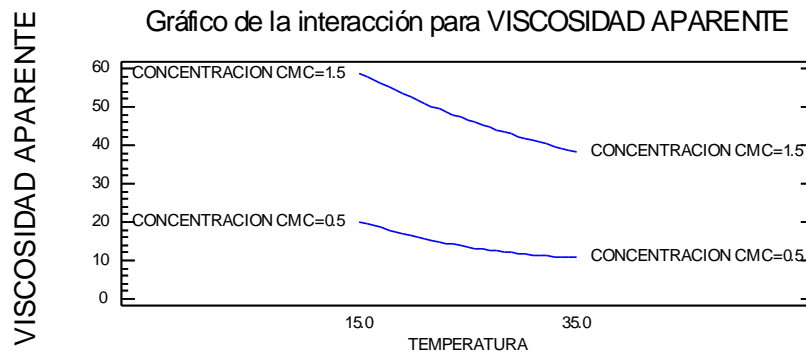


**Figura 34. Efectos principales para viscosidad aparente**

FUENTE: Elaboración propia.

La Figura (34) detalla una relación inversamente proporcional, por lo que un incremento en temperatura trae una disminución en viscosidad.

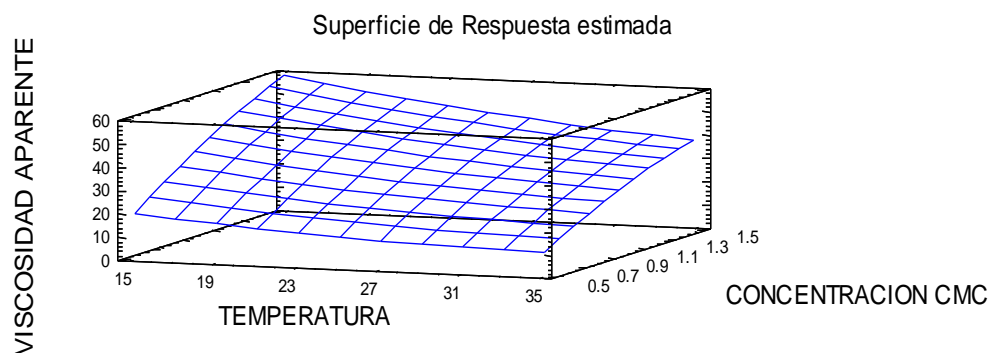
La relación que guarda la concentración con la viscosidad aparente es directamente proporcional una con otra, así a menor concentración de C.M.C menor viscosidad aparente.



**Figura 35. Interacción para viscosidad aparente**

FUENTE: Elaboración propia.

La Figura (35) detalla que a una misma concentración de 1,50 % de CMC y a incremento de temperatura la viscosidad aparente disminuye, siendo este efecto más visible en concentraciones altas.



**Figura 36. Superficie de respuesta estimada**

FUENTE: Elaboración propia.

En la Figura (36) se observa que las concentraciones guardan una relacion directa con la temperatura, por lo que la viscosidad aparente disminuye conforme incrementa este parámetro.

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN**

- La Figura (10) detalla la representación gráfica de datos experimentales a una concentración de CMC al 0,50 %, donde se muestra claramente que la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte deja de ser lineal, con lo cual se establece que el comportamiento es no newtoniano e independiente del tiempo.

Asimismo el efecto que infiere la temperatura ( $15,13^{\circ}\text{C}$ ) en el comportamiento del esfuerzo cortante y velocidad de corte a 0,50 % de concentración de CMC, con 10 rpm de velocidad de spindle es de  $0,4070\text{ Pa}$ . y  $2,6115\text{ s}^{-1}$ ; lo cual demuestra que con un incremento de temperatura (a  $24,83^{\circ}\text{C}$ ) el esfuerzo de corte disminuye ( $0,2661\text{ Pa}$ ), con incremento en la velocidad de corte ( $2,5698\text{ s}^{-1}$ ) para una misma condición.

A mayor concentración de sólidos se necesita mayor esfuerzo cortante (por la interacción entre las partículas) para poder fluir. También influyen otros factores como son: la pectina de la fruta, los sólidos insolubles tanto de quinua e higo.

- De la Figura (12), el carácter pseudoplástico que infiere las soluciones poliméricas de cadena larga dotado por el carboximetilcelulosa (CMC) y la interacción partícula-partícula y partícula-solvente, es el resultado del efecto de la temperatura ( $15,13^{\circ}$  C) sobre la viscosidad, donde podemos observar una gradual disminución de la viscosidad aparente ( $33,2800$  cP :  $17,8176$  cP) con un incremento de la velocidad de corte ( $2,6115$  s<sup>-1</sup> :  $65,2865$  s<sup>-1</sup>), manteniendo el mismo comportamiento a  $24,83^{\circ}$  C y  $37,78^{\circ}$  C de temperatura.
- La Figura (13) detalla la representación gráfica de datos experimentales a una concentración de CMC al 0,75 %, de la cual se infiere que la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte es no lineal, razón por la que se establece que pertenece a un fluido no newtoniano independiente del tiempo.

Asimismo el efecto de la temperatura ( $15,20^{\circ}$  C) sobre el comportamiento del esfuerzo cortante y velocidad de corte a 0,75 % de concentración de CMC, con 10 rpm de velocidad de spindle es de  $0,4775$  Pa. y  $2,5541$  s<sup>-1</sup> para el esfuerzo y velocidad de corte, respectivamente; lo cual demuestra que con un incremento de

temperatura ( $24,85^{\circ}\text{ C} : 34,78^{\circ}\text{ C}$ ) el esfuerzo de corte disminuye ( $0,3444\text{ Pa} : 0,3366\text{ Pa}$ ), con incremento en la velocidad de corte ( $2,5203\text{ s}^{-1} : 2,6115\text{ s}^{-1}$ ) para una misma condición.

A mayor concentración de sólidos se necesita mayor esfuerzo cortante por la interacción de sus partículas para poder fluir de tal manera, influyen también otros factores como son: la pectina de la fruta, los sólidos insolubles tanto de quinua e higo.

Conforme aumenta la concentración de sólidos, la viscosidad aumenta por lo tanto el esfuerzo de corte es mayor a una misma temperatura. (Lewis, 1993).

- La Figura (14) muestra la variación de la viscosidad aparente con cambios en la velocidad de rotación, lo cual conlleva a una disminución de la viscosidad aparente e incremento en la velocidad de corte, siendo un comportamiento característico de los fluidos no newtonianos de comportamiento pseudoplástico independiente del tiempo.

Todos los líquidos disminuyen su viscosidad cuando aumenta la temperatura, en promedio hay alrededor de un 2 % de cambio en la

viscosidad por cada grado Celsius de cambio en la temperatura. (Lewis, 1993).

- La Figura (16) detalla la representación gráfica de datos experimentales a una concentración de CMC al 1,00 %, en el cual se vislumbra que la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte es no lineal, razón por la que se establece que pertenece a un fluido no newtoniano independiente del tiempo.

Asimismo en un incremento de temperatura, con modificaciones de velocidad de rotación y contenido de sólidos, por ejemplo a una misma velocidad de spindle de 10 rpm; a 15,28° C el esfuerzo de corte resulta 0,7514 Pa y a 25,15° C este valor disminuye a 0,5009 Pa. Demostrándose que a mayor concentración; el fluido necesita mayor esfuerzo para poder fluir y a mayor temperatura menor es el esfuerzo de cortante.

- En fluidos de comportamiento pseudoplástico, al existir suspensión de partículas y sometidos a un esfuerzo cortante, estas se orientan por sí mismas en capas, las cuales pueden fluir muy fácilmente causando una disminución de la viscosidad aparente (Muller, 1973).

En efecto, con relación a lo anteriormente especificado, la Figura (17) muestra el efecto de la variación de temperatura sobre la viscosidad aparente y su repercusión en la velocidad de corte.

- Las Figuras (19) y (20) detallan la representación gráfica de datos experimentales a concentración de CMC al 1,25 % y 1,50 % donde se observan comportamiento no lineal en cuanto al esfuerzo y velocidad de corte, siendo característico a un fluido no newtoniano independiente del tiempo.

Comparando distintos reogramas a concentraciones variadas resulta evidente que, para una misma temperatura y velocidad de corte, el esfuerzo de corte toma valores cada vez más altos al incrementar la concentración de CMC. Así por ejemplo, para una temperatura de 25,35° C y velocidad de corte de 2,62128 s<sup>-1</sup>, el esfuerzo de corte es de 0,6888 Pa para muestra a 1,25 %; mientras el contenido de sólidos se incrementa a 1,50 %, el esfuerzo de corte toma un valor de 0,8375 Pa y velocidad de corte de 2,68171 s<sup>-1</sup> reflejándose un incremento directo en los valores.

- Los reogramas mostrados en las Figuras (23) y (24) de la relación viscosidad aparente y velocidad de corte tienen una forma similar a

un comportamiento no newtoniano, observándose que a medida que se incrementa la temperatura, la viscosidad disminuye, asimismo en la Figura (24) existe superposición debido a su mayor concentración de sólidos para luego fluir.

- La Figura (25) detalla que a un incremento de temperatura, el índice de comportamiento no alcanza el valor de uno, lo cual nos da a conocer que el fluido pierde su carácter newtoniano y tiende a comportamiento no newtoniano.

En un análisis de las diferentes concentraciones de CMC, se observa un incremento ligero del valor que alcanza el índice de comportamiento del fluido ( $n$ ), en un incremento de temperatura. Así por ejemplo para 1,50 % de concentración de CMC este valor es de 0,747 (adimensional) a 15,15° C y de 0,773 (adimensional) a 34,8° C.

- En las Figuras (27), (28) y (29) se muestran la influencia de la concentración en la viscosidad, siendo distinto el comportamiento a menor temperatura, lo que demanda mayor esfuerzo para que pueda fluir. Así por ejemplo a 1,50 % de CMC y 15,15° C es 0,9706 Pa y 2,8037 s<sup>-1</sup> tanto para el esfuerzo y velocidad de corte, respectivamente; sin embargo para la misma concentración, a

temperatura de 34,8° C es 0,6653 Pa y 2,7094 s<sup>-1</sup>, lo cual muestra un ligero descenso y en forma proporcional.

- Según la información plasmada en la Tabla (27), se establece que los valores son inestables, en vista de que presentan un comportamiento polimérico (inmovilización de partículas) siendo por lo tanto hidrofóbicas.

En relación a los valores obtenidos se denota que la energía de activación varía de 26,784 kJ/mol a 14,674 kJ/mol a concentración de 0,50 % y 1,50 % de CMC, respectivamente, lo cual significa el ligero descenso conforme se eleva el contenido de CMC de cada muestra de producto. Resultados que están en relación directa a los obtenidos por autores distintos en referencia a purés, zumos de fruta. (Lozano, y Ibarz, 1992; citado por Garza, 1998).

La constante de Arrhenius ( $K_0$ ) presenta valores muy variados, así como también una ligera tendencia a incrementar en función a la concentración. Así por ejemplo, para una concentración de 0,50 % de CMC es  $0,004 \times 10^{-4}$  (Pa.s<sup>n</sup>), se incrementa a  $0,733 \times 10^{-4}$  (Pa.s<sup>n</sup>) que corresponde a 1,00 % de CMC y luego ascender a  $1,836 \times 10^{-4}$  a

una concentración de 1,50 %; por lo que se establece la complejidad del comportamiento en el cual influyen varios factores en la consistencia (pectina de la fruta, la concentración del C.M.C. y las partículas insolubles).

- Los resultados presentados en la Tabla (29) confirman los estudios realizados por diferentes autores en purés frutas y vegetales, donde la viscosidad aparente o índice de consistencia y la concentración del producto estudiado está relacionado por una función de tipo potencial. (Harper y Lebermann, 1962; Harper y EL-Sahrigi, 1965; Rao y colaboradores, 1981. citado por Garza, 1998).

La constante ( $K_2$ ) es muy variado por lo general tiende a descender al aumentar la temperatura. Los valores oscilan entre 0,025 Pa.s<sup>n</sup> a 0,012 Pa.s<sup>n</sup> en 15 y 35° C de temperatura, respectivamente.

Asimismo el comportamiento presentado por la constante  $A_2$  es diferente, tiende a aumentar cuando incrementa la temperatura. Así por ejemplo para 15° C es 0,857 % y 1,087 % a 35° C.

## CONCLUSIONES

1. El comportamiento reológico del néctar obedece a un comportamiento matemático reológico.
2. El comportamiento pseudoplástico no newtoniano es corroborado por el índice de comportamiento de flujo ( $n$ ), siendo este modelo menor a uno.
3. El índice de comportamiento de flujo ( $n$ ) crece conforme disminuye la concentración de la carboximetilcelulosa; es decir, la dilución disminuye la pseudoplasticidad.
4. El índice de consistencia ( $K$ ), disminuye a medida que se incrementa la temperatura. En cuanto al efecto del incremento de la concentración de la carboximetilcelulosa a una determinada temperatura, se observa un aumento notable del índice de consistencia,
5. Al evaluar el modelo de Arrhenius para el efecto de la temperatura sobre el índice de consistencia ( $k$ ) se determinó que conforme aumenta la concentración de la carboximetilcelulosa, y la inversa de la temperatura, el índice consistencia ( $k$ ) aumenta.
6. Del resultado derivado del análisis de diseño experimental, se encontró la viscosidad aparente en relación a la temperatura y

concentración el ajuste del modelo matemático de un polinomio de segundo orden con un 93 % de confianza.

## **RECOMENDACIONES**

1. Variar las condiciones de temperatura con el objetivo de visualizar detalladamente algún cambio en la reología del néctar de Quinoa - Higo.
2. Determinar mediante nuevos trabajos investigativos los efectos de otras variables intervinientes en el proceso de la reología del néctar de Quinoa-Higo.
3. Realizar caracterizaciones reológicas adicionales en combinación de otros cereales andinos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### **FUENTES TEXTUALES.**

1. Alvarado, J. & Aguilera, J., (2001), **Métodos para Medir Propiedades Físicas en Industrias de Alimentos.** Ed. Acribia, Zaragoza. España.
2. Barboza – Canovas, G.V.; Ibarz, A. & Peleg, M., (1993), **Propiedades Reológicas de Alimentos Fluidos.** Revisión. Alimentaria. pp. 241, 39-89. Ed. Acribia, Zaragoza. España.
3. Barboza G. V. – Canovas. (2000), **Manual de Laboratorio de Ingeniería de Alimentos.** Ed. Acribia, Zaragoza. España.
4. Bezerra, J.; Queiroz, A. & Gasparetto, C. (2001), **Reología de Pulpa de Mango y el ajuste de dos parámetros Reológicos en función de la Temperatura.** Revista Vol. 3, UNICAMP, Campinas Brasil. pp. 37-42.
5. Bird, R. B.; Steward, W. E.; & Lighfoot, E. N. (2002), **“Transport Phenomena”**, Ed. Wiley & Sons Inc. New York, U.S.A.
6. Boger, D.V. & Tiu, C. (1974), **Rheological Properties of Food Products and their use in the Design of Flow systems.** Food Technol. in Australia. pp. 26, 325, y 335.

7. Borwankar, R. P.; Frye, L. A. ; Blayrock, A. E. & Sasevich, F. J., (1992), **Rheological characterization of melting of margarines and tablespreads food.** J. Food. Eng. England. pp.16, 55 y 74.
8. Bourne, M. C. (1992), **Calibration of Rheological Techniques used for Foods.** J. Food. Eng. pp. USA. 16, 151 y 163.
9. Branco, I. & Gasparetto, C. (2003), **Tesis, estudio del efecto de la Concentración, Temperatura sobre el Comportamiento Reológico de las mezclas ternarias de pulpa de Mango y Zumos de Naranja y Zanahoria.** Ciencia Tecnología alimentos. Campinas – SP, Brasil. pp. 166-171.
10. Chamorro A. M. R. (1998), **Modelamiento Matemático y Simulación de Perfil de Temperatura en un Extrusor de Rosca Doble Co-Rotacional Entrelazado.** Tesis Doctoral. UNICAMP. Facultad de Ingeniería de Alimentos. Campinas. Brasil.
11. Charm, S. E. (1960). **Viscosimetry of Non-newtonian Food Materials.** Food Research. USA. pp. 351-361.
12. Chevalley, J. (1975), **Rheology of Chocolate.** J. Texture Studies, 6:177-196. Switzerland.

13. Chhabra R. P. & Richardson J. F., (1999), **Non-Newtonian Flow in The Process Industries**. First published Butterworth – Heinemann, Oxford, Printed in Great Britain.
14. Chiriboga, J. & D. Velásquez. (1957), **Análisis cromatográfico de aminoácidos en la quinua y estudios cuantitativos de los mismos en seis variedades más importantes que se consumen en el Perú**. Anales de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú.
15. Cirnma, (1997), **Formulación de mezclas óptimas en base a Granos y Cereales Andinos**. Boletín Técnico N° 1 Ed. Gráfica Fasa-Puno, Perú.
16. Claude R. A. (2004), **Reología y análisis de la Textura de los Alimentos**. Ed. Acribia, Zaragoza. España.
17. Collazos, C. (1996), **Tablas Peruanas de Composición de Alimentos**. 7ma. Edición. Instituto Nacional de Salud CENA, Perú.
18. Coronado, M. & Hilario, R. (2001), **Elaboración de Néctares**. Edición y producción: Lima, CIED, Perú.
19. Costell, E.; Carbonell, E. & Duran, L. (1986), **Comportamiento Reológico de las Mermeladas de Fresa. Relación con la**

- Composición de los Alimentos.** Instituto de agroquímica y tecnología de alimentos. España. pp. 2,5 – 12.
20. Crandall, P. G., Chen, C. S. Y Carter, R. D. (1982), **Food Technology 36 (5), 245, 252.** J. Food. Sci. USA.
  21. Desrosier, N. W. (1994). **Conservación de Alimentos.** Ed. Continental. México.
  22. Elfal, A. A., Pass, G. Y Phillips, G. D. **soluciones de carboximetilcelulosa.** J. Sci. Agric. 30, 724-730. USA.
  23. Garza, S. (1998), **Caracterización Reológica, Microbiológica, y Cinéticas de Deterioro en Cremogenado de Melocotón.** Tesis Doctoral Publicación Universitaria de Lleida, Salamanca – España.
  24. Gomez, O. S. (2004), **Informe Técnico Cambios en una Masa Panaria Durante el Tiempo de Reposo.** CIIDIR-IPN U. Durango. México.
  25. Hart L, & Fisher J. (1991), **Análisis Moderno de los Alimentos.** Ed. Acribia, Zaragoza. España.
  26. Harper, J. C. & El Sahrighi, (1965), **Viscosimetric behavior of tomatoConcentrates.**J. Food Sci. USA. 30: 470-476.
  27. Heldman S. (1980), **Rheology of Processed Foods.**Ed. AVI, U.S.A.

28. Hermida B. J. (2000), **Fundamentos de Ingeniería de Procesos Agroalimentarios**. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. España. pp. 202, 203 – 207.
29. Ibarz, A.; Barbosa G.; Garza, S. & Gimeno, V., (2000), **Métodos Experimentales en la Ingeniería Alimentaria**. Ed. Acribia, Zaragoza, España.
30. Ibarz, A.; Pagan, J. (1987), **Cosideraciones Reológicas sobre Zumos de Frambuesa. Alimentación Equipos y Tecnología**. Mayo – Junio. España. pp. 175 – 182.
31. Ibarz, A.; & Gonzalez, C., (1988), **Comportamiento Reológico de Zumo y Concentrado de Melocotón**. Alimentación Equipos y Tecnología. Septiembre – Octubre, España. pp. 173 -177.
32. Ibarz, A. & Ortiz, M. J., (1993), **Reología de Zumos de Melocotón**. Alimentación, Equipos y Tecnología. España. Octubre, pp. 81 – 86.
33. Ibarz, A.; Barbosa, G., (2005), **Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos**. Ed. Mundi-Prensa, México. pp. 152, 153 – 156.
34. Itdg, (1994), **Procesamiento de Cereales**. Libro de consulta sobre tecnología de alimentos, “ITDG, (Intermediate Techonology

Development”. Group Perú. UNIFEM, fondo de las Naciones Unidas para el desarrollo de la mujer.

35. Intitec, (1981), Norma 203.057 **Jugos y Néctares**. determinación cualitativa y uso industrial Lima-Perú.
36. Inia-Puno, (2004), **Proyecto de Cultivo Andinos**. publicado por UTAE EE IILPA- Puno-INIA.
37. Jimenez, L.; Ferrer, J. L.; & Garcia, I., (1987). **Modelos Reológicos para Líquidos Alimentarios**. Alimentación, Equipos y Tecnología. España. Enero – Febrero, pp. 295 – 299.
38. Lewis M. J. (1993), **Propiedades Físicas de los Alimentos y de los Sistemas de Procesado**. Ed. Acribia, Zaragoza, España. pp. 101, 102 y 125.
39. López, A. (2002), **Caracterización Reológica de Zumo de Concentrado de Limón**. III Congreso Español de Ingeniería de Alimentos. España.
40. Junge (1973), **Lupine and Quinoa Research and Development in Chile**. Universidad de Concepción, Chile
41. Malca, O. (2004), **Perfiles de productos con potencial Agroexportador**. Centro de Investigaciones de la Universidad del Pacífico. Tomo 56, Lima-Perú, pp. 192-198.

42. Mendo, R. (2005), **Medios de Cultivo en Microbiología** . Ediciones laborales SRL, Lima-Perú, pp. 101, 102-104.
43. Mizrahi, S. and Berk, Z. (1972), **Flow Behavior of Concentrated Orange Juice**. Mathematical treatment. J. Texture Stud. England. pp. 69-79.
44. Montgomery, D. (2002), **Diseño y Análisis de Experimentos**. 2<sup>a</sup> edición, Ed. Limusa, México D. F.
45. Mújica, A. (2001), **Agronomía del Cultivo de Quinoa**. FAO, UNA Puno, CIP. Lima, Perú.
46. Mújica, A.; Jacobsen, S.; Ortiz, R.; Canahua, A.; Apaza, V.; Aguilar, P.; & Dupeyrat, R. (2003), **La Quínua (*Chenopodium Quinoa, Will*), En la nutrición humana del Perú**. CARE – Puno; UNA-Puno; INIA-Puno y CIP-Puno. Perú.
47. Muller H. G. (1973), **Introducción a la Reología de los Alimentos**. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
48. Pacco, H. C.; Romina, S. C., & Florencia, C. M. (2004). **Deshidratación por Congelación de Higos en Rodajas**. Ingeniería Química – U.N.A-Puno. Perú. Revista anual X, N°10, Noviembre, p. 15

49. Pons, G. (1985). **Fisicoquímica**. Ed. Universo S.A., 6ta. Edición, Lima-Perú.
50. Rao, M. A. (1977). **Rheology of liquid foods**. A review J. texture Stud. USA. pp. 8, 135-168.
51. Rao, M.A. (1986). **Rheological properties of fluid foods**. In: Rizvi (editors). Engineering Properties of Foods. Marcel Dekker, Inc. New York. USA. pp. 1-48
52. Repo – Carrasco V.R. (1998), **Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y de Granos Andinos**. Lima – Perú.
53. Rha, C. & Pradipasena, P. (1986), **Viscosity of proteins**. In: Mitchell, J. R. and D. A. Leward (editors). **Functional Properties of food Macromolecules**. Elsevier Science Publishing Co., Inc., New York. U.S.A.
54. Romero, A. (2005), **¿Qué es hacer una Investigación Científica?**. 1ª edición, Ed. Sagitario Impresiones, Puno-Perú.
55. Ruales, J & Nair, B. M. (1992), **Quinoa ( Chenopodium Quinoa, Willd)**. An Important Andean Crop. Arch. LATinoam. De Nutr. 42(3):232-241. Ecuador.
56. Salager, J. (1993), **Emulsiones Propiedades y Formulación**. Universidad de los Andes, Ingeniería Química, Mérida – Venezuela.

57. Silva, F. C.; Guimaraes, D. H. & Gasparetto, C. A., (2005), **Reología de Zumo de Acerola el Efecto de la Concentración y Temperatura.** Tesis de Doctor. Ciencia, Tecnología Alimentos. Campinas –SP, Brasil.
58. Sepúlveda. (2006), **Efecto del Almacenamiento en las Propiedades Reológicas y Sensoriales de Néctar de Damasco Formulado con Hidrocoloide de Nopal.** En 13º Seminario Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Montevideo, Uruguay.
59. Suarez M. D. (2003), **Guía de Procesos para la Elaboración de Néctares, Mermeladas, Uvas, Pasas, y Vinos.** Serie de Ciencia y Tecnología N° 115, Bogota – Colombia.
60. Steffe, J. F., (1996), **Rheological Methods in Food Process.** Engineering. Second Edition, Michigan State University, Freeman Press, East Lansing, U.S.A.
61. Tapia, M. (1986), **Quinoa (*Chenopodium quinoa*) y Kañihua(*Chenopodium pallidicaule Aelen*).**Ed. IICA, Bogotá – Colombia.
62. Tapia, M. (2000), **Cultivos Andinos Subexplotados y su aporte a la alimentación.** FAO, Santiago de Chile.

63. Tapia, M., H. Gandarillas, S. Alandia, A. Cardozo, A. Mújica, R. Ortiz, V. Otazu, J. Rea, B. Salas, E. Zanabria. (1979), **Quinua y Kañiwa, Cultivos Andinos. Bogotá.** CIID, Oficina Regional para la América Latina. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba. Colombia.
64. Tellería, M. L., V.C. Sgarbieri Y J. Amaya. **Evaluación Química y Biológica de la quinua.** Arch. Latinoamer, Nutr. 28:253-263. Brazil.
65. Tello P., Aparicio A. (2005), **Introducción a la tecnología de los alimentos.** Puno, Perú.
66. Tung, M. A., Richards, J. F., Morrison, B. C. Y Watson, E. L. (1970), **Clara de Huevo.** J. Food Sci. 35, 872-874. USA.
67. Varnam, A. H.; Suthrland, J. P. & Dalmau, E. (1997). **Tecnología Química y Microbiológica.** Ed. Acribia. Zaragoza. España.
68. Vásquez V., Alza M. (1996), **Análisis y Perspectivas, Productos No tradicionales, Rentabilidad, Mercado y Zonas de Producción.** Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), Lima, Perú.

69. Velezvia, J. D. (2005), Tesis, **Elaboración de Sopas Reconstituibles en Base a Carachi, Tarwi, Quinoa, y Cañihua.**Tesis. E.P.G. UNALM – Lima-Perú.
70. Viñas, E., (1953) **Relación entre el contenido de aminoácidos esenciales y el valor nutritivo de la proteína de la quinoa.** Congreso de Quinoa, IV. Lima, Perú.
71. Vitali, A. & Rao, M. A. (1984). **Flow Properties of low Pulp Concentrated OrangeJuice: Effect of Temperature and Concentration.**J. Food Sci. USA. pp. 49: 882-888
72. White, G. W.,(1970), **Rheology in food research.** J. food, Technol. USA. pp. 5, 132.
73. Whorlow, R. W. (1992), **Rheological Tecniques.**2<sup>a</sup> edición. Ellis Horwood, New York – USA.
74. Yang, T. & Krieger, I. (1978), **Comparison of methods for calculating shear rates in coaxial viscometers.** J. Rheol. 22:413-421. USA.

## **FUENTES ELECTRÓNICAS.**

1. Aditivos alimentarios. **Efecto del almacenamiento en las propiedades reológicas del néctar de damasco formulado con hidrocoloide de nopal.** Tesis. (Santiago, Chile).

<http://www.multitel.com.uy/congresoselis/suctal/trabajos/3.doc>

2. **Caracterización reológica de zumo concentrado de limón.** (Madrid, España)

[http://www.upv.es/bib/bibliotecas/bib\\_medioural/pfc\\_materias.rtf](http://www.upv.es/bib/bibliotecas/bib_medioural/pfc_materias.rtf)

3. **Contenido de aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas. (FAO). (1970)**

[www.revistaavances.co/objects/docs/Avances/a5\\_art12\\_quinoa.pdf](http://www.revistaavances.co/objects/docs/Avances/a5_art12_quinoa.pdf)

4. **Composición de frutas secas.**

<http://www.miobesidad.com/index.php/Nutricion/frutas-secas-tablas>

5. **Composición nutricional de los higos.**

<http://www.botanical-online.com>

6. Diario Gestión, (23/05/06), **Demanda zumos y néctares en el Perú.** (Madrid, España).

<http://www.icex.es/>

7. **El cultivo de la higuera.**

[http://www.infoagro.com/frutas\\_tradicionales/breva.htm#9plagas%20y%20enfermedad](http://www.infoagro.com/frutas_tradicionales/breva.htm#9plagas%20y%20enfermedad)

8. **Importancia de la reología.**

<http://www.unicamp.br/fea/ortega/aulas/aula04-reologia.ppf>

9. **Histo y origen del higo.** (Madrid, España)

<http://www.perso.wanadoo.es/>

10. **La Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). (2001)**

<http://www.fao.org>

11. **Productos alimentarios**

<http://www.plm.alimentario.com/prods/quima/01.htm>

12. **Propiedades nutricionales de las frutas.** (Buenos Aires, Argentina)

[http://www.alimentacion\\_sana.com](http://www.alimentacion_sana.com)

13. **Propiedades reológicas**

<http://www.unizar.es>

14. Respuesta **reológica de una masa panaria al adicionarle cisteina y alfa amilasa.** (México, D.F.)

<http://www.cocyted.gob.mx>

15. **Viscosímetros rotacionales.**

<http://www.egr.msu.edu/~steffe/freebook/STEFFE.pdf>

16. **Universidad de valencia.** (Valencia, España)

[www.uv.es](http://www.uv.es)

# **ANEXOS**

## **ANEXO 01**

### **DATOS EXPERIMENTALES DE NÉCTAR DE QUINUA E HIGO**

**(CMC = 0,50 %)**

<p>Ecuación para una Copa Infinita (<math>R_c \gg R_b</math>)</p> $\log(\mu_a) = n \cdot \log\left(\frac{1}{n}\right) + (n-1) \cdot \log(4\pi N) + \log(m)$ <p>Gradiente de Velocidad de Formación</p> $\log(4\pi N)$	<p><u>Cálculo Velocidad de Corte</u></p> $\gamma_b = \frac{2\Omega}{n}$ <p>Donde:</p> <p><math>\gamma_b</math>: Velocidad de corte (<math>s^{-1}</math>)</p> <p><math>\Omega</math>: Velocidad angular (rad/s)</p> <p><math>n</math>: Índice de comportamiento del flujo</p>	<p><u>Velocidad Angular</u></p> $\Omega = 2 \cdot \pi \cdot N$ <p>Donde:</p> <p><math>\Omega</math>: Velocidad Angular (rad/s)</p> <p><math>N</math>: Velocidad Spindle (rps)</p>
---	--	---

Velocidad Spindle (rpm)	Intervalo Lectura (seg)	Temp. Trabajo (°C)	% Par	Bath	Husillo Modelo	Viscosidad Aparente (cP)	Viscosidad Aparente (Pa.s)	Velocidad Spindle (rps)	Velocidad Angular (rad/s)	Esfuerzo Corte (dina/cm2)	Esfuerzo Corte (Pa)	Ln(Q)	Ln(ob)	Velocidad Corte (s-1)	Gradiente Velocidad	Viscosidad Aparente =log(Ua)	Índice Comp. Flujo (n)	Índice Cons. Flujo k(Pa.sn)
10.00	00:00:05,1	15.13	5.20	575	ULA - RV	33.2800	0.0333	0.1667	1.0472	4.0701	0.4070	0.0461	-0.8989	2.6115	12.2300	-1.4776		
14.90	00:00:05,1	15.13	7.27	575	ULA - RV	31.3557	0.0314	0.2483	1.5603	5.7139	0.5714	0.4449	-0.5597	3.8910	18.2227	-1.5031	0.802	0.033
19.80	00:00:05,1	15.15	9.14	575	ULA - RV	29.4141	0.0294	0.3300	2.0735	7.1228	0.7123	0.7292	-0.3393	5.1708	24.2154	-1.5317		
24.69	00:00:05,0	15.15	10.96	575	ULA - RV	28.5136	0.0285	0.4115	2.5855	8.6099	0.8610	0.9499	-0.1497	6.4476	30.1959	-1.5452		
29.59	00:00:05,0	15.15	12.66	575	ULA - RV	27.4687	0.0275	0.4932	3.0987	9.9405	0.9941	1.1310	-0.0060	7.7274	36.1886	-1.5607		
34.49	00:00:05,0	15.13	14.33	575	ULA - RV	26.5352	0.0265	0.5748	3.6118	11.1929	1.1193	1.2842	0.1127	9.0070	42.1813	-1.5768		
39.39	00:00:05,0	15.13	15.97	575	ULA - RV	25.9964	0.0260	0.6565	4.1249	12.5235	1.2524	1.4170	0.2250	10.2865	48.1740	-1.5850		
44.29	00:00:05,1	15.15	17.54	575	ULA - RV	25.2879	0.0253	0.7382	4.6380	13.6976	1.3698	1.5343	0.3146	11.5661	54.1667	-1.5969		
49.18	00:00:05,0	15.18	19.07	575	ULA - RV	24.8556	0.0249	0.8197	5.1501	14.9500	1.4950	1.6390	0.4021	12.8431	60.1471	-1.6038		
54.08	00:00:05,0	15.15	20.59	575	ULA - RV	24.3787	0.0244	0.9013	5.6632	16.1240	1.6124	1.7340	0.4777	14.1227	66.1398	-1.6126		
58.98	00:00:05,1	15.18	22.11	575	ULA - RV	23.9810	0.0240	0.9830	6.1764	17.2981	1.7298	1.8207	0.5480	15.4025	72.1325	-1.6198		
63.88	00:00:05,0	15.18	23.51	575	ULA - RV	23.5441	0.0235	1.0647	6.6895	18.3939	1.8394	1.9005	0.6094	16.6820	78.1252	-1.6289		
68.78	00:00:05,0	15.18	25.06	575	ULA - RV	23.3556	0.0234	1.1463	7.2026	19.6463	1.9646	1.9744	0.6753	17.9616	84.1179	-1.6308		
73.67	00:00:05,0	15.18	26.42	575	ULA - RV	22.9347	0.0229	1.2278	7.7147	20.6638	2.0664	2.0431	0.7258	19.2387	90.0984	-1.6402		
78.57	00:00:05,1	15.18	27.86	575	ULA - RV	22.7262	0.0227	1.3095	8.2278	21.8379	2.1838	2.1075	0.7811	20.5182	96.0911	-1.6440		
83.47	00:00:05,0	15.18	29.24	575	ULA - RV	22.3889	0.0224	1.3912	8.7410	22.8554	2.2855	2.1680	0.8266	21.7980	102.0838	-1.6498		
88.37	00:00:05,1	15.20	30.64	575	ULA - RV	22.1614	0.0222	1.4728	9.2541	23.9512	2.3951	2.2251	0.8734	23.0776	108.0765	-1.6536		
93.27	00:00:05,0	15.23	32.01	575	ULA - RV	21.9578	0.0220	1.5545	9.7672	25.0470	2.5047	2.2790	0.9182	24.3571	114.0692	-1.6576		
98.16	00:00:05,0	15.23	33.35	575	ULA - RV	21.7767	0.0218	1.6360	10.2793	26.1428	2.6143	2.3301	0.9610	25.6342	120.0497	-1.6615		
103.10	00:00:05,0	15.23	34.66	575	ULA - RV	21.5403	0.0215	1.7183	10.7966	27.1604	2.7160	2.3792	0.9992	26.9242	126.0913	-1.6676		
108.00	00:00:05,0	15.25	35.97	575	ULA - RV	21.3333	0.0213	1.8000	11.3097	28.1779	2.8178	2.4257	1.0360	28.2037	132.0840	-1.6716		
112.90	00:00:05,1	15.25	37.34	575	ULA - RV	21.1444	0.0211	1.8817	11.8229	29.1955	2.9195	2.4700	1.0714	29.4835	138.0767	-1.6757		
117.80	00:00:05,1	15.23	38.59	575	ULA - RV	20.9711	0.0210	1.9633	12.3360	30.2130	3.0213	2.5125	1.1057	30.7631	144.0694	-1.6778		
122.70	00:00:05,0	15.28	39.87	575	ULA - RV	20.8117	0.0208	2.0450	12.8491	31.2305	3.1231	2.5533	1.1388	32.0426	150.0621	-1.6819		
127.60	00:00:05,0	15.25	41.12	575	ULA - RV	20.6144	0.0206	2.1267	13.3622	32.1698	3.2170	2.5924	1.1684	33.3222	156.0548	-1.6861		
132.40	00:00:05,1	15.28	42.37	575	ULA - RV	20.4955	0.0205	2.2067	13.8649	33.1873	3.3187	2.6294	1.1996	34.5758	161.9252	-1.6882		
137.30	00:00:05,0	15.25	43.56	575	ULA - RV	20.3234	0.0203	2.2883	14.3780	34.1266	3.4127	2.6657	1.2275	35.8554	167.9179	-1.6925		
142.20	00:00:05,0	15.28	44.81	575	ULA - RV	20.1632	0.0202	2.3700	14.8911	35.0659	3.5066	2.7008	1.2546	37.1349	173.9106	-1.6946		
147.10	00:00:05,0	15.25	46.01	575	ULA - RV	20.0136	0.0200	2.4517	15.4043	36.0051	3.6005	2.7346	1.2811	38.4147	179.9033	-1.6990		
152.00	00:00:05,1	15.28	47.24	575	ULA - RV	19.8737	0.0199	2.5333	15.9174	36.9444	3.6944	2.7674	1.3068	39.6943	185.8960	-1.7011		
156.90	00:00:05,1	15.28	48.44	575	ULA - RV	19.7425	0.0197	2.6150	16.4305	37.8836	3.7884	2.7991	1.3319	40.9738	191.8887	-1.7055		
161.80	00:00:05,1	15.28	49.63	575	ULA - RV	19.6193	0.0196	2.6967	16.9437	38.8229	3.8823	2.8299	1.3564	42.2536	197.8814	-1.7077		
166.70	00:00:05,0	15.20	50.80	575	ULA - RV	19.5033	0.0195	2.7783	17.4568	39.7622	3.9762	2.8597	1.3803	43.5332	203.8741	-1.7100		
171.60	00:00:05,0	15.20	51.98	575	ULA - RV	19.3939	0.0194	2.8600	17.9699	40.7014	4.0701	2.8887	1.4037	44.8127	209.8668	-1.7122		
176.50	00:00:05,1	15.20	53.16	575	ULA - RV	19.2907	0.0193	2.9417	18.4830	41.6407	4.1641	2.9169	1.4265	46.0923	215.8595	-1.7144		
181.40	00:00:05,0	15.23	54.28	575	ULA - RV	19.1577	0.0192	3.0233	18.9962	42.5017	4.2502	2.9442	1.4470	47.3721	221.8522	-1.7167		

186.30	00:00:05,0	15.23	55.40	575	ULA - RV	19.0317	0.0190	3.1050	19.5093	43.3627	4.3363	2.9709	1.4670	48.6516	227.8449	-1.7212		
191.20	00:00:05,1	15.23	56.52	575	ULA - RV	18.9121	0.0189	3.1867	20.0224	44.2237	4.4224	2.9969	1.4867	49.9312	233.8376	-1.7235		
196.10	00:00:05,1	15.23	57.70	575	ULA - RV	18.8312	0.0188	3.2683	20.5355	45.1629	4.5163	3.0222	1.5077	51.2107	239.8303	-1.7258		
201.00	00:00:05,0	15.23	58.79	575	ULA - RV	18.7224	0.0187	3.3500	21.0487	46.0239	4.6024	3.0468	1.5266	52.4905	245.8230	-1.7282		
205.90	00:00:05,0	15.23	59.89	575	ULA - RV	18.6187	0.0186	3.4317	21.5618	46.8849	4.6885	3.0709	1.5451	53.7701	251.8157	-1.7305		
210.80	00:00:05,0	15.25	60.96	575	ULA - RV	18.5199	0.0185	3.5133	22.0749	47.7459	4.7746	3.0944	1.5633	55.0496	257.8084	-1.7328		
215.70	00:00:05,1	15.23	62.11	575	ULA - RV	18.4256	0.0184	3.5950	22.5881	48.6069	4.8607	3.1174	1.5812	56.3294	263.8011	-1.7352		
220.60	00:00:05,0	15.25	63.18	575	ULA - RV	18.3354	0.0183	3.6767	23.1012	49.4679	4.9468	3.1399	1.5987	57.6090	269.7938	-1.7375		
225.50	00:00:05,1	15.28	64.24	575	ULA - RV	18.2208	0.0182	3.7583	23.6143	50.2506	5.0251	3.1619	1.6144	58.8885	275.7865	-1.7399		
230.40	00:00:05,1	15.25	65.33	575	ULA - RV	18.1389	0.0181	3.8400	24.1274	51.1116	5.1112	3.1833	1.6314	60.1681	281.7792	-1.7423		
235.30	00:00:05,1	15.28	66.41	575	ULA - RV	18.0603	0.0181	3.9217	24.6406	51.9726	5.1973	3.2044	1.6481	61.4479	287.7719	-1.7423		
240.20	00:00:05,0	15.28	67.47	575	ULA - RV	17.9850	0.0180	4.0033	25.1537	52.8336	5.2834	3.2250	1.6646	62.7274	293.7646	-1.7447		
245.10	00:00:05,0	15.28	68.55	575	ULA - RV	17.8866	0.0179	4.0850	25.6668	53.6163	5.3616	3.2452	1.6793	64.0070	299.7573	-1.7471		
250.00	00:00:05,0	15.28	69.60	575	ULA - RV	17.8176	0.0178	4.1667	26.1799	54.4773	5.4477	3.2650	1.6952	65.2865	305.7500	-1.7496		
10.00	00:00:05,2	24.83	3.38	575	ULA - RV	21.7600	0.0218	0.1667	1.0472	2.6612	0.2661	0.0461	-1.3238	2.5698	12.2300	-1.6615		
12.86	00:00:05,0	24.85	4.14	575	ULA - RV	20.4044	0.0204	0.2143	1.3467	3.2092	0.3209	0.2977	-1.1366	3.3048	15.7278	-1.6904	0.815	0.021
15.71	00:00:05,1	24.85	4.86	575	ULA - RV	19.9618	0.0200	0.2618	1.6451	3.8353	0.3835	0.4978	-0.9583	4.0371	19.2133	-1.6990		
18.57	00:00:05,0	24.83	5.51	575	ULA - RV	18.9553	0.0190	0.3095	1.9446	4.3050	0.4305	0.6651	-0.8428	4.7720	22.7111	-1.7212		
21.43	00:00:05,0	24.85	6.18	575	ULA - RV	18.5161	0.0185	0.3572	2.2441	4.8529	0.4853	0.8083	-0.7230	5.5070	26.2089	-1.7328		
24.29	00:00:05,0	24.85	6.82	575	ULA - RV	17.9168	0.0179	0.4048	2.5436	5.3225	0.5322	0.9336	-0.6306	6.2420	29.7067	-1.7471		
27.14	00:00:05,0	24.83	7.48	575	ULA - RV	17.6861	0.0177	0.4523	2.8421	5.8704	0.5870	1.0445	-0.5327	6.9745	33.1922	-1.7520		
30.00	00:00:05,0	24.85	8.11	575	ULA - RV	17.2800	0.0173	0.5000	3.1416	6.3400	0.6340	1.1447	-0.4557	7.7094	36.6900	-1.7620		
32.86	00:00:05,0	24.83	8.74	575	ULA - RV	16.9446	0.0169	0.5477	3.4411	6.8097	0.6810	1.2358	-0.3842	8.4444	40.1878	-1.7721		
35.71	00:00:05,0	24.85	9.33	575	ULA - RV	16.6676	0.0167	0.5952	3.7395	7.2793	0.7279	1.3190	-0.3176	9.1767	43.6733	-1.7773		
38.57	00:00:05,0	24.83	9.95	575	ULA - RV	16.4273	0.0164	0.6428	4.0390	7.7489	0.7749	1.3960	-0.2550	9.9117	47.1711	-1.7852		
41.43	00:00:05,1	24.85	10.59	575	ULA - RV	16.3746	0.0164	0.6905	4.3385	8.2968	0.8297	1.4675	-0.1867	10.6466	50.6689	-1.7852		
44.29	00:00:05,0	24.83	11.13	575	ULA - RV	16.0397	0.0160	0.7382	4.6380	8.6882	0.8688	1.5343	-0.1406	11.3816	54.1667	-1.7959		
47.14	00:00:05,1	24.85	11.75	575	ULA - RV	16.0204	0.0160	0.7857	4.9365	9.2361	0.9236	1.5967	-0.0795	12.1141	57.6522	-1.7959		
50.00	00:00:05,0	24.85	12.29	575	ULA - RV	15.7440	0.0157	0.8333	5.2360	9.6275	0.9627	1.6556	-0.0380	12.8491	61.1500	-1.8041		
52.86	00:00:05,1	24.85	12.90	575	ULA - RV	15.6186	0.0156	0.8810	5.5355	10.0971	1.0097	1.7112	0.0097	13.5840	64.6478	-1.8069		
55.71	00:00:05,1	24.85	13.48	575	ULA - RV	15.5089	0.0155	0.9285	5.8339	10.5667	1.0567	1.7637	0.0551	14.3163	68.1333	-1.8097		
58.57	00:00:05,0	24.85	14.00	575	ULA - RV	15.2979	0.0153	0.9762	6.1334	10.9581	1.0958	1.8138	0.0915	15.0513	71.6311	-1.8153		
61.43	00:00:05,0	24.85	14.56	575	ULA - RV	15.2108	0.0152	1.0238	6.4329	11.4277	1.1428	1.8614	0.1335	15.7863	75.1289	-1.8182		
64.29	00:00:05,0	24.85	15.15	575	ULA - RV	15.1314	0.0151	1.0715	6.7324	11.8973	1.1897	1.9069	0.1737	16.5212	78.6267	-1.8210		
67.14	00:00:05,1	24.88	15.70	575	ULA - RV	14.9657	0.0150	1.1190	7.0309	12.2887	1.2289	1.9503	0.2061	17.2537	82.1122	-1.8239		
70.00	00:00:05,1	24.85	16.23	575	ULA - RV	14.8114	0.0148	1.1667	7.3304	12.6801	1.2680	1.9920	0.2374	17.9887	85.6100	-1.8297		
72.86	00:00:05,0	24.85	16.75	575	ULA - RV	14.7571	0.0148	1.2143	7.6299	13.1497	1.3150	2.0321	0.2738	18.7237	89.1078	-1.8297		
75.71	00:00:05,1	24.85	17.30	575	ULA - RV	14.6242	0.0146	1.2618	7.9283	13.5411	1.3541	2.0704	0.3031	19.4560	92.5933	-1.8356		
78.57	00:00:05,0	24.85	17.84	575	ULA - RV	14.4992	0.0145	1.3095	8.2278	13.9324	1.3932	2.1075	0.3316	20.1909	96.0911	-1.8386		
81.43	00:00:05,0	24.85	18.35	575	ULA - RV	14.4615	0.0145	1.3572	8.5273	14.4020	1.4402	2.1433	0.3648	20.9259	99.5889	-1.8386		

84.29	00:00:05,0	24.85	18.88	575	ULA - RV	14.3505	0.0144	1.4048	8.8268	14.7934	1.4793	2.1778	0.3916	21.6609	103.0867	-1.8416		
87.14	00:00:05,0	24.83	19.44	575	ULA - RV	14.2483	0.0142	1.4523	9.1253	15.1848	1.5185	2.2110	0.4177	22.3934	106.5722	-1.8477		
90.00	00:00:05,0	24.85	19.95	575	ULA - RV	14.1511	0.0142	1.5000	9.4248	15.5761	1.5576	2.2433	0.4432	23.1283	110.0700	-1.8477		
92.86	00:00:05,1	24.83	20.49	575	ULA - RV	14.1288	0.0141	1.5477	9.7243	16.0458	1.6046	2.2746	0.4729	23.8633	113.5678	-1.8508		
95.71	00:00:05,1	24.85	20.99	575	ULA - RV	14.0424	0.0140	1.5952	10.0227	16.4371	1.6437	2.3049	0.4970	24.5956	117.0533	-1.8539		
98.57	00:00:05,0	24.85	21.48	575	ULA - RV	13.9596	0.0140	1.6428	10.3222	16.8285	1.6828	2.3343	0.5205	25.3306	120.5511	-1.8539		
101.40	00:00:05,0	24.85	22.01	575	ULA - RV	13.8856	0.0139	1.6900	10.6186	17.2198	1.7220	2.3626	0.5435	26.0579	124.0122	-1.8570		
104.30	00:00:05,0	24.85	22.51	575	ULA - RV	13.8063	0.0138	1.7383	10.9223	17.6112	1.7611	2.3908	0.5659	26.8032	127.5589	-1.8601		
107.10	00:00:05,0	24.85	23.02	575	ULA - RV	13.7442	0.0137	1.7850	11.2155	18.0026	1.8003	2.4173	0.5879	27.5227	130.9833	-1.8633		
110.00	00:00:05,0	24.85	23.52	575	ULA - RV	13.6727	0.0137	1.8333	11.5192	18.3939	1.8394	2.4440	0.6094	28.2680	134.5300	-1.8633		
112.90	00:00:05,0	24.85	24.06	575	ULA - RV	13.6616	0.0137	1.8817	11.8229	18.8636	1.8864	2.4700	0.6346	29.0133	138.0767	-1.8633		
115.70	00:00:05,1	24.85	24.54	575	ULA - RV	13.5523	0.0136	1.9283	12.1161	19.1766	1.9177	2.4945	0.6511	29.7328	141.5011	-1.8665		
118.60	00:00:05,0	24.85	25.03	575	ULA - RV	13.4907	0.0135	1.9767	12.4198	19.5680	1.9568	2.5193	0.6713	30.4780	145.0478	-1.8697		
121.40	00:00:05,1	24.88	25.53	575	ULA - RV	13.4432	0.0134	2.0233	12.7130	19.9594	1.9959	2.5426	0.6911	31.1975	148.4722	-1.8729		
124.30	00:00:05,0	24.85	26.04	575	ULA - RV	13.3870	0.0134	2.0717	13.0167	20.3507	2.0351	2.5662	0.7105	31.9428	152.0189	-1.8729		
127.10	00:00:05,0	24.83	26.51	575	ULA - RV	13.3438	0.0133	2.1183	13.3099	20.7421	2.0742	2.5885	0.7296	32.6623	155.4433	-1.8761		
130.00	00:00:05,1	24.85	27.02	575	ULA - RV	13.2923	0.0133	2.1667	13.6136	21.1334	2.1133	2.6111	0.7483	33.4076	158.9900	-1.8761		
132.90	00:00:05,0	24.83	27.49	575	ULA - RV	13.2430	0.0132	2.2150	13.9173	21.5248	2.1525	2.6331	0.7666	34.1529	162.5367	-1.8794		
135.70	00:00:05,0	24.83	27.98	575	ULA - RV	13.2056	0.0132	2.2617	14.2105	21.9162	2.1916	2.6540	0.7846	34.8724	165.9611	-1.8794		
138.60	00:00:05,0	24.88	28.48	575	ULA - RV	13.1602	0.0132	2.3100	14.5142	22.3075	2.2308	2.6751	0.8023	35.6177	169.5078	-1.8794		
141.40	00:00:05,0	24.85	28.94	575	ULA - RV	13.0806	0.0131	2.3567	14.8074	22.6206	2.2621	2.6951	0.8163	36.3372	172.9322	-1.8827		
144.30	00:00:05,0	24.88	29.43	575	ULA - RV	13.0395	0.0130	2.4050	15.1111	23.0120	2.3012	2.7154	0.8334	37.0825	176.4789	-1.8861		
147.10	00:00:05,0	24.85	29.87	575	ULA - RV	13.0088	0.0130	2.4517	15.4043	23.4033	2.3403	2.7346	0.8503	37.8020	179.9033	-1.8861		
150.00	00:00:05,0	24.85	30.38	575	ULA - RV	12.9707	0.0130	2.5000	15.7080	23.7947	2.3795	2.7542	0.8669	38.5472	183.4500	-1.8861		
10.00	00:00:05,1	34.78	2.57	575	ULA - RV	16.6400	0.0166	0.1667	1.0472	2.0351	0.2035	0.0461	-1.5921	2.5541	12.2300	-1.7799		
12.86	00:00:05,0	34.83	3.20	575	ULA - RV	15.9253	0.0159	0.2143	1.3467	2.5047	0.2505	0.2977	-1.3844	3.2846	15.7278	-1.7986	0.820	0.016
15.71	00:00:05,0	34.78	3.70	575	ULA - RV	15.0732	0.0151	0.2618	1.6451	2.8961	0.2896	0.4978	-1.2392	4.0124	19.2133	-1.8210		
18.57	00:00:05,0	34.80	4.26	575	ULA - RV	14.8196	0.0148	0.3095	1.9446	3.3657	0.3366	0.6651	-1.0890	4.7429	22.7111	-1.8297		
21.43	00:00:05,0	34.78	4.74	575	ULA - RV	14.0364	0.0140	0.3572	2.2441	3.6788	0.3679	0.8083	-1.0000	5.4734	26.2089	-1.8539		
24.29	00:00:05,1	34.78	5.25	575	ULA - RV	13.9646	0.0140	0.4048	2.5436	4.1484	0.4148	0.9336	-0.8799	6.2039	29.7067	-1.8539		
27.14	00:00:05,0	34.80	5.75	575	ULA - RV	13.6772	0.0137	0.4523	2.8421	4.5398	0.4540	1.0445	-0.7897	6.9320	33.1922	-1.8633		
30.00	00:00:05,1	34.78	6.22	575	ULA - RV	13.2267	0.0132	0.5000	3.1416	4.8529	0.4853	1.1447	-0.7230	7.6624	36.6900	-1.8794		
32.86	00:00:05,1	34.80	6.73	575	ULA - RV	13.0493	0.0130	0.5477	3.4411	5.2442	0.5244	1.2358	-0.6455	8.3929	40.1878	-1.8861		
35.71	00:00:05,0	34.78	7.21	575	ULA - RV	12.9039	0.0129	0.5952	3.7395	5.6356	0.5636	1.3190	-0.5735	9.1207	43.6733	-1.8894		
38.57	00:00:05,0	34.78	7.63	575	ULA - RV	12.6108	0.0126	0.6428	4.0390	5.9487	0.5949	1.3960	-0.5194	9.8512	47.1711	-1.8996		
41.43	00:00:05,0	34.78	8.12	575	ULA - RV	12.5127	0.0125	0.6905	4.3385	6.3400	0.6340	1.4675	-0.4557	10.5817	50.6689	-1.9031		
44.29	00:00:05,0	34.78	8.59	575	ULA - RV	12.4272	0.0124	0.7382	4.6380	6.7314	0.6731	1.5343	-0.3958	11.3122	54.1667	-1.9066		
47.14	00:00:05,0	34.80	9.03	575	ULA - RV	12.2189	0.0122	0.7857	4.9365	7.0445	0.7044	1.5967	-0.3503	12.0402	57.6522	-1.9136		
50.00	00:00:05,0	34.80	9.45	575	ULA - RV	12.0320	0.0120	0.8333	5.2360	7.3576	0.7358	1.6556	-0.3069	12.7707	61.1500	-1.9208		
52.86	00:00:05,1	34.80	9.94	575	ULA - RV	11.9864	0.0120	0.8810	5.5355	7.7489	0.7749	1.7112	-0.2550	13.5012	64.6478	-1.9208		
55.71	00:00:05,0	34.80	10.37	575	ULA - RV	11.9476	0.0119	0.9285	5.8339	8.1403	0.8140	1.7637	-0.2058	14.2290	68.1333	-1.9245		

58.57	00:00:05,0	34.78	10.81	575	ULA - RV	11.8013	0.0118	0.9762	6.1334	8.4534	0.8453	1.8138	-0.1680	14.9595	71.6311	-1.9281		
61.43	00:00:05,0	34.78	11.24	575	ULA - RV	11.6686	0.0117	1.0238	6.4329	8.7665	0.8766	1.8614	-0.1317	15.6900	75.1289	-1.9318		
64.29	00:00:05,0	34.78	11.69	575	ULA - RV	11.6472	0.0116	1.0715	6.7324	9.1578	0.9158	1.9069	-0.0880	16.4205	78.6267	-1.9355		
67.14	00:00:05,1	34.80	12.10	575	ULA - RV	11.5341	0.0115	1.1190	7.0309	9.4709	0.9471	1.9503	-0.0544	17.1485	82.1122	-1.9393		
70.00	00:00:05,0	34.78	12.54	575	ULA - RV	11.4286	0.0114	1.1667	7.3304	9.7840	0.9784	1.9920	-0.0218	17.8790	85.6100	-1.9431		
72.86	00:00:05,0	34.78	12.93	575	ULA - RV	11.3313	0.0113	1.2143	7.6299	10.0971	1.0097	2.0321	0.0097	18.6095	89.1078	-1.9469		
75.71	00:00:05,1	34.78	13.36	575	ULA - RV	11.3274	0.0113	1.2618	7.9283	10.4884	1.0488	2.0704	0.0477	19.3373	92.5933	-1.9469		
78.57	00:00:05,1	34.78	13.77	575	ULA - RV	11.2409	0.0112	1.3095	8.2278	10.8015	1.0802	2.1075	0.0771	20.0678	96.0911	-1.9508		
81.43	00:00:05,0	34.78	14.22	575	ULA - RV	11.1605	0.0112	1.3572	8.5273	11.1146	1.1115	2.1433	0.1057	20.7983	99.5889	-1.9508		
84.29	00:00:05,0	34.78	14.64	575	ULA - RV	11.0855	0.0111	1.4048	8.8268	11.4277	1.1428	2.1778	0.1335	21.5288	103.0867	-1.9547		
87.14	00:00:05,0	34.80	15.03	575	ULA - RV	11.0168	0.0110	1.4523	9.1253	11.7408	1.1741	2.2110	0.1605	22.2568	106.5722	-1.9586		
90.00	00:00:05,0	34.78	15.44	575	ULA - RV	10.9511	0.0110	1.5000	9.4248	12.0539	1.2054	2.2433	0.1868	22.9873	110.0700	-1.9586		
92.86	00:00:05,0	34.80	15.84	575	ULA - RV	10.8895	0.0109	1.5477	9.7243	12.3670	1.2367	2.2746	0.2124	23.7178	113.5678	-1.9626		
95.71	00:00:05,0	34.80	16.22	575	ULA - RV	10.8327	0.0108	1.5952	10.0227	12.6801	1.2680	2.3049	0.2374	24.4456	117.0533	-1.9666		
98.57	00:00:05,1	34.83	16.64	575	ULA - RV	10.7781	0.0108	1.6428	10.3222	12.9932	1.2993	2.3343	0.2618	25.1761	120.5511	-1.9666		
101.40	00:00:05,0	34.78	17.03	575	ULA - RV	10.7298	0.0107	1.6900	10.6186	13.3062	1.3306	2.3626	0.2856	25.8990	124.0122	-1.9706		
104.30	00:00:05,0	34.78	17.45	575	ULA - RV	10.6769	0.0107	1.7383	10.9223	13.6193	1.3619	2.3908	0.3089	26.6398	127.5589	-1.9706		
107.10	00:00:05,0	34.78	17.84	575	ULA - RV	10.6368	0.0106	1.7850	11.2155	13.9324	1.3932	2.4173	0.3316	27.3549	130.9833	-1.9747		
110.00	00:00:05,0	34.78	18.22	575	ULA - RV	10.5891	0.0106	1.8333	11.5192	14.2455	1.4246	2.4440	0.3539	28.0956	134.5300	-1.9747		
112.90	00:00:05,0	34.80	18.63	575	ULA - RV	10.5438	0.0105	1.8817	11.8229	14.5586	1.4559	2.4700	0.3756	28.8363	138.0767	-1.9788		
115.70	00:00:05,0	34.80	19.04	575	ULA - RV	10.5099	0.0105	1.9283	12.1161	14.8717	1.4872	2.4945	0.3969	29.5515	141.5011	-1.9788		
118.60	00:00:05,1	34.78	19.43	575	ULA - RV	10.4688	0.0105	1.9767	12.4198	15.1848	1.5185	2.5193	0.4177	30.2922	145.0478	-1.9788		
121.40	00:00:05,0	34.78	19.82	575	ULA - RV	10.4382	0.0104	2.0233	12.7130	15.4979	1.5498	2.5426	0.4381	31.0073	148.4722	-1.9830		
124.30	00:00:05,0	34.78	20.19	575	ULA - RV	10.4006	0.0104	2.0717	13.0167	15.8109	1.5811	2.5662	0.4581	31.7480	152.0189	-1.9830		
127.10	00:00:05,0	34.80	20.58	575	ULA - RV	10.3729	0.0104	2.1183	13.3099	16.1240	1.6124	2.5885	0.4777	32.4632	155.4433	-1.9830		
130.00	00:00:05,1	34.80	20.96	575	ULA - RV	10.3385	0.0103	2.1667	13.6136	16.4371	1.6437	2.6111	0.4970	33.2039	158.9900	-1.9872		
132.90	00:00:05,0	34.80	21.35	575	ULA - RV	10.3055	0.0103	2.2150	13.9173	16.7502	1.6750	2.6331	0.5158	33.9446	162.5367	-1.9872		
135.70	00:00:05,1	34.80	21.73	575	ULA - RV	10.2343	0.0102	2.2617	14.2105	16.9850	1.6985	2.6540	0.5297	34.6598	165.9611	-1.9914		
138.60	00:00:05,0	34.78	22.10	575	ULA - RV	10.2049	0.0102	2.3100	14.5142	17.2981	1.7298	2.6751	0.5480	35.4005	169.5078	-1.9914		
141.40	00:00:05,0	34.78	22.50	575	ULA - RV	10.1839	0.0102	2.3567	14.8074	17.6112	1.7611	2.6951	0.5659	36.1156	172.9322	-1.9914		
144.30	00:00:05,0	34.80	22.87	575	ULA - RV	10.1566	0.0102	2.4050	15.1111	17.9243	1.7924	2.7154	0.5836	36.8563	176.4789	-1.9914		
147.10	00:00:05,0	34.80	23.25	575	ULA - RV	10.1373	0.0101	2.4517	15.4043	18.2374	1.8237	2.7346	0.6009	37.5715	179.9033	-1.9957		
150.00	00:00:05,1	34.80	23.64	575	ULA - RV	10.0693	0.0101	2.5000	15.7080	18.4722	1.8472	2.7542	0.6137	38.3122	183.4500	-1.9957		
						11.6949												

FUENTE: Elaboración propia.

## **ANEXO 02**

### **DATOS EXPERIMENTALES DE NÉCTAR DE QUINUA E HIGO**

**(CMC = 0,75 %)**

Velocidad Spindle (rpm)	Intervalo Lectura (seg)	Temp. Trabajo (°C)	% Par	Bath	Husillo Modelo	Viscosidad Aparente (cP)	Viscosidad Aparente (Pa.s)	Velocidad Spindle (rps)	Velocidad Angular (rad/s)	Esfuerzo Corte (dina/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Corte (Pa)	Ln(Ω)	Ln(σ <sub>s</sub> )	Velocidad Corte (s <sup>-1</sup> )	Gradiente Velocidad	Viscosidad Aparente =log(Ua)	Índice Comp. Flujo (n)	Índice Cons. Flujo k(Pa.s <sup>n</sup> )
10.00	00:00:05,1	15.20	6.14	575	ULA - RV	39.0400	0.0390	0.1667	1.0472	4.7746	0.4775	0.0461	-0.7393	2.5541	12.2300	-1.4089		
14.90	00:00:05,1	15.28	8.63	575	ULA - RV	36.9396	0.0369	0.2483	1.5603	6.7314	0.6731	0.4449	-0.3958	3.8056	18.2227	-1.4330	0.8200	0.0551
19.80	00:00:05,1	15.23	11.02	575	ULA - RV	35.5556	0.0356	0.3300	2.0735	8.6099	0.8610	0.7292	-0.1497	5.0573	24.2154	-1.4486		
24.69	00:00:05,0	15.20	13.25	575	ULA - RV	34.4755	0.0345	0.4115	2.5855	10.4102	1.0410	0.9499	0.0402	6.3061	30.1959	-1.4622		
29.59	00:00:05,1	15.23	15.40	575	ULA - RV	33.3086	0.0333	0.4932	3.0987	12.0539	1.2054	1.1310	0.1868	7.5578	36.1886	-1.4776		
34.49	00:00:05,1	15.23	17.48	575	ULA - RV	32.4732	0.0325	0.5748	3.6118	13.6976	1.3698	1.2842	0.3146	8.8093	42.1813	-1.4881		
39.39	00:00:05,0	15.20	19.55	575	ULA - RV	31.8456	0.0318	0.6565	4.1249	15.3413	1.5341	1.4170	0.4280	10.0607	48.1740	-1.4976		
44.29	00:00:05,0	15.28	21.55	575	ULA - RV	31.2125	0.0312	0.7382	4.6380	16.9068	1.6907	1.5343	0.5251	11.3122	54.1667	-1.5058		
49.18	00:00:05,0	15.23	23.51	575	ULA - RV	30.5815	0.0306	0.8197	5.1501	18.3939	1.8394	1.6390	0.6094	12.5612	60.1471	-1.5143		
54.08	00:00:05,0	15.00	25.49	575	ULA - RV	30.1775	0.0302	0.9013	5.6632	19.9594	1.9959	1.7340	0.6911	13.8127	66.1398	-1.5200		
58.98	00:00:05,0	15.10	27.48	575	ULA - RV	29.8406	0.0298	0.9830	6.1764	21.5248	2.1525	1.8207	0.7666	15.0644	72.1325	-1.5258		
63.88	00:00:05,0	15.20	29.40	575	ULA - RV	29.4552	0.0295	1.0647	6.6895	23.0120	2.3012	1.9005	0.8334	16.3159	78.1252	-1.5302		
68.78	00:00:05,0	15.20	31.35	575	ULA - RV	29.2178	0.0292	1.1463	7.2026	24.5774	2.4577	1.9744	0.8992	17.5673	84.1179	-1.5346		
73.67	00:00:05,1	15.28	33.21	575	ULA - RV	28.8421	0.0288	1.2278	7.7147	25.9863	2.5986	2.0431	0.9550	18.8163	90.0984	-1.5406		
78.57	00:00:05,0	15.18	35.03	575	ULA - RV	28.5096	0.0285	1.3095	8.2278	27.3952	2.7395	2.1075	1.0078	20.0678	96.0911	-1.5452		
83.47	00:00:05,0	15.15	36.86	575	ULA - RV	28.2928	0.0283	1.3912	8.7410	28.8824	2.8882	2.1680	1.0606	21.3195	102.0838	-1.5482		
88.37	00:00:05,1	15.10	38.66	575	ULA - RV	28.0276	0.0280	1.4728	9.2541	30.2913	3.0291	2.2251	1.1083	22.5710	108.0765	-1.5528		
93.27	00:00:05,0	15.10	40.38	575	ULA - RV	27.7217	0.0277	1.5545	9.7672	31.6219	3.1622	2.2790	1.1513	23.8224	114.0692	-1.5575		
98.16	00:00:05,1	15.10	42.19	575	ULA - RV	27.5143	0.0275	1.6360	10.2793	33.0308	3.3031	2.3301	1.1949	25.0715	120.0497	-1.5607		
103.10	00:00:05,0	15.10	43.83	575	ULA - RV	27.1891	0.0272	1.7183	10.7966	34.2831	3.4283	2.3792	1.2321	26.3332	126.0913	-1.5654		
108.00	00:00:05,0	15.10	45.48	575	ULA - RV	26.9630	0.0270	1.8000	11.3097	35.6138	3.5614	2.4257	1.2701	27.5846	132.0840	-1.5686		
112.90	00:00:05,0	15.13	47.14	575	ULA - RV	26.6997	0.0267	1.8817	11.8229	36.8661	3.6866	2.4700	1.3047	28.8363	138.0767	-1.5735		
117.80	00:00:05,0	15.15	48.72	575	ULA - RV	26.4584	0.0265	1.9633	12.3360	38.1185	3.8118	2.5125	1.3381	30.0878	144.0694	-1.5768		
122.70	00:00:05,1	15.20	50.34	575	ULA - RV	26.2363	0.0262	2.0450	12.8491	39.3708	3.9371	2.5533	1.3704	31.3393	150.0621	-1.5817		
127.60	00:00:05,1	15.20	51.84	575	ULA - RV	25.9812	0.0260	2.1267	13.3622	40.5449	4.0545	2.5924	1.3998	32.5907	156.0548	-1.5850		
132.40	00:00:05,1	15.18	53.35	575	ULA - RV	25.8127	0.0258	2.2067	13.8649	41.7972	4.1797	2.6294	1.4302	33.8168	161.9252	-1.5884		
137.30	00:00:05,1	15.13	54.85	575	ULA - RV	25.5907	0.0256	2.2883	14.3780	42.9713	4.2971	2.6657	1.4579	35.0683	167.9179	-1.5918		
142.20	00:00:05,0	15.08	56.35	575	ULA - RV	25.3840	0.0254	2.3700	14.8911	44.1454	4.4145	2.7008	1.4849	36.3198	173.9106	-1.5952		
147.10	00:00:05,0	15.03	57.85	575	ULA - RV	25.1910	0.0252	2.4517	15.4043	45.3195	4.5319	2.7346	1.5112	37.5715	179.9033	-1.5986		
152.00	00:00:05,0	15.03	59.35	575	ULA - RV	25.0105	0.0250	2.5333	15.9174	46.4936	4.6494	2.7674	1.5367	38.8229	185.8960	-1.6021		
156.90	00:00:05,1	15.00	60.83	575	ULA - RV	24.8005	0.0248	2.6150	16.4305	47.5894	4.7589	2.7991	1.5600	40.0744	191.8887	-1.6055		
161.80	00:00:05,0	15.08	62.28	575	ULA - RV	24.6428	0.0246	2.6967	16.9437	48.7635	4.8763	2.8299	1.5844	41.3261	197.8814	-1.6091		
166.70	00:00:05,0	15.03	63.74	575	ULA - RV	24.4559	0.0245	2.7783	17.4568	49.8593	4.9859	2.8597	1.6066	42.5776	203.8741	-1.6108		
171.60	00:00:05,1	15.00	65.18	575	ULA - RV	24.3170	0.0243	2.8600	17.9699	51.0333	5.1033	2.8887	1.6299	43.8290	209.8668	-1.6144		
176.50	00:00:05,0	15.18	66.64	575	ULA - RV	24.1496	0.0241	2.9417	18.4830	52.1292	5.2129	2.9169	1.6511	45.0805	215.8595	-1.6180		
181.40	00:00:05,0	15.15	68.04	575	ULA - RV	23.9912	0.0240	3.0233	18.9962	53.2250	5.3225	2.9442	1.6719	46.3322	221.8522	-1.6198		
186.30	00:00:05,1	15.13	69.44	575	ULA - RV	23.8411	0.0238	3.1050	19.5093	54.3208	5.4321	2.9709	1.6923	47.5837	227.8449	-1.6234		
191.20	00:00:05,1	15.10	70.88	575	ULA - RV	23.7322	0.0237	3.1867	20.0224	55.4948	5.5495	2.9969	1.7137	48.8351	233.8376	-1.6253		

196.10	00:00:05,0	15.10	72.29	575	ULA - RV	23.5961	0.0236	3.2683	20.5355	56.5907	5.6591	3.0222	1.7333	50.0866	239.8303	-1.6271		
201.00	00:00:05,0	15.10	73.66	575	ULA - RV	23.4667	0.0235	3.3500	21.0487	57.6865	5.7686	3.0468	1.7524	51.3383	245.8230	-1.6289		
205.90	00:00:05,0	15.13	75.03	575	ULA - RV	23.3123	0.0233	3.4317	21.5618	58.7040	5.8704	3.0709	1.7699	52.5898	251.8157	-1.6326		
210.80	00:00:05,1	15.10	76.38	575	ULA - RV	23.1954	0.0232	3.5133	22.0749	59.7998	5.9800	3.0944	1.7884	53.8412	257.8084	-1.6345		
215.70	00:00:05,0	15.10	77.78	575	ULA - RV	23.0839	0.0231	3.5950	22.5881	60.8956	6.0896	3.1174	1.8066	55.0929	263.8011	-1.6364		
220.60	00:00:05,1	15.13	79.08	575	ULA - RV	22.9483	0.0229	3.6767	23.1012	61.9132	6.1913	3.1399	1.8231	56.3444	269.7938	-1.6402		
225.50	00:00:05,1	15.13	80.40	575	ULA - RV	22.8186	0.0228	3.7583	23.6143	62.9307	6.2931	3.1619	1.8394	57.5959	275.7865	-1.6421		
230.40	00:00:05,1	15.10	81.73	575	ULA - RV	22.6944	0.0227	3.8400	24.1274	63.9482	6.3948	3.1833	1.8555	58.8473	281.7792	-1.6440		
235.30	00:00:05,1	15.15	83.05	575	ULA - RV	22.5754	0.0226	3.9217	24.6406	64.9658	6.4966	3.2044	1.8713	60.0990	287.7719	-1.6459		
240.20	00:00:05,0	15.13	84.33	575	ULA - RV	22.4613	0.0225	4.0033	25.1537	65.9833	6.5983	3.2250	1.8868	61.3505	293.7646	-1.6478		
245.10	00:00:05,1	15.15	85.64	575	ULA - RV	22.3517	0.0224	4.0850	25.6668	67.0008	6.7001	3.2452	1.9021	62.6020	299.7573	-1.6498		
250.00	00:00:05,0	15.15	86.96	575	ULA - RV	22.2720	0.0223	4.1667	26.1799	68.0966	6.8097	3.2650	1.9183	63.8534	305.7500	-1.6517		
10.00	00:00:05,2	24.85	4.43	575	ULA - RV	28.1600	0.0282	0.1667	1.0472	3.4440	0.3444	0.0461	-1.0660	2.5203	12.2300	-1.5498		
12.86	00:00:05,0	24.88	5.52	575	ULA - RV	27.3717	0.0274	0.2143	1.3467	4.3050	0.4305	0.2977	-0.8428	3.2412	15.7278	-1.5622	0.8310	0.0382
15.71	00:00:05,1	24.85	6.59	575	ULA - RV	26.8873	0.0269	0.2618	1.6451	5.1660	0.5166	0.4978	-0.6605	3.9593	19.2133	-1.5702		
18.57	00:00:05,1	24.85	7.51	575	ULA - RV	25.8481	0.0258	0.3095	1.9446	5.8704	0.5870	0.6651	-0.5327	4.6801	22.7111	-1.5884		
21.43	00:00:05,1	24.85	8.45	575	ULA - RV	25.0863	0.0251	0.3572	2.2441	6.5748	0.6575	0.8083	-0.4193	5.4010	26.2089	-1.6003		
24.29	00:00:05,0	24.85	9.42	575	ULA - RV	24.7674	0.0248	0.4048	2.5436	7.3576	0.7358	0.9336	-0.3069	6.1218	29.7067	-1.6055		
27.14	00:00:05,0	24.85	10.32	575	ULA - RV	24.2889	0.0243	0.4523	2.8421	8.0620	0.8062	1.0445	-0.2154	6.8402	33.1922	-1.6144		
30.00	00:00:05,0	24.85	11.24	575	ULA - RV	23.8933	0.0239	0.5000	3.1416	8.7665	0.8766	1.1447	-0.1317	7.5610	36.6900	-1.6216		
32.86	00:00:05,0	24.88	12.08	575	ULA - RV	23.5666	0.0236	0.5477	3.4411	9.4709	0.9471	1.2358	-0.0544	8.2818	40.1878	-1.6271		
35.71	00:00:05,0	24.88	12.94	575	ULA - RV	23.1196	0.0231	0.5952	3.7395	10.0971	1.0097	1.3190	0.0097	9.0000	43.6733	-1.6364		
38.57	00:00:05,0	24.85	13.81	575	ULA - RV	22.8986	0.0229	0.6428	4.0390	10.8015	1.0802	1.3960	0.0771	9.7208	47.1711	-1.6402		
41.43	00:00:05,0	24.88	14.65	575	ULA - RV	22.7082	0.0227	0.6905	4.3385	11.5060	1.1506	1.4675	0.1403	10.4416	50.6689	-1.6440		
44.29	00:00:05,0	24.85	15.51	575	ULA - RV	22.3978	0.0224	0.7382	4.6380	12.1322	1.2132	1.5343	0.1933	11.1625	54.1667	-1.6498		
47.14	00:00:05,0	24.88	16.36	575	ULA - RV	22.2656	0.0223	0.7857	4.9365	12.8366	1.2837	1.5967	0.2497	11.8809	57.6522	-1.6517		
50.00	00:00:05,0	24.85	17.12	575	ULA - RV	21.8880	0.0219	0.8333	5.2360	13.3845	1.3385	1.6556	0.2915	12.6017	61.1500	-1.6596		
52.86	00:00:05,0	24.88	17.96	575	ULA - RV	21.7934	0.0218	0.8810	5.5355	14.0890	1.4089	1.7112	0.3428	13.3225	64.6478	-1.6615		
55.71	00:00:05,0	24.85	18.75	575	ULA - RV	21.5976	0.0216	0.9285	5.8339	14.7151	1.4715	1.7637	0.3863	14.0407	68.1333	-1.6655		
58.57	00:00:05,0	24.85	19.55	575	ULA - RV	21.4171	0.0214	0.9762	6.1334	15.3413	1.5341	1.8138	0.4280	14.7615	71.6311	-1.6696		
61.43	00:00:05,0	24.85	20.36	575	ULA - RV	21.2535	0.0213	1.0238	6.4329	15.9675	1.5967	1.8614	0.4680	15.4823	75.1289	-1.6716		
64.29	00:00:05,0	24.88	21.12	575	ULA - RV	21.0048	0.0210	1.0715	6.7324	16.5154	1.6515	1.9069	0.5017	16.2031	78.6267	-1.6778		
67.14	00:00:05,1	24.88	21.94	575	ULA - RV	20.8758	0.0209	1.1190	7.0309	17.1416	1.7142	1.9503	0.5389	16.9215	82.1122	-1.6799		
70.00	00:00:05,0	24.85	22.71	575	ULA - RV	20.7543	0.0208	1.1667	7.3304	17.7677	1.7768	1.9920	0.5748	17.6424	85.6100	-1.6819		
72.86	00:00:05,0	24.88	23.45	575	ULA - RV	20.5545	0.0206	1.2143	7.6299	18.3156	1.8316	2.0321	0.6052	18.3632	89.1078	-1.6861		
75.71	00:00:05,0	24.88	24.18	575	ULA - RV	20.4570	0.0205	1.2618	7.9283	18.9418	1.8942	2.0704	0.6388	19.0813	92.5933	-1.6882		
78.57	00:00:05,0	24.85	24.97	575	ULA - RV	20.3640	0.0204	1.3095	8.2278	19.5680	1.9568	2.1075	0.6713	19.8022	96.0911	-1.6904		
81.43	00:00:05,0	24.85	25.69	575	ULA - RV	20.1989	0.0202	1.3572	8.5273	20.1159	2.0116	2.1433	0.6989	20.5230	99.5889	-1.6946		
84.29	00:00:05,1	24.88	26.46	575	ULA - RV	20.1210	0.0201	1.4048	8.8268	20.7421	2.0742	2.1778	0.7296	21.2438	103.0867	-1.6968		
87.14	00:00:05,1	24.85	27.19	575	ULA - RV	19.9770	0.0200	1.4523	9.1253	21.2900	2.1290	2.2110	0.7557	21.9622	106.5722	-1.6990		
90.00	00:00:05,1	24.88	27.91	575	ULA - RV	19.8400	0.0198	1.5000	9.4248	21.8379	2.1838	2.2433	0.7811	22.6830	110.0700	-1.7033		

92.86	00:00:05,1	24.88	28.64	575	ULA - RV	19.7114	0.0197	1.5477	9.7243	22.3858	2.2386	2.2746	0.8058	23.4039	113.5678	-1.7055		
95.71	00:00:05,0	24.88	29.35	575	ULA - RV	19.6594	0.0197	1.5952	10.0227	23.0120	2.3012	2.3049	0.8334	24.1220	117.0533	-1.7055		
98.57	00:00:05,0	24.85	30.09	575	ULA - RV	19.5435	0.0195	1.6428	10.3222	23.5599	2.3560	2.3343	0.8570	24.8428	120.5511	-1.7100		
101.40	00:00:05,1	24.85	30.79	575	ULA - RV	19.4398	0.0194	1.6900	10.6186	24.1078	2.4108	2.3626	0.8799	25.5562	124.0122	-1.7122		
104.30	00:00:05,1	24.88	31.51	575	ULA - RV	19.3289	0.0193	1.7383	10.9223	24.6557	2.4656	2.3908	0.9024	26.2871	127.5589	-1.7144		
107.10	00:00:05,0	24.88	32.21	575	ULA - RV	19.2418	0.0192	1.7850	11.2155	25.2036	2.5204	2.4173	0.9244	26.9928	130.9833	-1.7167		
110.00	00:00:05,1	24.88	32.94	575	ULA - RV	19.1418	0.0191	1.8333	11.5192	25.7515	2.5751	2.4440	0.9459	27.7237	134.5300	-1.7190		
112.90	00:00:05,1	24.88	33.61	575	ULA - RV	19.0469	0.0190	1.8817	11.8229	26.2994	2.6299	2.4700	0.9670	28.4546	138.0767	-1.7212		
115.70	00:00:05,0	24.88	34.30	575	ULA - RV	18.9732	0.0190	1.9283	12.1161	26.8473	2.6847	2.4945	0.9876	29.1603	141.5011	-1.7212		
118.60	00:00:05,1	24.88	34.98	575	ULA - RV	18.8870	0.0189	1.9767	12.4198	27.3952	2.7395	2.5193	1.0078	29.8912	145.0478	-1.7235		
121.40	00:00:05,1	24.88	35.66	575	ULA - RV	18.8204	0.0188	2.0233	12.7130	27.9431	2.7943	2.5426	1.0276	30.5969	148.4722	-1.7258		
124.30	00:00:05,0	24.88	36.40	575	ULA - RV	18.7418	0.0187	2.0717	13.0167	28.4910	2.8491	2.5662	1.0470	31.3278	152.0189	-1.7282		
127.10	00:00:05,0	24.88	37.02	575	ULA - RV	18.6310	0.0186	2.1183	13.3099	28.9606	2.8961	2.5885	1.0634	32.0335	155.4433	-1.7305		
130.00	00:00:05,0	24.85	37.73	575	ULA - RV	18.5600	0.0186	2.1667	13.6136	29.5085	2.9509	2.6111	1.0821	32.7644	158.9900	-1.7305		
132.90	00:00:05,0	24.88	38.38	575	ULA - RV	18.4921	0.0185	2.2150	13.9173	30.0564	3.0056	2.6331	1.1005	33.4953	162.5367	-1.7328		
135.70	00:00:05,0	24.88	39.02	575	ULA - RV	18.3935	0.0184	2.2617	14.2105	30.5261	3.0526	2.6540	1.1160	34.2010	165.9611	-1.7352		
138.60	00:00:05,0	24.90	39.71	575	ULA - RV	18.3319	0.0183	2.3100	14.5142	31.0740	3.1074	2.6751	1.1338	34.9319	169.5078	-1.7375		
141.40	00:00:05,0	24.85	40.37	575	ULA - RV	18.2857	0.0183	2.3567	14.8074	31.6219	3.1622	2.6951	1.1513	35.6375	172.9322	-1.7375		
144.30	00:00:05,0	24.88	41.03	575	ULA - RV	18.1843	0.0182	2.4050	15.1111	32.0915	3.2092	2.7154	1.1660	36.3685	176.4789	-1.7399		
147.10	00:00:05,0	24.88	41.64	575	ULA - RV	18.0993	0.0181	2.4517	15.4043	32.5612	3.2561	2.7346	1.1805	37.0741	179.9033	-1.7423		
150.00	00:00:05,0	24.88	42.31	575	ULA - RV	18.0480	0.0180	2.5000	15.7080	33.1091	3.3109	2.7542	1.1972	37.8051	183.4500	-1.7447		
10.00	00:00:05,1	34.78	4.29	575	ULA - RV	27.5200	0.0275	0.1667	1.0472	3.3657	0.3366	0.0461	-1.0890	2.6115	12.2300	-1.5607		
12.86	00:00:05,0	34.80	5.33	575	ULA - RV	26.3764	0.0264	0.2143	1.3467	4.1484	0.4148	0.2977	-0.8799	3.3584	15.7278	-1.5784	0.8020	0.0386
15.71	00:00:05,0	34.78	6.19	575	ULA - RV	25.2578	0.0253	0.2618	1.6451	4.8529	0.4853	0.4978	-0.7230	4.1025	19.2133	-1.5969		
18.57	00:00:05,1	34.80	7.05	575	ULA - RV	24.1249	0.0241	0.3095	1.9446	5.4790	0.5479	0.6651	-0.6017	4.8494	22.7111	-1.6180		
21.43	00:00:05,0	34.78	7.93	575	ULA - RV	23.5931	0.0236	0.3572	2.2441	6.1835	0.6183	0.8083	-0.4807	5.5963	26.2089	-1.6271		
24.29	00:00:05,0	34.80	8.72	575	ULA - RV	22.9230	0.0229	0.4048	2.5436	6.8097	0.6810	0.9336	-0.3842	6.3431	29.7067	-1.6402		
27.14	00:00:05,0	34.80	9.59	575	ULA - RV	22.6382	0.0226	0.4523	2.8421	7.5141	0.7514	1.0445	-0.2858	7.0875	33.1922	-1.6459		
30.00	00:00:05,0	34.78	10.36	575	ULA - RV	22.1867	0.0222	0.5000	3.1416	8.1403	0.8140	1.1447	-0.2058	7.8344	36.8900	-1.6536		
32.86	00:00:05,0	34.80	11.22	575	ULA - RV	21.8138	0.0218	0.5477	3.4411	8.7665	0.8766	1.2358	-0.1317	8.5813	40.1878	-1.6615		
35.71	00:00:05,0	34.80	11.99	575	ULA - RV	21.5066	0.0215	0.5952	3.7395	9.3926	0.9393	1.3190	-0.0627	9.3254	43.6733	-1.6676		
38.57	00:00:05,1	34.78	12.69	575	ULA - RV	21.0734	0.0211	0.6428	4.0390	9.9405	0.9941	1.3960	-0.0060	10.0723	47.1711	-1.6757		
41.43	00:00:05,0	34.78	13.43	575	ULA - RV	20.7000	0.0207	0.6905	4.3385	10.4884	1.0488	1.4675	0.0477	10.8192	50.6689	-1.6840		
44.29	00:00:05,0	34.78	14.22	575	ULA - RV	20.5193	0.0205	0.7382	4.6380	11.1146	1.1115	1.5343	0.1057	11.5661	54.1667	-1.6882		
47.14	00:00:05,0	34.80	14.94	575	ULA - RV	20.2291	0.0202	0.7857	4.9365	11.6625	1.1663	1.5967	0.1538	12.3105	57.6522	-1.6946		
50.00	00:00:05,0	34.80	15.66	575	ULA - RV	20.0960	0.0201	0.8333	5.2360	12.2887	1.2289	1.6556	0.2061	13.0574	61.1500	-1.6968		
52.86	00:00:05,0	34.78	16.40	575	ULA - RV	19.8562	0.0199	0.8810	5.5355	12.8366	1.2837	1.7112	0.2497	13.8042	64.6478	-1.7011		
55.71	00:00:05,1	34.78	17.10	575	ULA - RV	19.6446	0.0196	0.9285	5.8339	13.3845	1.3385	1.7637	0.2915	14.5484	68.1333	-1.7077		
58.57	00:00:05,0	34.80	17.78	575	ULA - RV	19.4502	0.0195	0.9762	6.1334	13.9324	1.3932	1.8138	0.3316	15.2953	71.6311	-1.7100		
61.43	00:00:05,1	34.80	18.49	575	ULA - RV	19.2740	0.0193	1.0238	6.4329	14.4803	1.4480	1.8614	0.3702	16.0421	75.1289	-1.7144		
64.29	00:00:05,0	34.78	19.19	575	ULA - RV	19.1134	0.0191	1.0715	6.7324	15.0282	1.5028	1.9069	0.4073	16.7890	78.6267	-1.7190		

67.14	00:00:05,0	34.80	19.85	575	ULA - RV	18.9693	0.0190	1.1190	7.0309	15.5761	1.5576	1.9503	0.4432	17.5334	82.1122	-1.7212		
70.00	00:00:05,0	34.78	20.55	575	ULA - RV	18.8343	0.0188	1.1667	7.3304	16.1240	1.6124	1.9920	0.4777	18.2803	85.6100	-1.7258		
72.86	00:00:05,1	34.78	21.22	575	ULA - RV	18.6220	0.0186	1.2143	7.6299	16.5937	1.6594	2.0321	0.5064	19.0272	89.1078	-1.7305		
75.71	00:00:05,0	34.78	21.86	575	ULA - RV	18.5127	0.0185	1.2618	7.9283	17.1416	1.7142	2.0704	0.5389	19.7713	92.5933	-1.7328		
78.57	00:00:05,0	34.80	22.55	575	ULA - RV	18.4091	0.0184	1.3095	8.2278	17.6895	1.7689	2.1075	0.5704	20.5182	96.0911	-1.7352		
81.43	00:00:05,0	34.78	23.21	575	ULA - RV	18.2341	0.0182	1.3572	8.5273	18.1591	1.8159	2.1433	0.5966	21.2651	99.5889	-1.7399		
84.29	00:00:05,0	34.78	23.86	575	ULA - RV	18.1469	0.0181	1.4048	8.8268	18.7070	1.8707	2.1778	0.6263	22.0120	103.0867	-1.7423		
87.14	00:00:05,1	34.78	24.48	575	ULA - RV	17.9940	0.0180	1.4523	9.1253	19.1766	1.9177	2.2110	0.6511	22.7564	106.5722	-1.7447		
90.00	00:00:05,0	34.78	25.11	575	ULA - RV	17.8489	0.0178	1.5000	9.4248	19.6463	1.9646	2.2433	0.6753	23.5032	110.0700	-1.7496		
92.86	00:00:05,0	34.78	25.71	575	ULA - RV	17.7127	0.0177	1.5477	9.7243	20.1159	2.0116	2.2746	0.6989	24.2501	113.5678	-1.7520		
95.71	00:00:05,0	34.80	26.36	575	ULA - RV	17.6533	0.0177	1.5952	10.0227	20.6638	2.0664	2.3049	0.7258	24.9943	117.0533	-1.7520		
98.57	00:00:05,0	34.78	27.00	575	ULA - RV	17.5307	0.0175	1.6428	10.3222	21.1334	2.1133	2.3343	0.7483	25.7411	120.5511	-1.7570		
101.40	00:00:05,0	34.80	27.60	575	ULA - RV	17.4201	0.0174	1.6900	10.6186	21.6031	2.1603	2.3626	0.7703	26.4803	124.0122	-1.7595		
104.30	00:00:05,0	34.80	28.22	575	ULA - RV	17.3039	0.0173	1.7383	10.9223	22.0727	2.2073	2.3908	0.7918	27.2377	127.5589	-1.7620		
107.10	00:00:05,0	34.78	28.84	575	ULA - RV	17.2101	0.0172	1.7850	11.2155	22.5423	2.2542	2.4173	0.8128	27.9688	130.9833	-1.7645		
110.00	00:00:05,0	34.78	29.46	575	ULA - RV	17.1636	0.0172	1.8333	11.5192	23.0902	2.3090	2.4440	0.8368	28.7262	134.5300	-1.7645		
112.90	00:00:05,1	34.80	30.10	575	ULA - RV	17.0629	0.0171	1.8817	11.8229	23.5599	2.3560	2.4700	0.8570	29.4835	138.0767	-1.7670		
115.70	00:00:05,0	34.78	30.68	575	ULA - RV	16.9818	0.0170	1.9283	12.1161	24.0295	2.4030	2.4945	0.8767	30.2147	141.5011	-1.7696		
118.60	00:00:05,0	34.80	31.25	575	ULA - RV	16.8904	0.0169	1.9767	12.4198	24.4991	2.4499	2.5193	0.8961	30.9721	145.0478	-1.7721		
121.40	00:00:05,0	34.80	31.88	575	ULA - RV	16.8171	0.0168	2.0233	12.7130	24.9688	2.4969	2.5426	0.9150	31.7032	148.4722	-1.7747		
124.30	00:00:05,0	34.78	32.49	575	ULA - RV	16.7337	0.0167	2.0717	13.0167	25.4384	2.5438	2.5662	0.9337	32.4606	152.0189	-1.7773		
127.10	00:00:05,0	34.78	33.03	575	ULA - RV	16.6168	0.0166	2.1183	13.3099	25.8298	2.5830	2.5885	0.9489	33.1918	155.4433	-1.7799		
130.00	00:00:05,0	34.78	33.62	575	ULA - RV	16.5415	0.0165	2.1667	13.6136	26.2994	2.6299	2.6111	0.9670	33.9491	158.9900	-1.7825		
132.90	00:00:05,0	34.80	34.22	575	ULA - RV	16.4695	0.0165	2.2150	13.9173	26.7690	2.6769	2.6331	0.9847	34.7065	162.5367	-1.7825		
135.70	00:00:05,0	34.78	34.79	575	ULA - RV	16.4127	0.0164	2.2617	14.2105	27.2387	2.7239	2.6540	1.0021	35.4377	165.9611	-1.7852		
138.60	00:00:05,0	34.78	35.37	575	ULA - RV	16.3463	0.0163	2.3100	14.5142	27.7083	2.7708	2.6751	1.0191	36.1950	169.5078	-1.7878		
141.40	00:00:05,0	34.78	35.92	575	ULA - RV	16.2489	0.0162	2.3567	14.8074	28.0996	2.8100	2.6951	1.0332	36.9262	172.9322	-1.7905		
144.30	00:00:05,1	34.80	36.52	575	ULA - RV	16.1885	0.0162	2.4050	15.1111	28.5693	2.8569	2.7154	1.0497	37.6835	176.4789	-1.7905		
147.10	00:00:05,0	34.80	37.04	575	ULA - RV	16.0979	0.0161	2.4517	15.4043	28.9606	2.8961	2.7346	1.0634	38.4147	179.9033	-1.7932		
150.00	00:00:05,0	34.78	37.64	575	ULA - RV	16.0427	0.0160	2.5000	15.7080	29.4303	2.9430	2.7542	1.0794	39.1721	183.4500	-1.7959		
						19.1383												

FUENTE: Elaboración propia.

## **ANEXO 03**

### **DATOS EXPERIMENTALES DE NÉCTAR DE QUINUA E HIGO**

**(CMC = 1,00 %)**

Velocidad Spindle (rpm)	Intervalo Lectura (seg)	Temp. Trabajo (°C)	% Par	Bath	Husillo Modelo	Viscosidad Aparente (cP)	Viscosidad Aparente (Pa.s)	Velocidad Spindle (rps)	Velocidad Angular (rad/s)	Esfuerzo Corte (dina/cm²)	Esfuerzo Corte (Pa)	Ln(Ω)	Ln(σ <sub>b</sub> )	Velocidad Corte (s <sup>-1</sup> )	Gradiente Velocidad	Viscosidad Aparente =log(Ua)	Índice Comp. Flujo (n)	Índice Cons. Flujo k(Pa.s <sup>n</sup> )
10.00	00:00:05,2	15.28	9.61	575	ULA - RV	61.4400	0.0614	0.1667	1.0472	7.5141	0.7514	0.0461	-0.2858	2.5825	12.2300	-1.2118		
14.90	00:00:05,0	15.30	13.58	575	ULA - RV	58.4161	0.0584	0.2483	1.5603	10.6450	1.0645	0.4449	0.0625	3.8478	18.2227	-1.2336	0.8110	0.0628
19.80	00:00:05,0	15.30	17.38	575	ULA - RV	56.2424	0.0562	0.3300	2.0735	13.6193	1.3619	0.7292	0.3089	5.1134	24.2154	-1.2503		
24.69	00:00:05,0	15.30	21.01	575	ULA - RV	54.4350	0.0544	0.4115	2.5855	16.4371	1.6437	0.9499	0.4970	6.3761	30.1959	-1.2644		
29.59	00:00:05,0	15.30	24.50	575	ULA - RV	52.9909	0.0530	0.4932	3.0987	19.1766	1.9177	1.1310	0.6511	7.6417	36.1886	-1.2757		
34.49	00:00:05,0	15.33	27.82	575	ULA - RV	51.5860	0.0516	0.5748	3.6118	21.7596	2.1760	1.2842	0.7775	8.9070	42.1813	-1.2874		
39.39	00:00:05,0	15.33	31.11	575	ULA - RV	50.5306	0.0505	0.6565	4.1249	24.3426	2.4343	1.4170	0.8896	10.1724	48.1740	-1.2967		
44.29	00:00:05,0	15.28	34.32	575	ULA - RV	49.5642	0.0496	0.7382	4.6380	26.8473	2.6847	1.5343	0.9876	11.4377	54.1667	-1.3045		
49.18	00:00:05,1	15.25	37.40	575	ULA - RV	48.6702	0.0487	0.8197	5.1501	29.2737	2.9274	1.6390	1.0741	12.7006	60.1471	-1.3125		
54.08	00:00:05,0	15.15	40.49	575	ULA - RV	47.9290	0.0479	0.9013	5.6632	31.7002	3.1700	1.7340	1.1537	13.9660	66.1398	-1.3197		
58.98	00:00:05,1	15.13	43.47	575	ULA - RV	47.2024	0.0472	0.9830	6.1764	34.0483	3.4048	1.8207	1.2252	15.2316	72.1325	-1.3261		
63.88	00:00:05,0	15.13	46.35	575	ULA - RV	46.4872	0.0465	1.0647	6.6895	36.3182	3.6318	1.9005	1.2897	16.4969	78.1252	-1.3325		
68.78	00:00:05,0	15.15	49.23	575	ULA - RV	45.7808	0.0458	1.1463	7.2026	38.5098	3.8510	1.9744	1.3483	17.7623	84.1179	-1.3391		
73.67	00:00:05,0	15.23	51.95	575	ULA - RV	45.1744	0.0452	1.2278	7.7147	40.7014	4.0701	2.0431	1.4037	19.0252	90.0984	-1.3449		
78.57	00:00:05,0	15.23	54.60	575	ULA - RV	44.4750	0.0445	1.3095	8.2278	42.7365	4.2737	2.1075	1.4525	20.2905	96.0911	-1.3516		
83.47	00:00:05,1	15.18	57.25	575	ULA - RV	43.9343	0.0439	1.3912	8.7410	44.8499	4.4850	2.1680	1.5007	21.5561	102.0838	-1.3575		
88.37	00:00:05,0	15.18	59.85	575	ULA - RV	43.3812	0.0434	1.4728	9.2541	46.8849	4.6885	2.2251	1.5451	22.8215	108.0765	-1.3625		
93.27	00:00:05,1	15.15	62.41	575	ULA - RV	42.8176	0.0428	1.5545	9.7672	48.8417	4.8842	2.2790	1.5860	24.0868	114.0692	-1.3686		
98.16	00:00:05,1	15.10	64.92	575	ULA - RV	42.3146	0.0423	1.6360	10.2793	50.7985	5.0799	2.3301	1.6253	25.3497	120.0497	-1.3737		
103.10	00:00:05,1	15.10	67.40	575	ULA - RV	41.8390	0.0418	1.7183	10.7966	52.7553	5.2755	2.3792	1.6631	26.6254	126.0913	-1.3788		
108.00	00:00:05,0	15.08	69.81	575	ULA - RV	41.3630	0.0414	1.8000	11.3097	54.6339	5.4634	2.4257	1.6981	27.8908	132.0840	-1.3830		
112.90	00:00:05,1	15.05	72.22	575	ULA - RV	40.9283	0.0409	1.8817	11.8229	56.5124	5.6512	2.4700	1.7319	29.1564	138.0767	-1.3883		
117.80	00:00:05,1	15.03	74.55	575	ULA - RV	40.4754	0.0405	1.9633	12.3360	58.3126	5.8313	2.5125	1.7632	30.4217	144.0694	-1.3925		
122.70	00:00:05,0	15.05	76.88	575	ULA - RV	40.1108	0.0401	2.0450	12.8491	60.1912	6.0191	2.5533	1.7949	31.6871	150.0621	-1.3969		
127.60	00:00:05,0	15.03	79.11	575	ULA - RV	39.6740	0.0397	2.1267	13.3622	61.9132	6.1913	2.5924	1.8231	32.9524	156.0548	-1.4012		
132.40	00:00:05,0	15.00	81.33	575	ULA - RV	39.2991	0.0393	2.2067	13.8649	63.6351	6.3635	2.6294	1.8506	34.1921	161.9252	-1.4056		
137.30	00:00:05,0	14.98	83.55	575	ULA - RV	38.9221	0.0389	2.2883	14.3780	65.3571	6.5357	2.6657	1.8773	35.4575	167.9179	-1.4101		
142.20	00:00:05,0	14.98	85.74	575	ULA - RV	38.5710	0.0386	2.3700	14.8911	67.0791	6.7079	2.7008	1.9033	36.7228	173.9106	-1.4134		
147.10	00:00:05,1	15.00	87.90	575	ULA - RV	38.2434	0.0382	2.4517	15.4043	68.8011	6.8801	2.7346	1.9286	37.9884	179.9033	-1.4179		
152.00	00:00:05,0	14.98	90.02	575	ULA - RV	37.8947	0.0379	2.5333	15.9174	70.4448	7.0445	2.7674	1.9522	39.2538	185.8960	-1.4214		
156.90	00:00:05,0	14.98	92.16	575	ULA - RV	37.6087	0.0376	2.6150	16.4305	72.1668	7.2167	2.7991	1.9764	40.5191	191.8887	-1.4248		
161.80	00:00:05,1	14.95	94.21	575	ULA - RV	37.2608	0.0373	2.6967	16.9437	73.7322	7.3732	2.8299	1.9979	41.7847	197.8814	-1.4283		
166.70	00:00:05,0	14.95	96.25	575	ULA - RV	36.9718	0.0370	2.7783	17.4568	75.3759	7.5376	2.8597	2.0199	43.0501	203.8741	-1.4318		
171.60	00:00:05,0	14.98	98.26	575	ULA - RV	36.6620	0.0367	2.8600	17.9699	76.9414	7.6941	2.8887	2.0405	44.3154	209.8668	-1.4353		
						44.6822												
10.00	00:00:05,1	25.15	6.39	575	ULA - RV	40.9600	0.0410	0.1667	1.0472	5.0094	0.5009	0.0461	-0.6913	2.5295	12.2300	-1.3872		

12.86	00:00:05.0	25.15	7.93	575	ULA - RV	39.3157	0.0393	0.2143	1.3467	6.1835	0.6183	0.2977	-0.4807	3.2529	15.7278	-1.4056	0.8280	0.0408
15.71	00:00:05.0	25.15	9.46	575	ULA - RV	38.7015	0.0387	0.2618	1.6451	7.4358	0.7436	0.4978	-0.2963	3.9737	19.2133	-1.4123		
18.57	00:00:05.1	25.18	10.83	575	ULA - RV	37.2213	0.0372	0.3095	1.9446	8.4534	0.8453	0.6651	-0.1680	4.6971	22.7111	-1.4295		
21.43	00:00:05.0	25.18	12.26	575	ULA - RV	36.7336	0.0367	0.3572	2.2441	9.6275	0.9627	0.8083	-0.0380	5.4205	26.2089	-1.4353		
24.29	00:00:05.1	25.15	13.65	575	ULA - RV	36.0972	0.0361	0.4048	2.5436	10.7233	1.0723	0.9336	0.0698	6.1440	29.7067	-1.4425		
27.14	00:00:05.0	25.18	15.01	575	ULA - RV	35.3721	0.0354	0.4523	2.8421	11.7408	1.1741	1.0445	0.1605	6.8650	33.1922	-1.4510		
30.00	00:00:05.0	25.18	16.38	575	ULA - RV	34.9867	0.0350	0.5000	3.1416	12.8366	1.2837	1.1447	0.2497	7.5884	36.6900	-1.4559		
32.86	00:00:05.0	25.18	17.66	575	ULA - RV	34.4735	0.0345	0.5477	3.4411	13.8541	1.3854	1.2358	0.3260	8.3118	40.1878	-1.4622		
35.71	00:00:05.0	25.15	18.94	575	ULA - RV	33.8729	0.0339	0.5952	3.7395	14.7934	1.4793	1.3190	0.3916	9.0326	43.6733	-1.4698		
38.57	00:00:05.0	25.20	20.20	575	ULA - RV	33.5183	0.0335	0.6428	4.0390	15.8109	1.5811	1.3960	0.4581	9.7560	47.1711	-1.4750		
41.43	00:00:05.0	25.18	21.46	575	ULA - RV	33.2126	0.0332	0.6905	4.3385	16.8285	1.6828	1.4675	0.5205	10.4795	50.6689	-1.4789		
44.29	00:00:05.0	25.18	22.73	575	ULA - RV	32.8020	0.0328	0.7382	4.6380	17.7677	1.7768	1.5343	0.5748	11.2029	54.1667	-1.4841		
47.14	00:00:05.1	25.18	23.93	575	ULA - RV	32.4480	0.0324	0.7857	4.9365	18.7070	1.8707	1.5967	0.6263	11.9239	57.6522	-1.4895		
50.00	00:00:05.0	25.18	25.05	575	ULA - RV	32.1280	0.0321	0.8333	5.2360	19.6463	1.9646	1.6556	0.6753	12.6473	61.1500	-1.4935		
52.86	00:00:05.0	25.18	26.27	575	ULA - RV	31.8426	0.0318	0.8810	5.5355	20.5855	2.0586	1.7112	0.7220	13.3708	64.6478	-1.4976		
55.71	00:00:05.0	25.18	27.44	575	ULA - RV	31.4773	0.0315	0.9285	5.8339	21.4465	2.1447	1.7637	0.7630	14.0915	68.1333	-1.5017		
58.57	00:00:05.0	25.20	28.60	575	ULA - RV	31.2515	0.0313	0.9762	6.1334	22.3858	2.2386	1.8138	0.8058	14.8150	71.6311	-1.5045		
61.43	00:00:05.0	25.20	29.76	575	ULA - RV	31.0467	0.0310	1.0238	6.4329	23.3251	2.3325	1.8614	0.8469	15.5384	75.1289	-1.5086		
64.29	00:00:05.0	25.20	30.87	575	ULA - RV	30.7606	0.0308	1.0715	6.7324	24.1860	2.4186	1.9069	0.8832	16.2618	78.6267	-1.5114		
67.14	00:00:05.0	25.20	32.01	575	ULA - RV	30.5034	0.0305	1.1190	7.0309	25.0470	2.5047	1.9503	0.9182	16.9829	82.1122	-1.5157		
70.00	00:00:05.0	25.20	33.16	575	ULA - RV	30.3543	0.0304	1.1667	7.3304	25.9863	2.5986	1.9920	0.9550	17.7063	85.6100	-1.5171		
72.86	00:00:05.1	25.20	34.24	575	ULA - RV	30.0412	0.0300	1.2143	7.6299	26.7690	2.6769	2.0321	0.9847	18.4297	89.1078	-1.5229		
75.71	00:00:05.1	25.20	35.28	575	ULA - RV	29.8402	0.0298	1.2618	7.9283	27.6300	2.7630	2.0704	1.0163	19.1505	92.5933	-1.5258		
78.57	00:00:05.1	25.20	36.44	575	ULA - RV	29.6500	0.0296	1.3095	8.2278	28.4910	2.8491	2.1075	1.0470	19.8739	96.0911	-1.5287		
81.43	00:00:05.0	25.20	37.50	575	ULA - RV	29.4732	0.0295	1.3572	8.5273	29.3520	2.9352	2.1433	1.0768	20.5973	99.5889	-1.5302		
84.29	00:00:05.0	25.20	38.55	575	ULA - RV	29.2324	0.0292	1.4048	8.8268	30.1347	3.0135	2.1778	1.1031	21.3208	103.0867	-1.5346		
87.14	00:00:05.0	25.20	39.61	575	ULA - RV	29.0842	0.0291	1.4523	9.1253	30.9957	3.0996	2.2110	1.1313	22.0418	106.5722	-1.5361		
90.00	00:00:05.0	25.20	40.61	575	ULA - RV	28.8711	0.0289	1.5000	9.4248	31.7784	3.1778	2.2433	1.1562	22.7652	110.0700	-1.5391		
92.86	00:00:05.0	25.20	41.65	575	ULA - RV	28.6711	0.0287	1.5477	9.7243	32.5612	3.2561	2.2746	1.1805	23.4886	113.5678	-1.5421		
95.71	00:00:05.0	25.20	42.68	575	ULA - RV	28.5529	0.0286	1.5952	10.0227	33.4221	3.3422	2.3049	1.2066	24.2094	117.0533	-1.5436		
98.57	00:00:05.0	25.23	43.70	575	ULA - RV	28.3737	0.0284	1.6428	10.3222	34.2049	3.4205	2.3343	1.2298	24.9329	120.5511	-1.5467		
101.40	00:00:05.0	25.23	44.71	575	ULA - RV	28.2130	0.0282	1.6900	10.6186	34.9876	3.4988	2.3626	1.2524	25.6488	124.0122	-1.5498		
104.30	00:00:05.0	25.20	45.72	575	ULA - RV	28.0422	0.0280	1.7383	10.9223	35.7703	3.5770	2.3908	1.2745	26.3824	127.5589	-1.5528		
107.10	00:00:05.0	25.23	46.72	575	ULA - RV	27.9066	0.0279	1.7850	11.2155	36.5530	3.6553	2.4173	1.2962	27.0906	130.9833	-1.5544		
110.00	00:00:05.0	25.20	47.72	575	ULA - RV	27.7527	0.0278	1.8333	11.5192	37.3357	3.7336	2.4440	1.3174	27.8242	134.5300	-1.5560		
112.90	00:00:05.0	25.20	48.74	575	ULA - RV	27.6067	0.0276	1.8817	11.8229	38.1185	3.8118	2.4700	1.3381	28.5577	138.0767	-1.5591		
115.70	00:00:05.0	25.20	49.67	575	ULA - RV	27.4918	0.0275	1.9283	12.1161	38.9012	3.8901	2.4945	1.3584	29.2659	141.5011	-1.5607		
118.60	00:00:05.0	25.23	50.64	575	ULA - RV	27.3052	0.0273	1.9767	12.4198	39.6056	3.9606	2.5193	1.3764	29.9995	145.0478	-1.5638		
121.40	00:00:05.1	25.23	51.62	575	ULA - RV	27.2026	0.0272	2.0233	12.7130	40.3884	4.0388	2.5426	1.3960	30.7077	148.4722	-1.5654		

124.30	00:00:05,0	25.23	52.59	575	ULA - RV	27.0829	0.0271	2.0717	13.0167	41.1711	4.1171	2.5662	1.4152	31.4413	152.0189	-1.5670		
127.10	00:00:05,0	25.23	53.51	575	ULA - RV	26.9394	0.0269	2.1183	13.3099	41.8755	4.1876	2.5885	1.4321	32.1495	155.4433	-1.5702		
130.00	00:00:05,1	25.23	54.45	575	ULA - RV	26.8308	0.0268	2.1667	13.6136	42.6582	4.2658	2.6111	1.4506	32.8831	158.9900	-1.5719		
132.90	00:00:05,0	25.23	55.40	575	ULA - RV	26.6787	0.0267	2.2150	13.9173	43.3627	4.3363	2.6331	1.4670	33.6167	162.5367	-1.5735		
135.70	00:00:05,1	25.23	56.30	575	ULA - RV	26.5527	0.0266	2.2617	14.2105	44.0671	4.4067	2.6540	1.4831	34.3249	165.9611	-1.5751		
138.60	00:00:05,1	25.25	57.24	575	ULA - RV	26.4127	0.0264	2.3100	14.5142	44.7716	4.4772	2.6751	1.4990	35.0585	169.5078	-1.5784		
141.40	00:00:05,1	25.23	58.14	575	ULA - RV	26.2970	0.0263	2.3567	14.8074	45.4760	4.5476	2.6951	1.5146	35.7667	172.9322	-1.5800		
144.30	00:00:05,0	25.25	59.10	575	ULA - RV	26.2121	0.0262	2.4050	15.1111	46.2588	4.6259	2.7154	1.5317	36.5002	176.4789	-1.5817		
147.10	00:00:05,0	25.23	59.95	575	ULA - RV	26.1047	0.0261	2.4517	15.4043	46.9632	4.6963	2.7346	1.5468	37.2085	179.9033	-1.5834		
150.00	00:00:05,0	25.25	60.86	575	ULA - RV	25.9840	0.0260	2.5000	15.7080	47.6676	4.7668	2.7542	1.5617	37.9420	183.4500	-1.5850		
						30.5497												
10.00	00:00:05,1	34.83	6.48	575	ULA - RV	41.6000	0.0416	0.1667	1.0472	5.0877	0.5088	0.0461	-0.6758	2.7059	12.2300	-1.3809		
12.86	00:00:05,0	34.80	8.04	575	ULA - RV	39.8134	0.0398	0.2143	1.3467	6.2618	0.6262	0.2977	-0.4681	3.4798	15.7278	-1.4001	0.7740	0.0409
15.71	00:00:05,0	34.78	9.37	575	ULA - RV	38.2941	0.0383	0.2618	1.6451	7.3576	0.7358	0.4978	-0.3069	4.2509	19.2133	-1.4168		
18.57	00:00:05,0	34.78	10.65	575	ULA - RV	36.8767	0.0369	0.3095	1.9446	8.3751	0.8375	0.6651	-0.1773	5.0248	22.7111	-1.4330		
21.43	00:00:05,1	34.78	11.92	575	ULA - RV	35.5390	0.0355	0.3572	2.2441	9.3144	0.9314	0.8083	-0.0710	5.7987	26.2089	-1.4498		
24.29	00:00:05,1	34.80	13.14	575	ULA - RV	34.5163	0.0345	0.4048	2.5436	10.2536	1.0254	0.9336	0.0250	6.5726	29.7067	-1.4622		
27.14	00:00:05,0	34.80	14.28	575	ULA - RV	33.7214	0.0337	0.4523	2.8421	11.1929	1.1193	1.0445	0.1127	7.3439	33.1922	-1.4724		
30.00	00:00:05,0	34.78	15.44	575	ULA - RV	32.8533	0.0329	0.5000	3.1416	12.0539	1.2054	1.1447	0.1868	8.1178	36.6900	-1.4828		
32.86	00:00:05,0	34.80	16.58	575	ULA - RV	32.3311	0.0323	0.5477	3.4411	12.9932	1.2993	1.2358	0.2618	8.8917	40.1878	-1.4908		
35.71	00:00:05,0	34.78	17.64	575	ULA - RV	31.5430	0.0315	0.5952	3.7395	13.7759	1.3776	1.3190	0.3203	9.6628	43.6733	-1.5017		
38.57	00:00:05,0	34.80	18.73	575	ULA - RV	31.0293	0.0310	0.6428	4.0390	14.6369	1.4637	1.3960	0.3810	10.4367	47.1711	-1.5086		
41.43	00:00:05,1	34.78	19.84	575	ULA - RV	30.5865	0.0306	0.6905	4.3385	15.4979	1.5498	1.4675	0.4381	11.2106	50.6689	-1.5143		
44.29	00:00:05,1	34.78	20.88	575	ULA - RV	30.2009	0.0302	0.7382	4.6380	16.3588	1.6359	1.5343	0.4922	11.9845	54.1667	-1.5200		
47.14	00:00:05,0	34.80	21.92	575	ULA - RV	29.7327	0.0297	0.7857	4.9365	17.1416	1.7142	1.5967	0.5389	12.7558	57.6522	-1.5272		
50.00	00:00:05,0	34.78	22.96	575	ULA - RV	29.4400	0.0294	0.8333	5.2360	18.0026	1.8003	1.6556	0.5879	13.5297	61.1500	-1.5317		
52.86	00:00:05,1	34.80	23.95	575	ULA - RV	28.9368	0.0289	0.8810	5.5355	18.7070	1.8707	1.7112	0.6263	14.3036	64.6478	-1.5391		
55.71	00:00:05,0	34.80	24.99	575	ULA - RV	28.7202	0.0287	0.9285	5.8339	19.5680	1.9568	1.7637	0.6713	15.0747	68.1333	-1.5421		
58.57	00:00:05,1	34.78	25.99	575	ULA - RV	28.4104	0.0284	0.9762	6.1334	20.3507	2.0351	1.8138	0.7105	15.8486	71.6311	-1.5467		
61.43	00:00:05,1	34.80	26.99	575	ULA - RV	28.1296	0.0281	1.0238	6.4329	21.1334	2.1133	1.8614	0.7483	16.6225	75.1289	-1.5513		
64.29	00:00:05,0	34.80	27.91	575	ULA - RV	27.7741	0.0278	1.0715	6.7324	21.8379	2.1838	1.9069	0.7811	17.3964	78.6267	-1.5560		
67.14	00:00:05,0	34.80	28.89	575	ULA - RV	27.5484	0.0275	1.1190	7.0309	22.6206	2.2621	1.9503	0.8163	18.1677	82.1122	-1.5607		
70.00	00:00:05,1	34.78	29.84	575	ULA - RV	27.2457	0.0272	1.1667	7.3304	23.3251	2.3325	1.9920	0.8469	18.9416	85.6100	-1.5654		
72.86	00:00:05,1	34.78	30.75	575	ULA - RV	27.0546	0.0271	1.2143	7.6299	24.1078	2.4108	2.0321	0.8799	19.7155	89.1078	-1.5670		
75.71	00:00:05,1	34.78	31.69	575	ULA - RV	26.7970	0.0268	1.2618	7.9283	24.8122	2.4812	2.0704	0.9088	20.4866	92.5933	-1.5719		
78.57	00:00:05,0	34.80	32.63	575	ULA - RV	26.5547	0.0266	1.3095	8.2278	25.5167	2.5517	2.1075	0.9367	21.2605	96.0911	-1.5751		
81.43	00:00:05,0	34.80	33.50	575	ULA - RV	26.3294	0.0263	1.3572	8.5273	26.2211	2.6221	2.1433	0.9640	22.0344	99.5889	-1.5800		
84.29	00:00:05,0	34.83	34.42	575	ULA - RV	26.1193	0.0261	1.4048	8.8268	26.9256	2.6926	2.1778	0.9905	22.8083	103.0867	-1.5834		
87.14	00:00:05,0	34.80	35.33	575	ULA - RV	25.9261	0.0259	1.4523	9.1253	27.6300	2.7630	2.2110	1.0163	23.5796	106.5722	-1.5867		

90.00	00:00:05,0	34.78	36.18	575	ULA - RV	25.7422	0.0257	1.5000	9.4248	28.3345	2.8334	2.2433	1.0415	24.3535	110.0700	-1.5901		
92.86	00:00:05,0	34.78	37.09	575	ULA - RV	25.5697	0.0256	1.5477	9.7243	29.0389	2.9039	2.2746	1.0661	25.1274	113.5678	-1.5918		
95.71	00:00:05,1	34.80	37.96	575	ULA - RV	25.4101	0.0254	1.5952	10.0227	29.7434	2.9743	2.3049	1.0900	25.8984	117.0533	-1.5952		
98.57	00:00:05,0	34.78	38.81	575	ULA - RV	25.1922	0.0252	1.6428	10.3222	30.3695	3.0370	2.3343	1.1109	26.6724	120.5511	-1.5986		
101.40	00:00:05,1	34.80	39.64	575	ULA - RV	24.9941	0.0250	1.6900	10.6186	30.9957	3.0996	2.3626	1.1313	27.4382	124.0122	-1.6021		
104.30	00:00:05,1	34.83	40.49	575	ULA - RV	24.8514	0.0249	1.7383	10.9223	31.7002	3.1700	2.3908	1.1537	28.2230	127.5589	-1.6038		
107.10	00:00:05,0	34.80	41.34	575	ULA - RV	24.6797	0.0247	1.7850	11.2155	32.3263	3.2326	2.4173	1.1733	28.9806	130.9833	-1.6073		
110.00	00:00:05,0	34.78	42.22	575	ULA - RV	24.5527	0.0246	1.8333	11.5192	33.0308	3.3031	2.4440	1.1949	29.7654	134.5300	-1.6091		
112.90	00:00:05,0	34.78	43.06	575	ULA - RV	24.4322	0.0244	1.8817	11.8229	33.7352	3.3735	2.4700	1.2160	30.5501	138.0767	-1.6126		
115.70	00:00:05,0	34.78	43.86	575	ULA - RV	24.2835	0.0243	1.9283	12.1161	34.3614	3.4361	2.4945	1.2343	31.3078	141.5011	-1.6144		
118.60	00:00:05,0	34.80	44.67	575	ULA - RV	24.1214	0.0241	1.9767	12.4198	34.9876	3.4988	2.5193	1.2524	32.0925	145.0478	-1.6180		
121.40	00:00:05,1	34.78	45.49	575	ULA - RV	23.9868	0.0240	2.0233	12.7130	35.6138	3.5614	2.5426	1.2701	32.8501	148.4722	-1.6198		
124.30	00:00:05,1	34.80	46.32	575	ULA - RV	23.8391	0.0238	2.0717	13.0167	36.2399	3.6240	2.5662	1.2876	33.6349	152.0189	-1.6234		
127.10	00:00:05,0	34.80	47.11	575	ULA - RV	23.7168	0.0237	2.1183	13.3099	36.8661	3.6866	2.5885	1.3047	34.3925	155.4433	-1.6253		
130.00	00:00:05,1	34.78	47.92	575	ULA - RV	23.5815	0.0236	2.1667	13.6136	37.4923	3.7492	2.6111	1.3216	35.1773	158.9900	-1.6271		
132.90	00:00:05,1	34.80	48.72	575	ULA - RV	23.4522	0.0235	2.2150	13.9173	38.1185	3.8118	2.6331	1.3381	35.9620	162.5367	-1.6289		
135.70	00:00:05,0	34.78	49.47	575	ULA - RV	23.3456	0.0233	2.2617	14.2105	38.7446	3.8745	2.6540	1.3544	36.7196	165.9611	-1.6326		
138.60	00:00:05,0	34.80	50.28	575	ULA - RV	23.2266	0.0232	2.3100	14.5142	39.3708	3.9371	2.6751	1.3704	37.5044	169.5078	-1.6345		
141.40	00:00:05,0	34.80	51.02	575	ULA - RV	23.0835	0.0231	2.3567	14.8074	39.9187	3.9919	2.6951	1.3843	38.2620	172.9322	-1.6364		
144.30	00:00:05,0	34.78	51.83	575	ULA - RV	22.9744	0.0230	2.4050	15.1111	40.5449	4.0545	2.7154	1.3998	39.0468	176.4789	-1.6383		
147.10	00:00:05,1	34.80	52.55	575	ULA - RV	22.8416	0.0228	2.4517	15.4043	41.0928	4.1093	2.7346	1.4132	39.8044	179.9033	-1.6421		
150.00	00:00:05,1	34.78	53.35	575	ULA - RV	22.7840	0.0228	2.5000	15.7080	41.7972	4.1797	2.7542	1.4302	40.5891	183.4500	-1.6421		
						27.8857												

FUENTE: Elaboración propia.

## **ANEXO 04**

### **DATOS EXPERIMENTALES DE NÉCTAR DE QUINUA E HIGO**

**(CMC = 1,25 %)**

Velocidad Spindle (rpm)	Intervalo Lectura (seg)	Temp. Trabajo (°C)	% Par	Bath	Husillo Modelo	Viscosidad Aparente (cP)	Viscosidad Aparente (Pa.s)	Velocidad Spindle (rps)	Velocidad Angular (rad/s)	Esfuerzo Corte (dina/cm2)	Esfuerzo Corte (Pa)	Ln(Q)	Ln(σ <sub>b</sub> )	Velocidad Corte (s <sup>-1</sup> )	Gradiente Velocidad	Viscosidad Aparente =log(Ua)	Índice Comp. Flujo (n)	Índice Cons. Flujo k(Pa.s <sub>n</sub> )
10.00	00:00:05,1	15.15	11.41	575	ULA - RV	72.9600	0.0730	0.1667	1.0472	8.9230	0.8923	0.0461	-0.1140	2.6213	12.2300	-1.1367		
11.84	00:00:05,0	15.13	13.38	575	ULA - RV	72.4324	0.0724	0.1973	1.2399	10.4884	1.0488	0.2150	0.0477	3.1036	14.4803	-1.1403	0.7990	0.0757
13.67	00:00:05,0	15.28	15.24	575	ULA - RV	71.1631	0.0712	0.2278	1.4315	11.8973	1.1897	0.3587	0.1737	3.5832	16.7184	-1.1475		
15.51	00:00:05,0	15.25	17.03	575	ULA - RV	70.1483	0.0701	0.2585	1.6242	13.3062	1.3306	0.4850	0.2856	4.0656	18.9687	-1.1543		
17.35	00:00:05,1	15.20	18.78	575	ULA - RV	69.3487	0.0693	0.2892	1.8169	14.7151	1.4715	0.5971	0.3863	4.5479	21.2191	-1.1593		
19.18	00:00:05,0	15.20	20.47	575	ULA - RV	68.4046	0.0684	0.3197	2.0085	16.0458	1.6046	0.6974	0.4729	5.0275	23.4571	-1.1649		
21.02	00:00:05,0	15.18	22.12	575	ULA - RV	67.2883	0.0673	0.3503	2.2012	17.2981	1.7298	0.7890	0.5480	5.5099	25.7075	-1.1720		
22.86	00:00:05,0	15.15	23.73	575	ULA - RV	66.3517	0.0664	0.3810	2.3939	18.5505	1.8550	0.8729	0.6179	5.9922	27.9578	-1.1778		
24.69	00:00:05,1	15.13	25.36	575	ULA - RV	65.8404	0.0658	0.4115	2.5855	19.8811	1.9881	0.9499	0.6872	6.4718	30.1959	-1.1818		
26.53	00:00:05,0	15.10	26.91	575	ULA - RV	64.8926	0.0649	0.4422	2.7782	21.0552	2.1055	1.0218	0.7446	6.9542	32.4462	-1.1878		
28.37	00:00:05,1	15.10	28.44	575	ULA - RV	64.0677	0.0641	0.4728	2.9709	22.2292	2.2229	1.0889	0.7988	7.4365	34.6965	-1.1931		
30.20	00:00:05,1	15.18	29.96	575	ULA - RV	63.5762	0.0636	0.5033	3.1625	23.4816	2.3482	1.1514	0.8536	7.9161	36.9346	-1.1965		
32.04	00:00:05,0	15.15	31.42	575	ULA - RV	62.7216	0.0627	0.5340	3.3552	24.5774	2.4577	1.2105	0.8992	8.3985	39.1849	-1.2027		
33.88	00:00:05,0	15.13	32.85	575	ULA - RV	62.1488	0.0621	0.5647	3.5479	25.7515	2.5751	1.2664	0.9459	8.8809	41.4352	-1.2069		
35.71	00:00:05,0	15.13	34.29	575	ULA - RV	61.4730	0.0615	0.5952	3.7395	26.8473	2.6847	1.3190	0.9876	9.3605	43.6733	-1.2111		
37.55	00:00:05,0	15.13	35.69	575	ULA - RV	60.8469	0.0608	0.6258	3.9322	27.9431	2.7943	1.3692	1.0276	9.8428	45.9237	-1.2161		
39.39	00:00:05,0	15.10	37.14	575	ULA - RV	60.2793	0.0603	0.6565	4.1249	29.0389	2.9039	1.4170	1.0661	10.3252	48.1740	-1.2197		
41.22	00:00:05,0	15.10	38.48	575	ULA - RV	59.7768	0.0598	0.6870	4.3165	30.1347	3.0135	1.4625	1.1031	10.8048	50.4121	-1.2233		
43.06	00:00:05,1	15.13	39.85	575	ULA - RV	59.3033	0.0593	0.7177	4.5092	31.2305	3.1231	1.5061	1.1388	11.2871	52.6624	-1.2269		
44.90	00:00:05,0	15.10	41.18	575	ULA - RV	58.7261	0.0587	0.7483	4.7019	32.2481	3.2248	1.5480	1.1709	11.7695	54.9127	-1.2314		
46.73	00:00:05,0	15.10	42.48	575	ULA - RV	58.2067	0.0582	0.7788	4.8936	33.2656	3.3266	1.5879	1.2019	12.2493	57.1508	-1.2351		
48.57	00:00:05,0	15.10	43.77	575	ULA - RV	57.7146	0.0577	0.8095	5.0862	34.2831	3.4283	1.6265	1.2321	12.7314	59.4011	-1.2388		
50.41	00:00:05,0	15.13	45.08	575	ULA - RV	57.2585	0.0573	0.8402	5.2789	35.3007	3.5301	1.6637	1.2613	13.2138	61.6514	-1.2418		
52.24	00:00:05,0	15.13	46.31	575	ULA - RV	56.7228	0.0567	0.8707	5.4706	36.2399	3.6240	1.6994	1.2876	13.6936	63.8895	-1.2464		
54.08	00:00:05,1	15.10	47.53	575	ULA - RV	56.2130	0.0562	0.9013	5.6632	37.1792	3.7179	1.7340	1.3132	14.1757	66.1398	-1.2503		
55.92	00:00:05,1	15.13	48.74	575	ULA - RV	55.7368	0.0557	0.9320	5.8559	38.1185	3.8118	1.7675	1.3381	14.6581	68.3902	-1.2541		
57.76	00:00:05,0	15.13	49.91	575	ULA - RV	55.2909	0.0553	0.9627	6.0486	39.0577	3.9058	1.7998	1.3625	15.1404	70.6405	-1.2573		
59.59	00:00:05,0	15.13	51.09	575	ULA - RV	54.8817	0.0549	0.9932	6.2403	39.9970	3.9997	1.8310	1.3862	15.6203	72.8786	-1.2604		
61.43	00:00:05,0	15.13	52.27	575	ULA - RV	54.4880	0.0545	1.0238	6.4329	40.9363	4.0936	1.8614	1.4094	16.1024	75.1289	-1.2636		
63.27	00:00:05,0	15.13	53.40	575	ULA - RV	54.0161	0.0540	1.0545	6.6256	41.7972	4.1797	1.8909	1.4302	16.5847	77.3792	-1.2676		
65.10	00:00:05,1	15.15	54.59	575	ULA - RV	53.6774	0.0537	1.0850	6.8173	42.7365	4.2737	1.9195	1.4525	17.0646	79.6173	-1.2700		
66.94	00:00:05,0	15.15	55.64	575	ULA - RV	53.1581	0.0532	1.1157	7.0099	43.5192	4.3519	1.9473	1.4706	17.5467	81.8676	-1.2741		
68.78	00:00:05,0	15.15	56.81	575	ULA - RV	52.8526	0.0529	1.1463	7.2026	44.4585	4.4458	1.9744	1.4920	18.0290	84.1179	-1.2765		
70.61	00:00:05,0	15.15	57.92	575	ULA - RV	52.4798	0.0525	1.1768	7.3943	45.3195	4.5319	2.0007	1.5112	18.5089	86.3560	-1.2798		
72.45	00:00:05,0	15.18	59.00	575	ULA - RV	52.1187	0.0521	1.2075	7.5869	46.1805	4.6180	2.0264	1.5300	18.9910	88.6064	-1.2832		
74.29	00:00:05,0	15.18	60.07	575	ULA - RV	51.7755	0.0518	1.2382	7.7796	47.0415	4.7041	2.0515	1.5484	19.4733	90.8567	-1.2857		

76.12	00:00:05.0	15.18	61.18	575	ULA - RV	51.4556	0.0515	1.2687	7.9713	47.9025	4.7902	2.0758	1.5666	19.9532	93.0948	-1.2882		
77.96	00:00:05.0	15.18	62.22	575	ULA - RV	51.0621	0.0511	1.2993	8.1640	48.6852	4.8685	2.0997	1.5828	20.4355	95.3451	-1.2916		
79.80	00:00:05.1	15.18	63.32	575	ULA - RV	50.7669	0.0508	1.3300	8.3566	49.5462	4.9546	2.1231	1.6003	20.9176	97.5954	-1.2941		
81.63	00:00:05.0	15.18	64.32	575	ULA - RV	50.4128	0.0504	1.3605	8.5483	50.3289	5.0329	2.1457	1.6160	21.3975	99.8335	-1.2976		
83.47	00:00:05.0	15.18	65.38	575	ULA - RV	50.1450	0.0501	1.3912	8.7410	51.1899	5.1190	2.1680	1.6330	21.8798	102.0838	-1.3002		
85.31	00:00:05.0	15.20	66.44	575	ULA - RV	49.8136	0.0498	1.4218	8.9336	51.9726	5.1973	2.1898	1.6481	22.3620	104.3341	-1.3028		
87.14	00:00:05.0	15.19	67.45	575	ULA - RV	49.5754	0.0496	1.4523	9.1253	52.8336	5.2834	2.2110	1.6646	22.8418	106.5722	-1.3045		
88.98	00:00:05.1	15.19	68.42	575	ULA - RV	49.1976	0.0492	1.4830	9.3180	53.5380	5.3538	2.2319	1.6778	23.3242	108.8225	-1.3080		
90.82	00:00:05.0	15.17	69.48	575	ULA - RV	48.9760	0.0490	1.5137	9.5106	54.3990	5.4399	2.2524	1.6938	23.8063	111.0729	-1.3098		
92.65	00:00:05.0	15.15	70.44	575	ULA - RV	48.6303	0.0486	1.5442	9.7023	55.1035	5.5103	2.2724	1.7066	24.2861	113.3110	-1.3134		
94.49	00:00:05.1	15.15	71.44	575	ULA - RV	48.3607	0.0484	1.5748	9.8950	55.8862	5.5886	2.2920	1.7207	24.7685	115.5613	-1.3152		
96.33	00:00:05.0	15.15	72.41	575	ULA - RV	48.1013	0.0481	1.6055	10.0877	56.6689	5.6669	2.3113	1.7346	25.2508	117.8116	-1.3179		
98.16	00:00:05.1	15.15	73.40	575	ULA - RV	47.8566	0.0479	1.6360	10.2793	57.4516	5.7452	2.3301	1.7484	25.7304	120.0497	-1.3197		
100.00	00:00:05.0	15.15	74.29	575	ULA - RV	47.5520	0.0476	1.6667	10.4720	58.1561	5.8156	2.3487	1.7605	26.2128	122.3000	-1.3224		
10.00	00:00:05.2	25.35	8.84	575	ULA - RV	58.3200	0.0563	0.1667	1.0472	6.8879	0.6888	0.0461	-0.3728	2.6213	12.2300	-1.2495		
12.86	00:00:05.0	25.33	11.02	575	ULA - RV	54.7434	0.0547	0.2143	1.3467	8.6099	0.8610	0.2977	-0.1497	3.3710	15.7278	-1.2620	0.7990	0.0577
15.71	00:00:05.0	25.30	13.11	575	ULA - RV	53.3673	0.0534	0.2618	1.6451	10.2536	1.0254	0.4978	0.0250	4.1179	19.2133	-1.2725		
18.57	00:00:05.0	25.30	15.05	575	ULA - RV	52.0409	0.0520	0.3095	1.9446	11.8191	1.1819	0.6651	0.1671	4.8676	22.7111	-1.2840		
21.43	00:00:05.0	25.35	16.99	575	ULA - RV	50.7699	0.0508	0.3572	2.2441	13.3062	1.3306	0.8083	0.2856	5.6173	26.2089	-1.2941		
24.29	00:00:05.0	25.33	18.89	575	ULA - RV	49.7983	0.0498	0.4048	2.5436	14.7934	1.4793	0.9336	0.3916	6.3670	29.7067	-1.3028		
27.14	00:00:05.1	25.33	20.72	575	ULA - RV	48.8136	0.0488	0.4523	2.8421	16.2023	1.6202	1.0445	0.4826	7.1141	33.1922	-1.3116		
30.00	00:00:05.0	25.35	22.51	575	ULA - RV	48.0000	0.0480	0.5000	3.1416	17.6112	1.7611	1.1447	0.5659	7.8638	36.6900	-1.3188		
32.86	00:00:05.0	25.33	24.29	575	ULA - RV	47.3281	0.0473	0.5477	3.4411	19.0201	1.9020	1.2358	0.6429	8.6135	40.1878	-1.3251		
35.71	00:00:05.0	25.35	25.97	575	ULA - RV	46.5976	0.0466	0.5952	3.7395	20.3507	2.0351	1.3190	0.7105	9.3605	43.6733	-1.3316		
38.57	00:00:05.1	25.30	27.67	575	ULA - RV	45.9632	0.0460	0.6428	4.0390	21.6813	2.1681	1.3960	0.7739	10.1101	47.1711	-1.3372		
41.43	00:00:05.0	25.35	29.26	575	ULA - RV	45.2619	0.0453	0.6905	4.3385	22.9337	2.2934	1.4675	0.8300	10.8598	50.6689	-1.3439		
44.29	00:00:05.1	25.35	30.95	575	ULA - RV	44.6512	0.0447	0.7382	4.6380	24.1860	2.4186	1.5343	0.8832	11.6095	54.1667	-1.3497		
47.14	00:00:05.1	25.35	32.52	575	ULA - RV	44.1239	0.0441	0.7857	4.9365	25.4384	2.5438	1.5967	0.9337	12.3567	57.6522	-1.3556		
50.00	00:00:05.0	25.35	34.06	575	ULA - RV	43.6480	0.0436	0.8333	5.2360	26.6908	2.6691	1.6556	0.9817	13.1064	61.1500	-1.3605		
52.86	00:00:05.0	25.35	35.62	575	ULA - RV	43.1025	0.0431	0.8810	5.5355	27.8648	2.7865	1.7112	1.0248	13.8561	64.6478	-1.3655		
55.71	00:00:05.1	25.35	37.17	575	ULA - RV	42.7356	0.0427	0.9285	5.8339	29.1172	2.9117	1.7637	1.0687	14.6030	68.1333	-1.3696		
58.57	00:00:05.1	25.38	38.68	575	ULA - RV	42.2879	0.0423	0.9762	6.1334	30.2913	3.0291	1.8138	1.1083	15.3527	71.6311	-1.3737		
61.43	00:00:05.0	25.38	40.15	575	ULA - RV	41.7776	0.0418	1.0238	6.4329	31.3871	3.1387	1.8614	1.1438	16.1024	75.1289	-1.3788		
64.29	00:00:05.0	25.38	41.64	575	ULA - RV	41.4124	0.0414	1.0715	6.7324	32.5612	3.2561	1.9069	1.1805	16.8521	78.6267	-1.3830		
67.14	00:00:05.1	25.35	43.04	575	ULA - RV	40.9890	0.0410	1.1190	7.0309	33.6570	3.3657	1.9503	1.2136	17.5992	82.1122	-1.3872		
70.00	00:00:05.1	25.38	44.46	575	ULA - RV	40.6857	0.0407	1.1667	7.3304	34.8310	3.4831	1.9920	1.2479	18.3489	85.6100	-1.3904		
72.86	00:00:05.0	25.35	45.86	575	ULA - RV	40.3184	0.0403	1.2143	7.6299	35.9268	3.5927	2.0321	1.2789	19.0986	89.1078	-1.3947		
75.71	00:00:05.1	25.35	47.25	575	ULA - RV	39.9842	0.0400	1.2618	7.9283	37.0227	3.7023	2.0704	1.3089	19.8456	92.5933	-1.3979		
78.57	00:00:05.1	25.35	48.64	575	ULA - RV	39.5876	0.0396	1.3095	8.2278	38.0402	3.8040	2.1075	1.3361	20.5952	96.0911	-1.4023		
81.43	00:00:05.1	25.35	50.02	575	ULA - RV	39.2976	0.0393	1.3572	8.5273	39.1360	3.9136	2.1433	1.3645	21.3449	99.5889	-1.4056		

84.29	00:00:05.0	25.38	51.34	575	ULA - RV	38.9512	0.0390	1.4048	8.8268	40.1535	4.0154	2.1778	1.3901	22.0946	103.0867	-1.4089		
87.14	00:00:05.0	25.38	52.65	575	ULA - RV	38.6321	0.0386	1.4523	9.1253	41.1711	4.1171	2.2110	1.4152	22.8418	106.5722	-1.4134		
90.00	00:00:05.0	25.35	53.98	575	ULA - RV	38.4000	0.0384	1.5000	9.4248	42.2669	4.2267	2.2433	1.4414	23.5915	110.0700	-1.4157		
92.86	00:00:05.0	25.35	55.28	575	ULA - RV	38.1133	0.0381	1.5477	9.7243	43.2844	4.3284	2.2746	1.4652	24.3412	113.5678	-1.4191		
95.71	00:00:05.0	25.38	56.53	575	ULA - RV	37.7808	0.0378	1.5952	10.0227	44.2237	4.4224	2.3049	1.4867	25.0881	117.0533	-1.4225		
98.57	00:00:05.0	25.38	57.84	575	ULA - RV	37.5287	0.0375	1.6428	10.3222	45.2412	4.5241	2.3343	1.5094	25.8378	120.5511	-1.4260		
101.40	00:00:05.0	25.38	59.08	575	ULA - RV	37.3018	0.0373	1.6900	10.6186	46.2588	4.6259	2.3626	1.5317	26.5797	124.0122	-1.4283		
104.30	00:00:05.1	25.38	60.37	575	ULA - RV	37.0623	0.0371	1.7383	10.9223	47.2763	4.7276	2.3908	1.5534	27.3399	127.5589	-1.4306		
107.10	00:00:05.0	25.38	61.60	575	ULA - RV	36.8105	0.0368	1.7850	11.2155	48.2156	4.8216	2.4173	1.5731	28.0738	130.9833	-1.4342		
110.00	00:00:05.1	25.38	62.83	575	ULA - RV	36.5382	0.0365	1.8333	11.5192	49.1548	4.9155	2.4440	1.5924	28.8340	134.5300	-1.4377		
112.90	00:00:05.1	25.38	64.10	575	ULA - RV	36.3366	0.0363	1.8817	11.8229	50.1724	5.0172	2.4700	1.6129	29.5942	138.0767	-1.4401		
115.70	00:00:05.0	25.38	65.26	575	ULA - RV	36.1210	0.0361	1.9283	12.1161	51.1116	5.1112	2.4945	1.6314	30.3282	141.5011	-1.4425		
118.60	00:00:05.1	25.38	66.43	575	ULA - RV	35.8314	0.0358	1.9767	12.4198	51.9726	5.1973	2.5193	1.6481	31.0884	145.0478	-1.4461		
121.40	00:00:05.0	25.38	67.60	575	ULA - RV	35.6376	0.0356	2.0233	12.7130	52.9119	5.2912	2.5426	1.6660	31.8223	148.4722	-1.4486		
124.30	00:00:05.1	25.38	68.81	575	ULA - RV	35.4240	0.0354	2.0717	13.0167	53.8511	5.3851	2.5662	1.6836	32.5825	152.0189	-1.4510		
127.10	00:00:05.0	25.38	69.95	575	ULA - RV	35.2478	0.0352	2.1183	13.3099	54.7904	5.4790	2.5885	1.7009	33.3164	155.4433	-1.4535		
130.00	00:00:05.0	25.40	71.11	575	ULA - RV	35.0031	0.0350	2.1667	13.6136	55.6514	5.5651	2.6111	1.7165	34.0766	158.9900	-1.4559		
132.90	00:00:05.0	25.38	72.28	575	ULA - RV	34.8172	0.0348	2.2150	13.9173	56.5907	5.6591	2.6331	1.7333	34.8368	162.5367	-1.4584		
135.70	00:00:05.1	25.38	73.39	575	ULA - RV	34.6175	0.0346	2.2617	14.2105	57.4516	5.7452	2.6540	1.7484	35.5707	166.9611	-1.4609		
138.60	00:00:05.0	25.38	74.55	575	ULA - RV	34.4012	0.0344	2.3100	14.5142	58.3126	5.8313	2.6751	1.7632	36.3309	169.5078	-1.4634		
141.40	00:00:05.0	25.38	75.64	575	ULA - RV	34.2178	0.0342	2.3567	14.8074	59.1736	5.9174	2.6951	1.7779	37.0648	172.9322	-1.4660		
144.30	00:00:05.0	25.40	76.80	575	ULA - RV	34.0624	0.0341	2.4050	15.1111	60.1129	6.0113	2.7154	1.7936	37.8250	176.4789	-1.4672		
147.10	00:00:05.0	25.38	77.83	575	ULA - RV	33.8491	0.0338	2.4517	15.4043	60.8956	6.0896	2.7346	1.8066	38.5589	179.9033	-1.4711		
150.00	00:00:05.0	25.40	78.96	575	ULA - RV	33.7067	0.0337	2.5000	15.7080	61.8349	6.1835	2.7542	1.8219	39.3191	183.4500	-1.4724		
10.00	00:00:05.1	34.80	7.85	575	ULA - RV	49.9200	0.0499	0.1667	1.0472	6.1052	0.6105	0.0461	-0.4934	2.7094	12.2300	-1.3019		
12.86	00:00:05.1	34.80	9.67	575	ULA - RV	48.2737	0.0483	0.2143	1.3467	7.5924	0.7592	0.2977	-0.2754	3.4843	15.7278	-1.3161	0.7730	0.0501
15.71	00:00:05.1	34.80	11.40	575	ULA - RV	46.4418	0.0464	0.2618	1.6451	8.9230	0.8923	0.4978	-0.1140	4.2564	19.2133	-1.3335		
18.57	00:00:05.1	34.78	13.03	575	ULA - RV	44.8034	0.0448	0.3095	1.9446	10.1754	1.0175	0.6651	0.0174	5.0313	22.7111	-1.3487		
21.43	00:00:05.1	34.75	14.54	575	ULA - RV	43.3038	0.0433	0.3572	2.2441	11.3494	1.1349	0.8083	0.1266	5.8062	26.2089	-1.3635		
24.29	00:00:05.0	34.78	16.07	575	ULA - RV	42.4207	0.0424	0.4048	2.5436	12.6018	1.2602	0.9336	0.2313	6.5811	29.7067	-1.3726		
27.14	00:00:05.0	34.78	17.53	575	ULA - RV	41.2675	0.0413	0.4523	2.8421	13.6976	1.3698	1.0445	0.3146	7.3534	33.1922	-1.3840		
30.00	00:00:05.0	34.80	18.96	575	ULA - RV	40.5333	0.0405	0.5000	3.1416	14.8717	1.4872	1.1447	0.3969	8.1283	36.6900	-1.3925		
32.86	00:00:05.0	34.78	20.34	575	ULA - RV	39.5374	0.0395	0.5477	3.4411	15.8892	1.5889	1.2358	0.4631	8.9032	40.1878	-1.4034		
35.71	00:00:05.0	34.78	21.67	575	ULA - RV	38.8911	0.0389	0.5952	3.7395	16.9850	1.6985	1.3190	0.5297	9.6753	43.6733	-1.4101		
38.57	00:00:05.1	34.80	23.02	575	ULA - RV	38.1644	0.0382	0.6428	4.0390	18.0026	1.8003	1.3960	0.5879	10.4502	47.1711	-1.4179		
41.43	00:00:05.1	34.78	24.36	575	ULA - RV	37.6925	0.0377	0.6905	4.3385	19.0984	1.9098	1.4675	0.6470	11.2251	50.6689	-1.4237		
44.29	00:00:05.0	34.78	25.69	575	ULA - RV	37.1371	0.0371	0.7382	4.6380	20.1159	2.0116	1.5343	0.6989	12.0000	54.1667	-1.4306		
47.14	00:00:05.0	34.78	26.96	575	ULA - RV	36.6568	0.0367	0.7857	4.9365	21.1334	2.1133	1.5967	0.7483	12.7723	57.6522	-1.4353		
50.00	00:00:05.0	34.80	28.21	575	ULA - RV	36.0960	0.0361	0.8333	5.2360	22.0727	2.2073	1.6556	0.7918	13.5472	61.1500	-1.4425		
52.86	00:00:05.0	34.80	29.43	575	ULA - RV	35.5959	0.0356	0.8810	5.5355	23.0120	2.3012	1.7112	0.8334	14.3221	64.6478	-1.4486		

55.71	00:00:05.1	34.78	30.70	575	ULA - RV	35.2684	0.0353	0.9285	5.8339	24.0295	2.4030	1.7637	0.8767	15.0942	68.1333	-1.4522		
58.57	00:00:05.0	34.78	31.91	575	ULA - RV	34.8574	0.0349	0.9762	6.1334	24.9688	2.4969	1.8138	0.9150	15.8691	71.6311	-1.4572		
61.43	00:00:05.1	34.80	33.09	575	ULA - RV	34.4848	0.0345	1.0238	6.4329	25.9080	2.5908	1.8614	0.9520	16.6440	75.1289	-1.4622		
64.29	00:00:05.0	34.78	34.23	575	ULA - RV	34.0457	0.0340	1.0715	6.7324	26.7690	2.6769	1.9069	0.9847	17.4189	78.6267	-1.4685		
67.14	00:00:05.1	34.80	35.42	575	ULA - RV	33.7444	0.0337	1.1190	7.0309	27.7083	2.7708	1.9503	1.0191	18.1912	82.1122	-1.4724		
70.00	00:00:05.0	34.78	36.56	575	ULA - RV	33.4629	0.0335	1.1667	7.3304	28.6476	2.8648	1.9920	1.0525	18.9661	85.6100	-1.4750		
72.86	00:00:05.1	34.83	37.68	575	ULA - RV	33.1156	0.0331	1.2143	7.6299	29.5085	2.9509	2.0321	1.0821	19.7410	89.1078	-1.4802		
75.71	00:00:05.0	34.78	38.74	575	ULA - RV	32.7143	0.0327	1.2618	7.9283	30.2913	3.0291	2.0704	1.1083	20.5131	92.5933	-1.4855		
78.57	00:00:05.0	34.78	39.92	575	ULA - RV	32.5010	0.0325	1.3095	8.2278	31.2305	3.1231	2.1075	1.1388	21.2880	96.0911	-1.4881		
81.43	00:00:05.0	34.78	40.97	575	ULA - RV	32.2240	0.0322	1.3572	8.5273	32.0915	3.2092	2.1433	1.1660	22.0629	99.5889	-1.4921		
84.29	00:00:05.0	34.80	42.06	575	ULA - RV	31.9658	0.0320	1.4048	8.8268	32.9525	3.2953	2.1778	1.1925	22.8378	103.0867	-1.4949		
87.14	00:00:05.0	34.78	43.17	575	ULA - RV	31.7283	0.0317	1.4523	9.1253	33.8135	3.3814	2.2110	1.2183	23.6101	106.5722	-1.4989		
90.00	00:00:05.0	34.78	44.17	575	ULA - RV	31.4311	0.0314	1.5000	9.4248	34.5962	3.4596	2.2433	1.2412	24.3850	110.0700	-1.5031		
92.86	00:00:05.0	34.78	45.27	575	ULA - RV	31.2212	0.0312	1.5477	9.7243	35.4572	3.5457	2.2746	1.2657	25.1599	113.5678	-1.5058		
95.71	00:00:05.0	34.80	46.33	575	ULA - RV	30.9602	0.0310	1.5952	10.0227	36.2399	3.6240	2.3049	1.2876	25.9320	117.0533	-1.5086		
98.57	00:00:05.0	34.80	47.35	575	ULA - RV	30.7761	0.0308	1.6428	10.3222	37.1009	3.7101	2.3343	1.3111	26.7069	120.5511	-1.5114		
101.40	00:00:05.0	34.80	48.37	575	ULA - RV	30.5483	0.0305	1.6900	10.6186	37.8836	3.7884	2.3626	1.3319	27.4737	124.0122	-1.5157		
104.30	00:00:05.0	34.78	49.40	575	ULA - RV	30.3126	0.0303	1.7383	10.9223	38.6664	3.8666	2.3908	1.3524	28.2595	127.5589	-1.5186		
107.10	00:00:05.0	34.83	50.42	575	ULA - RV	30.1176	0.0301	1.7850	11.2155	39.4491	3.9449	2.4173	1.3724	29.0181	130.9833	-1.5214		
110.00	00:00:05.0	34.78	51.44	575	ULA - RV	29.9055	0.0299	1.8333	11.5192	40.2318	4.0232	2.4440	1.3921	29.8039	134.5300	-1.5243		
112.90	00:00:05.0	34.78	52.48	575	ULA - RV	29.7609	0.0298	1.8817	11.8229	41.0928	4.1093	2.4700	1.4132	30.5897	138.0767	-1.5258		
115.70	00:00:05.0	34.80	53.44	575	ULA - RV	29.5385	0.0295	1.9283	12.1161	41.7972	4.1797	2.4945	1.4302	31.3483	141.5011	-1.5302		
118.60	00:00:05.1	34.80	54.37	575	ULA - RV	29.3558	0.0294	1.9767	12.4198	42.5800	4.2580	2.5193	1.4488	32.1340	145.0478	-1.5317		
121.40	00:00:05.1	34.78	55.39	575	ULA - RV	29.2059	0.0292	2.0233	12.7130	43.3627	4.3363	2.5426	1.4670	32.8926	148.4722	-1.5346		
124.30	00:00:05.1	34.83	56.38	575	ULA - RV	29.0394	0.0290	2.0717	13.0167	44.1454	4.4145	2.5662	1.4849	33.6784	152.0189	-1.5376		
127.10	00:00:05.0	34.80	57.31	575	ULA - RV	28.8529	0.0289	2.1183	13.3099	44.8499	4.4850	2.5885	1.5007	34.4370	155.4433	-1.5391		
130.00	00:00:05.0	34.80	58.27	575	ULA - RV	28.7015	0.0287	2.1667	13.6136	45.6326	4.5633	2.6111	1.5180	35.2228	158.9900	-1.5421		
132.90	00:00:05.1	34.78	59.22	575	ULA - RV	28.5087	0.0285	2.2150	13.9173	46.3370	4.6337	2.6331	1.5334	36.0085	162.5367	-1.5452		
135.70	00:00:05.0	34.78	60.14	575	ULA - RV	28.3449	0.0283	2.2617	14.2105	47.0415	4.7041	2.6540	1.5484	36.7671	165.9611	-1.5482		
138.60	00:00:05.0	34.80	61.10	575	ULA - RV	28.2136	0.0282	2.3100	14.5142	47.8242	4.7824	2.6751	1.5649	37.5529	169.5078	-1.5498		
141.40	00:00:05.1	34.80	62.01	575	ULA - RV	28.0622	0.0281	2.3567	14.8074	48.5286	4.8529	2.6951	1.5796	38.3115	172.9322	-1.5513		
144.30	00:00:05.1	34.80	62.97	575	ULA - RV	27.9418	0.0279	2.4050	15.1111	49.3114	4.9311	2.7154	1.5956	39.0973	176.4789	-1.5544		
147.10	00:00:05.1	34.80	63.81	575	ULA - RV	27.7580	0.0278	2.4517	15.4043	49.9375	4.9938	2.7346	1.6082	39.8559	179.9033	-1.5560		
150.00	00:00:05.0	34.80	64.76	575	ULA - RV	27.6480	0.0276	2.5000	15.7080	50.7203	5.0720	2.7542	1.6237	40.6417	183.4500	-1.5591		

34.0610

FUENTE: Elaboración propia.

## **ANEXO 05**

### **DATOS EXPERIMENTALES DE NÉCTAR DE QUINUA E HIGO**

**(CMC = 1,50 %)**

Velocidad Spindle (rpm)	Intervalo Lectura (seg)	Temp. Trabajo (°C)	% Par	Bath	Husillo Modelo	Viscosidad Aparente (cP)	Viscosidad Aparente (Pa.s)	Velocidad Spindle (rps)	Velocidad Angular (rad/s)	Esfuerzo Corte (dina/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Corte (Pa)	Ln(Ω)	Ln(σ <sub>n</sub> )	Velocidad Corte (s <sup>-1</sup> )	Gradiente Velocidad	Viscosidad Aparente =log(Ua)	Índice Comp. Flujo (n)	Índice Cons. Flujo k(Pa.s <sup>n</sup> )
10.00	00:00:05,2	15.15	12.36	575	ULA - RV	79.3600	0.0794	0.1667	1.0472	9.7057	0.9706	0.0461	-0.0299	2.8037	12.2300	-1.1002		
12.86	00:00:05,1	15.13	15.28	575	ULA - RV	76.1431	0.0761	0.2143	1.3467	11.9756	1.1976	0.2977	0.1803	3.6056	15.7278	-1.1186	0.7470	0.0823
15.71	00:00:05,1	15.28	18.16	575	ULA - RV	74.1439	0.0741	0.2618	1.6451	14.2455	1.4246	0.4978	0.3539	4.4046	19.2133	-1.1302		
18.57	00:00:05,0	15.25	20.74	575	ULA - RV	71.3409	0.0713	0.3095	1.9446	16.2023	1.6202	0.6651	0.4826	5.2064	22.7111	-1.1469		
21.43	00:00:05,0	15.20	23.32	575	ULA - RV	69.5847	0.0696	0.3572	2.2441	18.2374	1.8237	0.8083	0.6009	6.0083	26.2089	-1.1574		
24.29	00:00:05,0	15.20	25.77	575	ULA - RV	67.9786	0.0680	0.4048	2.5436	20.1942	2.0194	0.9336	0.7028	6.8102	29.7067	-1.1675		
27.14	00:00:05,0	15.18	28.14	575	ULA - RV	66.2638	0.0663	0.4523	2.8421	21.9944	2.1994	1.0445	0.7882	7.6094	33.1922	-1.1785		
30.00	00:00:05,0	15.15	30.47	575	ULA - RV	65.0667	0.0651	0.5000	3.1416	23.8730	2.3873	1.1447	0.8702	8.4112	36.6900	-1.1864		
32.86	00:00:05,1	15.13	32.69	575	ULA - RV	63.6884	0.0637	0.5477	3.4411	25.5949	2.5595	1.2358	0.9398	9.2131	40.1878	-1.1959		
35.71	00:00:05,0	15.10	34.81	575	ULA - RV	62.3691	0.0624	0.5952	3.7395	27.2387	2.7239	1.3190	1.0021	10.0120	43.6733	-1.2048		
38.57	00:00:05,0	15.10	36.95	575	ULA - RV	61.3949	0.0614	0.6428	4.0390	28.9606	2.8961	1.3960	1.0634	10.8139	47.1711	-1.2118		
41.43	00:00:05,0	15.18	38.99	575	ULA - RV	60.2462	0.0602	0.6905	4.3385	30.5261	3.0526	1.4675	1.1160	11.6158	50.6689	-1.2204		
44.29	00:00:05,0	15.15	41.08	575	ULA - RV	59.3904	0.0594	0.7382	4.6380	32.1698	3.2170	1.5343	1.1684	12.4177	54.1667	-1.2262		
47.14	00:00:05,1	15.13	43.05	575	ULA - RV	58.3793	0.0584	0.7857	4.9365	33.6570	3.3657	1.5967	1.2136	13.2169	57.6522	-1.2336		
50.00	00:00:05,0	15.13	44.92	575	ULA - RV	57.4720	0.0575	0.8333	5.2360	35.1441	3.5144	1.6556	1.2569	14.0187	61.1500	-1.2403		
52.86	00:00:05,0	15.13	46.82	575	ULA - RV	56.6629	0.0567	0.8810	5.5355	36.6313	3.6631	1.7112	1.2983	14.8206	64.6478	-1.2464		
55.71	00:00:05,0	15.10	48.74	575	ULA - RV	55.9469	0.0559	0.9285	5.8339	38.1185	3.8118	1.7637	1.3381	15.6195	68.1333	-1.2526		
58.57	00:00:05,0	15.10	50.60	575	ULA - RV	55.2911	0.0553	0.9762	6.1334	39.6056	3.9606	1.8138	1.3764	16.4214	71.6311	-1.2573		
61.43	00:00:05,1	15.13	52.37	575	ULA - RV	54.5922	0.0546	1.0238	6.4329	41.0145	4.1015	1.8614	1.4113	17.2233	75.1289	-1.2628		
64.29	00:00:05,0	15.10	54.14	575	ULA - RV	53.8560	0.0539	1.0715	6.7324	42.3452	4.2345	1.9069	1.4433	18.0252	78.6267	-1.2684		
67.14	00:00:05,0	15.10	55.90	575	ULA - RV	53.2857	0.0533	1.1190	7.0309	43.7540	4.3754	1.9503	1.4760	18.8244	82.1122	-1.2733		
70.00	00:00:05,1	15.10	57.61	575	ULA - RV	52.6629	0.0527	1.1667	7.3304	45.0847	4.5085	1.9920	1.5060	19.6262	85.6100	-1.2782		
72.86	00:00:05,1	15.13	59.27	575	ULA - RV	52.0889	0.0521	1.2143	7.6299	46.4153	4.6415	2.0321	1.5350	20.4281	89.1078	-1.2832		
75.71	00:00:05,0	15.13	60.89	575	ULA - RV	51.4806	0.0515	1.2618	7.9283	47.6676	4.7668	2.0704	1.5617	21.2270	92.5933	-1.2882		
78.57	00:00:05,1	15.10	62.58	575	ULA - RV	50.9915	0.0510	1.3095	8.2278	48.9983	4.8998	2.1075	1.5892	22.0289	96.0911	-1.2924		
81.43	00:00:05,0	15.13	64.17	575	ULA - RV	50.4581	0.0505	1.3572	8.5273	50.2506	5.0251	2.1433	1.6144	22.8308	99.5889	-1.2967		
84.29	00:00:05,0	15.13	65.76	575	ULA - RV	49.9608	0.0500	1.4048	8.8268	51.5030	5.1503	2.1778	1.6391	23.6327	103.0867	-1.3010		
87.14	00:00:05,1	15.13	67.28	575	ULA - RV	49.4285	0.0494	1.4523	9.1253	52.6771	5.2677	2.2110	1.6616	24.4319	106.5722	-1.3063		
90.00	00:00:05,0	15.13	68.80	575	ULA - RV	48.9244	0.0489	1.5000	9.4248	53.8511	5.3851	2.2433	1.6836	25.2337	110.0700	-1.3107		
92.86	00:00:05,0	15.13	70.31	575	ULA - RV	48.4514	0.0485	1.5477	9.7243	55.0252	5.5025	2.2746	1.7052	26.0356	113.5678	-1.3143		
95.71	00:00:05,1	15.15	71.79	575	ULA - RV	48.0117	0.0480	1.5952	10.0227	56.1993	5.6199	2.3049	1.7263	26.8345	117.0533	-1.3188		
98.57	00:00:05,1	15.15	73.33	575	ULA - RV	47.5926	0.0476	1.6428	10.3222	57.3734	5.7373	2.3343	1.7470	27.6364	120.5511	-1.3224		
101.40	00:00:05,0	15.15	74.74	575	ULA - RV	47.1479	0.0471	1.6900	10.6186	58.4692	5.8469	2.3626	1.7659	28.4300	124.0122	-1.3270		
104.30	00:00:05,1	15.15	76.22	575	ULA - RV	46.7574	0.0468	1.7383	10.9223	59.6433	5.9643	2.3908	1.7858	29.2431	127.5589	-1.3298		
107.10	00:00:05,0	15.18	77.66	575	ULA - RV	46.4314	0.0464	1.7850	11.2155	60.8173	6.0817	2.4173	1.8053	30.0281	130.9833	-1.3335		
110.00	00:00:05,0	15.18	79.05	575	ULA - RV	45.9636	0.0460	1.8333	11.5192	61.8349	6.1835	2.4440	1.8219	30.8412	134.5300	-1.3372		

112.90	00:00:05,1	15.18	80.45	575	ULA - RV	45.6333	0.0456	1.8817	11.8229	63.0090	6.3009	2.4700	1.8407	31.6544	138.0767	-1.3410		
115.70	00:00:05,1	15.18	81.79	575	ULA - RV	45.2481	0.0452	1.9283	12.1161	64.0265	6.4026	2.4945	1.8567	32.4394	141.5011	-1.3449		
118.60	00:00:05,0	15.18	83.12	575	ULA - RV	44.8432	0.0448	1.9767	12.4198	65.0440	6.5044	2.5193	1.8725	33.2525	145.0478	-1.3487		
121.40	00:00:05,1	15.18	84.49	575	ULA - RV	44.5470	0.0445	2.0233	12.7130	66.1398	6.6140	2.5426	1.8892	34.0375	148.4722	-1.3516		
124.30	00:00:05,0	15.18	85.84	575	ULA - RV	44.1770	0.0442	2.0717	13.0167	67.1574	6.7157	2.5662	1.9045	34.8506	152.0189	-1.3546		
127.10	00:00:05,1	15.20	87.10	575	ULA - RV	43.8584	0.0439	2.1183	13.3099	68.1749	6.8175	2.5885	1.9195	35.6356	155.4433	-1.3575		
130.00	00:00:05,0	15.19	88.41	575	ULA - RV	43.5200	0.0435	2.1667	13.6136	69.1924	6.9192	2.6111	1.9343	36.4487	158.9900	-1.3615		
132.90	00:00:05,0	15.19	89.68	575	ULA - RV	43.1964	0.0432	2.2150	13.9173	70.2100	7.0210	2.6331	1.9489	37.2618	162.5367	-1.3645		
135.70	00:00:05,0	15.17	90.96	575	ULA - RV	42.9182	0.0429	2.2617	14.2105	71.2275	7.1228	2.6540	1.9633	38.0469	165.9611	-1.3675		
138.60	00:00:05,1	15.15	92.22	575	ULA - RV	42.5743	0.0426	2.3100	14.5142	72.1668	7.2167	2.6751	1.9764	38.8600	169.5078	-1.3706		
141.40	00:00:05,0	15.15	93.51	575	ULA - RV	42.3197	0.0423	2.3567	14.8074	73.1843	7.3184	2.6951	1.9904	39.6450	172.9322	-1.3737		
144.30	00:00:05,0	15.15	94.76	575	ULA - RV	42.0457	0.0420	2.4050	15.1111	74.2019	7.4202	2.7154	2.0042	40.4581	176.4789	-1.3768		
147.10	00:00:05,0	15.15	95.95	575	ULA - RV	41.7675	0.0418	2.4517	15.4043	75.1411	7.5141	2.7346	2.0168	41.2431	179.9033	-1.3788		
150.00	00:00:05,1	15.15	97.18	575	ULA - RV	41.4720	0.0415	2.5000	15.7080	76.0804	7.6080	2.7542	2.0292	42.0562	183.4500	-1.3820		
10.00	00:00:05,1	25.48	10.74	575	ULA - RV	68.4800	0.0685	0.1667	1.0472	8.3751	0.8375	0.0461	-0.1773	2.6817	12.2300	-1.1643		
12.86	00:00:05,1	25.48	13.40	575	ULA - RV	66.6874	0.0667	0.2143	1.3467	10.4884	1.0488	0.2977	0.0477	3.4487	15.7278	-1.1759	0.7810	0.0716
15.71	00:00:05,0	25.48	15.95	575	ULA - RV	64.7740	0.0648	0.2618	1.6451	12.4452	1.2445	0.4978	0.2188	4.2128	19.2133	-1.1884		
18.57	00:00:05,0	25.48	18.44	575	ULA - RV	63.4141	0.0634	0.3095	1.9446	14.4020	1.4402	0.6651	0.3648	4.9798	22.7111	-1.1979		
21.43	00:00:05,0	25.48	20.81	575	ULA - RV	62.1185	0.0621	0.3572	2.2441	16.2806	1.6281	0.8083	0.4874	5.7467	26.2089	-1.2069		
24.29	00:00:05,0	25.50	23.15	575	ULA - RV	60.8646	0.0609	0.4048	2.5436	18.0808	1.8081	0.9336	0.5923	6.5137	29.7067	-1.2154		
27.14	00:00:05,0	25.48	25.37	575	ULA - RV	59.8968	0.0599	0.4523	2.8421	19.8811	1.9881	1.0445	0.6872	7.2781	33.1922	-1.2226		
30.00	00:00:05,0	25.50	27.55	575	ULA - RV	58.8800	0.0589	0.5000	3.1416	21.6031	2.1603	1.1447	0.7703	8.0451	36.8900	-1.2299		
32.86	00:00:05,0	25.50	29.70	575	ULA - RV	57.8454	0.0578	0.5477	3.4411	23.2468	2.3247	1.2358	0.8436	8.8120	40.1878	-1.2381		
35.71	00:00:05,1	25.48	31.75	575	ULA - RV	56.9924	0.0570	0.5952	3.7395	24.8905	2.4890	1.3190	0.9119	9.5762	43.6733	-1.2441		
38.57	00:00:05,1	25.50	33.77	575	ULA - RV	56.0850	0.0561	0.6428	4.0390	26.4559	2.6456	1.3960	0.9729	10.3431	47.1711	-1.2510		
41.43	00:00:05,1	25.48	35.71	575	ULA - RV	55.1484	0.0551	0.6905	4.3385	27.9431	2.7943	1.4675	1.0276	11.1101	50.6689	-1.2588		
44.29	00:00:05,1	25.50	37.66	575	ULA - RV	54.4773	0.0545	0.7382	4.6380	29.5085	2.9509	1.5343	1.0821	11.8771	54.1667	-1.2636		
47.14	00:00:05,0	25.48	39.57	575	ULA - RV	53.7633	0.0538	0.7857	4.9365	30.9957	3.0996	1.5967	1.1313	12.6415	57.6522	-1.2692		
50.00	00:00:05,0	25.50	41.40	575	ULA - RV	52.9920	0.0530	0.8333	5.2360	32.4046	3.2405	1.6556	1.1757	13.4085	61.1500	-1.2757		
52.86	00:00:05,0	25.50	43.23	575	ULA - RV	52.3042	0.0523	0.8810	5.5355	33.8135	3.3814	1.7112	1.2183	14.1754	64.6478	-1.2815		
55.71	00:00:05,0	25.48	45.05	575	ULA - RV	51.6963	0.0517	0.9285	5.8339	35.2224	3.5222	1.7637	1.2591	14.9396	68.1333	-1.2865		
58.57	00:00:05,1	25.50	46.80	575	ULA - RV	51.1388	0.0511	0.9762	6.1334	36.6313	3.6631	1.8138	1.2983	15.7065	71.6311	-1.2916		
61.43	00:00:05,1	25.48	48.49	575	ULA - RV	50.5291	0.0505	1.0238	6.4329	37.9619	3.7962	1.8614	1.3340	16.4735	75.1289	-1.2967		
64.29	00:00:05,0	25.50	50.19	575	ULA - RV	49.9736	0.0500	1.0715	6.7324	39.2925	3.9293	1.9069	1.3684	17.2405	78.6267	-1.3010		
67.14	00:00:05,1	25.48	51.83	575	ULA - RV	49.3774	0.0494	1.1190	7.0309	40.5449	4.0545	1.9503	1.3998	18.0049	82.1122	-1.3063		
70.00	00:00:05,0	25.50	53.48	575	ULA - RV	48.9143	0.0489	1.1667	7.3304	41.8755	4.1876	1.9920	1.4321	18.7718	85.6100	-1.3107		
72.86	00:00:05,1	25.50	55.08	575	ULA - RV	48.3997	0.0484	1.2143	7.6299	43.1279	4.3128	2.0321	1.4616	19.5388	89.1078	-1.3152		
75.71	00:00:05,1	25.50	56.67	575	ULA - RV	47.9303	0.0479	1.2618	7.9283	44.3802	4.4380	2.0704	1.4902	20.3029	92.5933	-1.3197		
78.57	00:00:05,0	25.50	58.30	575	ULA - RV	47.4889	0.0475	1.3095	8.2278	45.6326	4.5633	2.1075	1.5180	21.0699	96.0911	-1.3233		
81.43	00:00:05,0	25.50	59.87	575	ULA - RV	47.0785	0.0471	1.3572	8.5273	46.8849	4.6885	2.1433	1.5451	21.8369	99.5889	-1.3270		

84.29	00:00:05,0	25.50	61.41	575	ULA - RV	46.6200	0.0466	1.4048	8.8268	48.0590	4.8059	2.1778	1.5698	22.6038	103.0867	-1.3316		
87.14	00:00:05,1	25.50	62.91	575	ULA - RV	46.1969	0.0462	1.4523	9.1253	49.2331	4.9233	2.2110	1.5940	23.3682	106.5722	-1.3354		
90.00	00:00:05,0	25.53	64.44	575	ULA - RV	45.7956	0.0458	1.5000	9.4248	50.4072	5.0407	2.2433	1.6175	24.1352	110.0700	-1.3391		
92.86	00:00:05,0	25.50	65.89	575	ULA - RV	45.4189	0.0454	1.5477	9.7243	51.5812	5.1581	2.2746	1.6406	24.9022	113.5678	-1.3429		
95.71	00:00:05,1	25.50	67.35	575	ULA - RV	45.0026	0.0450	1.5952	10.0227	52.6771	5.2677	2.3049	1.6616	25.6663	117.0533	-1.3468		
98.57	00:00:05,1	25.53	68.85	575	ULA - RV	44.6708	0.0447	1.6428	10.3222	53.8511	5.3851	2.3343	1.6836	26.4333	120.5511	-1.3497		
101.40	00:00:05,0	25.53	70.22	575	ULA - RV	44.3077	0.0443	1.6900	10.6186	54.9469	5.4947	2.3626	1.7038	27.1923	124.0122	-1.3536		
104.30	00:00:05,1	25.50	71.72	575	ULA - RV	43.9962	0.0440	1.7383	10.9223	56.1210	5.6121	2.3908	1.7249	27.9700	127.5589	-1.3565		
107.10	00:00:05,0	25.50	73.13	575	ULA - RV	43.6825	0.0437	1.7850	11.2155	57.2168	5.7217	2.4173	1.7443	28.7209	130.9833	-1.3595		
110.00	00:00:05,0	25.50	74.54	575	ULA - RV	43.3455	0.0433	1.8333	11.5192	58.3126	5.8313	2.4440	1.7632	29.4986	134.5300	-1.3635		
112.90	00:00:05,1	25.55	75.93	575	ULA - RV	43.0257	0.0430	1.8817	11.8229	59.4084	5.9408	2.4700	1.7819	30.2763	138.0767	-1.3665		
115.70	00:00:05,1	25.53	77.22	575	ULA - RV	42.7035	0.0427	1.9283	12.1161	60.4260	6.0426	2.4945	1.7988	31.0271	141.5011	-1.3696		
118.60	00:00:05,0	25.53	78.52	575	ULA - RV	42.3609	0.0424	1.9767	12.4198	61.4435	6.1444	2.5193	1.8155	31.8049	145.0478	-1.3726		
121.40	00:00:05,0	25.53	79.89	575	ULA - RV	42.1219	0.0421	2.0233	12.7130	62.5393	6.2539	2.5426	1.8332	32.5557	148.4722	-1.3757		
124.30	00:00:05,0	25.53	81.25	575	ULA - RV	41.8600	0.0419	2.0717	13.0167	63.6351	6.3635	2.5662	1.8506	33.3334	152.0189	-1.3778		
127.10	00:00:05,0	25.50	82.48	575	ULA - RV	41.5421	0.0415	2.1183	13.3099	64.5744	6.4574	2.5885	1.8652	34.0843	155.4433	-1.3820		
130.00	00:00:05,0	25.53	83.79	575	ULA - RV	41.2554	0.0413	2.1667	13.6136	65.5919	6.5592	2.6111	1.8809	34.8620	158.9900	-1.3840		
132.90	00:00:05,0	25.53	85.06	575	ULA - RV	40.9812	0.0410	2.2150	13.9173	66.6095	6.6609	2.6331	1.8963	35.6397	162.5367	-1.3872		
135.70	00:00:05,0	25.55	86.31	575	ULA - RV	40.7015	0.0407	2.2617	14.2105	67.5487	6.7549	2.6540	1.9103	36.3905	165.9611	-1.3904		
138.60	00:00:05,0	25.53	87.58	575	ULA - RV	40.4502	0.0405	2.3100	14.5142	68.5663	6.8566	2.6751	1.9252	37.1682	169.5078	-1.3925		
141.40	00:00:05,1	25.55	88.79	575	ULA - RV	40.1924	0.0402	2.3567	14.8074	69.5055	6.9506	2.6951	1.9388	37.9191	172.9322	-1.3958		
144.30	00:00:05,0	25.55	90.07	575	ULA - RV	39.9612	0.0400	2.4050	15.1111	70.5231	7.0523	2.7154	1.9534	38.6968	176.4789	-1.3979		
147.10	00:00:05,1	25.58	91.25	575	ULA - RV	39.7226	0.0397	2.4517	15.4043	71.4623	7.1462	2.7346	1.9666	39.4476	179.9033	-1.4012		
150.00	00:00:05,1	25.55	92.47	575	ULA - RV	39.4667	0.0395	2.5000	15.7080	72.4016	7.2402	2.7542	1.9796	40.2254	183.4500	-1.4034		
10.00	00:00:05,1	34.80	8.54	575	ULA - RV	54.4000	0.0544	0.1667	1.0472	6.6531	0.6653	0.0461	-0.4075	2.7094	12.2300	-1.2644		
12.86	00:00:05,0	34.78	10.53	575	ULA - RV	52.2551	0.0523	0.2143	1.3467	8.2186	0.8219	0.2977	-0.1962	3.4843	15.7278	-1.2815	0.7730	0.0552
15.71	00:00:05,0	34.78	12.41	575	ULA - RV	50.5156	0.0505	0.2618	1.6451	9.7057	0.9706	0.4978	-0.0299	4.2564	19.2133	-1.2967		
18.57	00:00:05,0	34.78	14.25	575	ULA - RV	49.2838	0.0493	0.3095	1.9446	11.1929	1.1193	0.6651	0.1127	5.0313	22.7111	-1.3072		
21.43	00:00:05,1	34.80	16.00	575	ULA - RV	47.7835	0.0478	0.3572	2.2441	12.5235	1.2524	0.8083	0.2250	5.8062	26.2089	-1.3206		
24.29	00:00:05,1	34.78	17.68	575	ULA - RV	46.6365	0.0466	0.4048	2.5436	13.8541	1.3854	0.9336	0.3260	6.5811	29.7067	-1.3316		
27.14	00:00:05,1	34.78	19.27	575	ULA - RV	45.5122	0.0455	0.4523	2.8421	15.1065	1.5106	1.0445	0.4125	7.3534	33.1922	-1.3420		
30.00	00:00:05,1	34.80	20.89	575	ULA - RV	44.5867	0.0446	0.5000	3.1416	16.3588	1.6359	1.1447	0.4922	8.1283	36.6900	-1.3507		
32.86	00:00:05,0	34.78	22.44	575	ULA - RV	43.6275	0.0436	0.5477	3.4411	17.5329	1.7533	1.2358	0.5615	8.9032	40.1878	-1.3605		
35.71	00:00:05,0	34.78	23.96	575	ULA - RV	43.0132	0.0430	0.5952	3.7395	18.7853	1.8785	1.3190	0.6305	9.6753	43.6733	-1.3665		
38.57	00:00:05,0	34.78	25.43	575	ULA - RV	42.1467	0.0421	0.6428	4.0390	19.8811	1.9881	1.3960	0.6872	10.4502	47.1711	-1.3757		
41.43	00:00:05,1	34.78	26.91	575	ULA - RV	41.5544	0.0416	0.6905	4.3385	21.0552	2.1055	1.4675	0.7446	11.2251	50.6689	-1.3809		
44.29	00:00:05,1	34.78	28.32	575	ULA - RV	40.8941	0.0409	0.7382	4.6380	22.1510	2.2151	1.5343	0.7953	12.0000	54.1667	-1.3883		
47.14	00:00:05,1	34.80	29.74	575	ULA - RV	40.3224	0.0403	0.7857	4.9365	23.2468	2.3247	1.5967	0.8436	12.7723	57.6522	-1.3947		
50.00	00:00:05,0	34.78	31.10	575	ULA - RV	39.8080	0.0398	0.8333	5.2360	24.3426	2.4343	1.6556	0.8896	13.5472	61.1500	-1.4001		
52.86	00:00:05,0	34.78	32.52	575	ULA - RV	39.3492	0.0393	0.8810	5.5355	25.4384	2.5438	1.7112	0.9337	14.3221	64.6478	-1.4056		

55.71	00:00:05,0	34.78	33.89	575	ULA - RV	38.9445	0.0389	0.9285	5.8339	26.5342	2.6534	1.7637	0.9758	15.0942	68.1333	-1.4101		
58.57	00:00:05,0	34.78	35.19	575	ULA - RV	38.4634	0.0385	0.9762	6.1334	27.5517	2.7552	1.8138	1.0135	15.8691	71.6311	-1.4145		
61.43	00:00:05,0	34.80	36.52	575	ULA - RV	38.0270	0.0380	1.0238	6.4329	28.5693	2.8569	1.8614	1.0497	16.6440	75.1289	-1.4202		
64.29	00:00:05,0	34.78	37.83	575	ULA - RV	37.6295	0.0376	1.0715	6.7324	29.5868	2.9587	1.9069	1.0847	17.4189	78.6267	-1.4248		
67.14	00:00:05,0	34.80	39.09	575	ULA - RV	37.2714	0.0373	1.1190	7.0309	30.6044	3.0604	1.9503	1.1186	18.1912	82.1122	-1.4283		
70.00	00:00:05,0	34.78	40.35	575	ULA - RV	36.9371	0.0369	1.1667	7.3304	31.6219	3.1622	1.9920	1.1513	18.9661	85.6100	-1.4330		
72.86	00:00:05,0	34.80	41.55	575	ULA - RV	36.4535	0.0365	1.2143	7.6299	32.4829	3.2483	2.0321	1.1781	19.7410	89.1078	-1.4377		
75.71	00:00:05,0	34.80	42.78	575	ULA - RV	36.1802	0.0362	1.2618	7.9283	33.5004	3.3500	2.0704	1.2090	20.5131	92.5933	-1.4413		
78.57	00:00:05,0	34.80	43.98	575	ULA - RV	35.8407	0.0358	1.3095	8.2278	34.4397	3.4440	2.1075	1.2366	21.2880	96.0911	-1.4461		
81.43	00:00:05,1	34.78	45.18	575	ULA - RV	35.5250	0.0355	1.3572	8.5273	35.3789	3.5379	2.1433	1.2635	22.0629	99.5889	-1.4498		
84.29	00:00:05,0	34.80	46.37	575	ULA - RV	35.2308	0.0352	1.4048	8.8268	36.3182	3.6318	2.1778	1.2897	22.8378	103.0867	-1.4535		
87.14	00:00:05,0	34.78	47.50	575	ULA - RV	34.8864	0.0349	1.4523	9.1253	37.1792	3.7179	2.2110	1.3132	23.6101	106.5722	-1.4572		
90.00	00:00:05,1	34.78	48.66	575	ULA - RV	34.6311	0.0346	1.5000	9.4248	38.1185	3.8118	2.2433	1.3381	24.3850	110.0700	-1.4609		
92.86	00:00:05,0	34.80	49.77	575	ULA - RV	34.3226	0.0343	1.5477	9.7243	38.9795	3.8979	2.2746	1.3604	25.1599	113.5678	-1.4647		
95.71	00:00:05,0	34.78	50.88	575	ULA - RV	34.0362	0.0340	1.5952	10.0227	39.8404	3.9840	2.3049	1.3823	25.9320	117.0533	-1.4685		
98.57	00:00:05,0	34.78	52.02	575	ULA - RV	33.7628	0.0338	1.6428	10.3222	40.7014	4.0701	2.3343	1.4037	26.7069	120.5511	-1.4711		
101.40	00:00:05,0	34.80	53.11	575	ULA - RV	33.5148	0.0335	1.6900	10.6186	41.5624	4.1562	2.3626	1.4246	27.4737	124.0122	-1.4750		
104.30	00:00:05,1	34.80	54.23	575	ULA - RV	33.2579	0.0333	1.7383	10.9223	42.4234	4.2423	2.3908	1.4451	28.2595	127.5589	-1.4776		
107.10	00:00:05,0	34.78	55.33	575	ULA - RV	33.0458	0.0330	1.7850	11.2155	43.2844	4.3284	2.4173	1.4652	29.0181	130.9833	-1.4815		
110.00	00:00:05,1	34.78	56.42	575	ULA - RV	32.8145	0.0328	1.8333	11.5192	44.1454	4.4145	2.4440	1.4849	29.8039	134.5300	-1.4841		
112.90	00:00:05,0	34.80	57.48	575	ULA - RV	32.5952	0.0326	1.8817	11.8229	45.0064	4.5006	2.4700	1.5042	30.5897	138.0767	-1.4868		
115.70	00:00:05,0	34.80	58.52	575	ULA - RV	32.3596	0.0324	1.9283	12.1161	45.7891	4.5789	2.4945	1.5215	31.3483	141.5011	-1.4895		
118.60	00:00:05,0	34.78	59.54	575	ULA - RV	32.1079	0.0321	1.9767	12.4198	46.5718	4.6572	2.5193	1.5384	32.1340	145.0478	-1.4935		
121.40	00:00:05,0	34.80	60.61	575	ULA - RV	31.9473	0.0319	2.0233	12.7130	47.4328	4.7433	2.5426	1.5567	32.8926	148.4722	-1.4962		
124.30	00:00:05,0	34.78	61.66	575	ULA - RV	31.7683	0.0318	2.0717	13.0167	48.2938	4.8294	2.5662	1.5747	33.6784	152.0189	-1.4976		
127.10	00:00:05,1	34.78	62.65	575	ULA - RV	31.5216	0.0315	2.1183	13.3099	48.9983	4.8998	2.5885	1.5892	34.4370	155.4433	-1.5017		
130.00	00:00:05,0	34.80	63.72	575	ULA - RV	31.3600	0.0314	2.1667	13.6136	49.8593	4.9859	2.6111	1.6066	35.2228	158.9900	-1.5031		
132.90	00:00:05,0	34.78	64.74	575	ULA - RV	31.1573	0.0312	2.2150	13.9173	50.6420	5.0642	2.6331	1.6222	36.0085	162.5367	-1.5058		
135.70	00:00:05,1	34.80	65.66	575	ULA - RV	30.9860	0.0310	2.2617	14.2105	51.4247	5.1425	2.6540	1.6375	36.7671	165.9611	-1.5086		
138.60	00:00:05,0	34.80	66.68	575	ULA - RV	30.7994	0.0308	2.3100	14.5142	52.2074	5.2207	2.6751	1.6526	37.5529	169.5078	-1.5114		
141.40	00:00:05,0	34.78	67.70	575	ULA - RV	30.6421	0.0306	2.3567	14.8074	52.9901	5.2990	2.6951	1.6675	38.3115	172.9322	-1.5143		
144.30	00:00:05,0	34.78	68.74	575	ULA - RV	30.4699	0.0305	2.4050	15.1111	53.7729	5.3773	2.7154	1.6822	39.0973	176.4789	-1.5157		
147.10	00:00:05,1	34.78	69.68	575	ULA - RV	30.3249	0.0303	2.4517	15.4043	54.5556	5.4556	2.7346	1.6966	39.8559	179.9033	-1.5186		
150.00	00:00:05,0	34.78	70.67	575	ULA - RV	30.1653	0.0302	2.5000	15.7080	55.3383	5.5338	2.7542	1.7109	40.6417	183.4500	-1.5200		
						37.4134												

FUENTE: Elaboración propia.

**ANEXO 06**

**PANEL FOTOGRÁFICO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE  
NÉCTAR DE QUINUA E HIGO**



**VISTA 01:**Materia prima (quinua).



**VISTA 02:** Materia prima (higo).



**VISTA 03:** Pesado de materia prima (quinua).



**VISTA 04:** Preparación de materia prima (higo).



**VISTA 05:** CMC; Bensoato de Sodio, Acido Citrico y Azúcar.



**VISTA 06:** Juego de tamices.



**VISTA 07:** Mezclado y trituration (higo).



**VISTA 08:** Tamizado (higo).



**VISTA 09:** Cocción (quínua).



**VISTA 10:** Tamizado (quínua).



**VISTA 11:** Producto listo para envasado.



**VISTA 12:** Presentacion del producto.

## ANEXO 07

### TABLAS COMPARATIVAS DE BEBIDAS NATURALES

**Tabla A-02. Cantidades de Pulpa Utilizada para la Elaboración de las Bebidas**

<b>ALIMENTOS REQUERIDOS</b>	<b>CANTIDAD (g)</b>	<b>CANTIDAD (%)</b>	<b>CANTIDAD TOTAL</b>	<b>TOTAL (%)</b>
Quinua	2 330	70	3 330	100
Papayita	1 000	30		
Cebada	1 166	70	1 666	100
Maracuyá	0,500	30		
Kiwicha	2 330	70	3 330	100
Mango	1 000	30		
Cañihua	2 330	70	3 330	100
Higo	1 000	30		

FUENTE: TELLO y colaboradores, 2005.

**Tabla A-03. Disoluciones Preparadas y las Cantidades obtenidas para la Elaboración de las Bebidas**

<b>PRODUCTO ELABORADO</b>	<b>PROPORCIÓN DE DILUCIÓN Pulpa: Agua</b>	<b>CANTIDAD OBTENIDA (litros)</b>
Quinua / papayita	1 : 4	16,65
Cebada / Maracayá	1 : 5	9,96
Kiwicha / Mango	1 : 3,5	14,98
Cañihua / higo	1 : 4	16,65

FUENTE: TELLO y colaboradores, 2005.

**Tabla A-04. Adición del Edulcorante y Obtención del peso Final de Bebidas**

<b>PRODUCTO ELABORADO</b>	<b>EDULCORANTE AZUCAR BLANCA (Kg)</b>	<b>PESO INICIAL DE DILUCIÓN</b>	<b>PESO FINAL DE PRODUCCION</b>
Quinoa / papayita	1,89	16,65	18,54
Cebada / maracuyá	1,27	9,96	11,23
Kiwicha/ mango	1,82	14,98	16,8
Cañihua / higo	2,28	16,65	18,93

FUENTE: TELLO y colaboradores, 2005.

**Tabla A-05. Adición de Acido Cítrico en la Elaboración de las Bebidas**

<b>PRODUCTO ELABORADO</b>	<b>ACIDO CITRICO</b>	
	<b>G/ Kg</b>	<b>CANTIDAD TOTAL (g)</b>
Quinoa / Papayita	1,5 * 1	27,81
Cebada / maracuya	1,5 * 1	16,84
Kiwicha /mango	2 * 1	33,6
Cañihua / higo	2 * 1	37,86

FUENTE: TELLO y colaboradores, 2005.

**Tabla A-06. Adición de Estabilizante y Conservante para la Elaboración de las Bebidas**

<b>PRODUCTOS ELABORADOS</b>	<b>ESTABILIZANTE (CMC)</b>		<b>CONSERVANTE (BENZOATO DE SODIO)</b>	
	<b>GRAMOS</b>	<b>PORCENTAJE</b>	<b>GRAMOS</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Quinoa / Papayita	18,5	0,10	9,27	0,05
Cebada / maracuya	16,84	0,15	5,61	0,05
Kiwicha /mango	11,76	0,07	8,4	0,05
Cañihua / higo	13,25	0,07	9,46	0,05

FUENTE: TELLO y colaboradores, 2005

**Tabla A-07. Determinación del pH del Producto al Inicio y al Final de la Elaboración de las Bebidas**

PRODUCTOS ELABORADOS	pH INICIAL	pH FINAL
Quinoa / Papayita	3,0	3,5
Cebada / maracuya	2,8	3,5
Kiwicha /mango	3,0	3,5
Cañihua / higo	3,2	3,5

FUENTE: TELLO y colaboradores, 2005

**Tabla A-08. Determinación de los Grados Brix del Producto al Inicio y al Final de la Elaboración de las Bebidas**

PRODUCTOS ELABORADOS	° BRIX INICIAL	° BRIX FINAL
Quinoa / Papayita	4,2	14
Cebada / maracuya	2,95	14
Kiwicha /mango	3,5	14
Cañihua / higo	2,2	14

FUENTE: TELLO y colaboradores, 2005.

**Tabla A-09. Análisis Organoléptico de Acuerdo al Color de las Bebidas**

PRODUCTOS ELABORADOS	COLOR					Total
	Excelente (5)	Muy bueno (4)	Bueno (3)	Regular (2)	Malo (1)	
Quinoa - papaya	05	04	01	0	0	10
Cebada-maracuya	05	03	02	0	0	10
Kiwicha-mango	07	02	01	0	0	10
Cañihua-higo	05	03	02	0	0	10
Total	22	12	06	0	0	40

FUENTE: TELLO y colaboradores, 2005.

**Tabla A-10. Defectos, Causas y Posibles Soluciones.**

Crecimiento de microorganismos o fermentación	Frutas en mal estado. pH inadecuado. Falta de medidas de higiene y salubridad	Utilizar frutas frescas y sanos, Regular correctamente el pH. Realizar la limpieza de higiene de las instalaciones y equipos.
Separación de fases	Deficiente prensado o pulseado. Excesiva cantidad de agua. Poca cantidad de estabilizante. Inadecuada homogenización.	Realizar un buen pulpeado. Incorporar el H <sub>2</sub> O en proporción correcta. Adicionar la cantidad necesaria de estabilizante Realizar una adecuada homogenización.
Cambio de color	Falta o inadecuada precocción de fruta. Demasiado tiempo y temperatura de pasteurización. Fermentación del néctar.	Precocción adecuada para la fruta. Pasteurizar adecuadamente. Evitar la fermentación.
Cambio de Sabor	Exceso de ácido. Falta o exceso de azúcar.	Regular el pH y los °Brix del néctar.
Falta de Consistencia	Falta de estabilizante. Exceso de agua. Fermentación del néctar.	Adición adecuada de estabilizantes. Incorporar agua en las proporciones correctas.

FUENTE: Coronado y colaboradores, 2001

**Tabla A-11. Características Químicas para Higos Semi Maduros.**

Composición	Pulpa	Cáscara	Integro
Pectina	0.1426g/100g	0.2964g/100g	-
Azúcares total	-	-	5.18%
Azúcares reduct.	-	-	4.29%
Humedad	85.15%	86.80%	-
Sólidos insolubles	-	-	1.64%
Sólidos solubles	0.35%	0.25%	-
Sólidos totales	-	-	1.64%
Cenizas	0.35%	0.25%	-
Acidez (ác. cítrico/100g)	-	-	0.26
°Brix	14.58	12.33	-
Proteína	1.31%	1.44%	-
Lípidos	0.33%	0.30%	-
pH	5.00	5.22	-

FUENTE: Pacco y colaboradores, 2004

**Tabla A-12. Aplicación de Equipos Reológicos en Función de Fluidos**

<b>Tipo de Fluido</b>	<b>Aparato</b>
Fluidos newtonianos de viscosidad media y baja.	Viscosímetro capilar y viscosímetro hidrostático.
Fluidos plásticos, pseudoplásticos y dilatantes.	Viscosímetros capilares de presión externa regulada, viscosímetro rotacionales de cilindros coaxiales y viscosímetro de cono y placa.
Fluidos tixotrópico y reopéctico	Viscosímetro rotacionales de cilindros coaxiales y viscosímetro de cono y placa.
Fluidos newtonianos de viscosidad alta y muy alta.	Viscosímetros capilares de presión externa regulada, viscosímetros placas deslizantes.
Fluidos viscoelásticos	Reogoniómetro con registrador

FUENTE: Hermida y colaboradores, 2000.

**Tabla A-13. Algunas Valores Gradientes de Velocidad de corte**

<b>Comportamiento</b>	<b>Gradiente de velocidad (s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Aplicación</b>
Sedimentación de polvo fino.	10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-4</sup>	Pinturas, medicamentos
Lisaje (tensión)	10 <sup>-2</sup> - 10 <sup>-1</sup>	Pinturas, tintas
Drenaje (gravedad)	10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>1</sup>	Pinturas, recubrimientos
Extrusión	10 <sup>0</sup> - 10 <sup>2</sup>	Polímeros
Masticación	10 <sup>1</sup> - 10 <sup>2</sup>	Alimentos
Agitación - mezclado	10 <sup>1</sup> - 10 <sup>3</sup>	Líquidos acuosos
Flujo en Tuberías	10 <sup>0</sup> - 10 <sup>3</sup>	Líquidos
Atomización, brochazo	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>4</sup>	Pinturas, combustibles
Molienda de Pigmentos	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>5</sup>	Pinturas, tintas.
Friccionar	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>5</sup>	Cremas, lociones.
Recub. Alta velocidad	10 <sup>5</sup> - 10 <sup>6</sup>	recubrimientos
Lubricación	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>7</sup>	Motores gasolina

FUENTE: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/aulas/aula04-reologia.pdf>.

**ANEXO 08**

**CARACTERÍSTICAS DEL VISCOSIMETRO BROOKFIELD DV-II+  
PROGRAMMABLE VISCOMETER**

**MODELO RVDV-II+**

## I. INTRODUCCIÓN

The Brookfield Programmable DV-II+ Viscometer measures fluid viscosity at given shear rates. Viscosity is a measure of a fluid's resistance to flow. You will find a detailed description of the mathematics of viscosity in the Brookfield publication "More Solutions to Sticky Problems" a copy of which was included with your DV-II+.

The principal of operation of the DV-II+ is to drive a spindle (which is immersed in the test fluid) through a calibrated spring. The viscous drag of the fluid against the spindle is measured by the spring deflection. Spring deflection is measured with a rotary transducer. The measurement range of a DV-II+ (in centipoise or milliPascal seconds) is determined by the rotational speed of the spindle, the size and shape of the spindle, the container the spindle is rotating in, and the full scale torque of the calibrated spring.

There are four basic spring torque series offered by Brookfield:

<u>Model</u>	<u>dyne-cm</u>	<u>mili Newton - m</u>
LVDV-II+	673.7	0.0673
RVDV-II+	7,187.0	0.7187
HADV-II+	14,374.0	1.4374
HBVDV-II+	57,496.0	5.7496

The higher the torque calibration, the higher the measurement range. The measurement range for each torque calibration may be found in Appendix B.

All units of measurement are displayed according to either the CGS system or the SI system.

1. Viscosity appears in units of centipoise (shown as "cP") or milliPascal-seconds (shown as "mPa•s") on the DV-II+ Viscometer display.
2. Shear Stress appears in units of dynes/square centimeter ("D/cm<sup>2</sup>") or Newtons/square meter ("N/m<sup>2</sup>").
3. Shear Rate appears in units of reciprocal seconds ("1/SEC").
4. Torque appears in units of dyne-centimeters or Newton-meters (shown as percent "%" in both cases) on the DV-II+ Viscometer display.

The equivalent units of measurement in the SI system are calculated using the following conversions:

	<u>SI</u>	<u>CGS</u>
Viscosity:	1 mPa•s	= 1 cP
Shear Stress:	1 Newton/m <sup>2</sup>	= 10 dyne/cm <sup>2</sup>
Torque:	1 Newton-m	= 107 dyne-cm

References to viscosity throughout this manual are done in CGS units. The DV-II+ Viscometer provides equivalent information in SI units.

## Appendix B – Viscosity Ranges

Viscosity ranges shown are for operational speeds 0.1 through 200 rpm.

LV Viscometer with LV spindles #1-4 and  
RV/HA/HB Viscometers with spindles #1-7

Viscosity Range (cP)		
Viscometer	Minimum	Maximum
LVDV-II+	15	6,000,000
RVDV-II+	100	40,000,000
HADV-II+	200	80,000,000
HBDV-II+	800	320,000,000

Small Sample Adapter and Thermosel

SSA and Thermosel Spindle	Viscosity (cP)				Shear Rate 1 <sup>o</sup> sec-1
	LVDV-II+	RVDV-II+	HADV-II+	HBDV-II+	
Ⓢ SC4-14	58.6 - 1,171.00	625 - 12,500,000	1,250 - 25,000,000	5,000 - 100,000,000	.40N
Ⓢ SC4-15	23.4 - 468,650	250 - 5,000,000	500 - 10,000,000	2,000 - 40,000,000	.48N
Ⓢ SC4-16	60 - 1,199,700	640 - 12,800,000	1,280 - 25,600,000	5,120 - 102,400,000	.29N
SC4-18	1.25 - 30,000	16 - 320,000	32 - 640,000	128 - 2,560,000	1.32N
SC4-21	2.4 - 46,865	25 - 500,000	50 - 1,000,000	200 - 4,000,000	.93N
SC4-25	240 - 4,790,000	2,560 - 51,200,000	5,120 - 102,400,000	20,480 - 409,600,000	.22N
SC4-27	11.7 - 234,325	125 - 2,500,000	250 - 5,000,000	1,000 - 20,000,000	.34N
SC4-28	23.4 - 468,650	250 - 5,000,000	500 - 10,000,000	2,000 - 40,000,000	.28N
SC4-29	46.9 - 937,300	500 - 10,000,000	1,000 - 20,000,000	4,000 - 80,000,000	.25N
SC4-31	15 - 300,000	160 - 3,200,000	320 - 6,400,000	1,280 - 25,600,000	.34N
SC4-34	30 - 600,000	320 - 6,400,000	640 - 12,800,000	2,560 - 51,200,000	.28N

Ⓢ This spindle used with Small Sample Adapter only

① N represents speed in RPM. For example, spindle SC4-14 operated at 5 rpm has a shear rate of  $0.40 \times 5 = 2.0$  sec-1

Range and spindle constant information for spindles 82 and 83 are listed on Brookfield Technical Sheet T95-954. Consult Brookfield or your Brookfield dealer for information on spindles 81 and 37.

UL Spindle	Viscosity (cP)				Shear Rate sec-1
	LVDV-II+	RVDV-II+	HADV-II+	HBDV-II+	
YULA-15 or 15Z	1 - 2,000	3.2 - 2,000	6.4 - 2,000	25.6 - 2,000	1.22N

### DIN Adapter Accessory

DAA Spindle	Viscosity (cP)				Shear Rate sec-1
	LVDV-II+	RVDV-II+	HADV-II+	HBDV-II+	
85	0.6 - 5,000	6.1 - 5,000	12.2 - 5,000	48.8 - 5,000	1.22N
86	1.8 - 10,000	18.2 - 10,000	36.5 - 10,000	146 - 10,000	1.29N
87	5.7 - 50,000	61 - 50,000	121 - 50,000	485 - 50,000	1.29N

### Spiral Adapter

Spiral Spindle	Viscosity (cP)				Shear Rate sec-1
	LVDV-II+	RVDV-II+	HADV-II+	HBDV-II+	
SA-70	98 - 98,500	1,050-1,050,000	2,100-2,100,000	8,400 - 8,400,000	.00677 - .677N (1-100 RPM)

### Helipath with T-Bar Spindle

T-Bar Spindle	Viscosity (cP)			
	LVDV-II+	RVDV-II+	HADV-II+	HBDV-II+
T-A	156 - 187,460	2,000 - 2,000,000	4,000 - 4,000,000	16,000 - 16,000,000
T-B	312 - 374,920	4,000 - 4,000,000	8,000 - 8,000,000	32,000 - 32,000,000
T-C	780 - 937,300	10,000 - 10,000,000	20,000 - 20,000,000	80,000 - 80,000,000
T-D	1,560 - 1,874,600	20,000 - 20,000,000	40,000 - 40,000,000	160,000 - 160,000,000
T-E	3,900 - 4,686,500	50,000 - 50,000,000	100,000 - 100,000,000	400,000 - 400,000,000
T-F	7,800 - 9,373,000	100,000 - 100,000,000	200,000 - 200,000,000	800,000 - 800,000,000

In taking viscosity measurements with the DV-II+ Viscometer there are two considerations which pertain to the low viscosity limit of effective measurement.

- 1) Viscosity measurements should be accepted within the equivalent % Torque Range from 10% to 100% for any combination of spindle/speed rotation.
- 2) Viscosity measurements should be taken under laminar flow conditions, not under turbulent flow conditions.

The first consideration has to do with the precision of the instrument. All DV-II+ Viscometers have a full scale range precision of (+/-) 1% of any spindle/speed rotation. We discourage taking readings below 10% of range because the potential viscosity error of (+/-) 1% is a relatively high number compared to the instrument reading.

second consideration involves the mechanics of fluid flow. All rheological measurements of fluid flow properties should be made under laminar flow conditions. Laminar flow is flow wherein all particle movement is in layers directed by the shearing force. For rotational systems, this means all fluid movement must be circumferential. When the inertial forces on the fluid become too great, the fluid can break into turbulent flow wherein the movement of fluid particles becomes random and the flow can not be analyzed with standard math models. This turbulence creates a falsely high Viscometer reading with the degree of non-linear increase in reading being directly related to the degree of turbulence in the fluid.

For the following geometries, we have found that an approximate transition point to turbulent flow occurs:

- 1) No. 1 LV Spindle: 15 cP at 60 RPM
- 2) No. 1 RV Spindle: 100 cP at 50 RPM
- 3) UL Adapter: 0.85 cP at 60 RPM

Turbulent conditions will exist in these situations whenever the RPM/cP ratio exceeds the values listed above.

## Appendix C – Variables in Viscosity Measurements

As with any instrument measurement, there are variables that can affect a Viscometer measurement. These variables may be related to the instrument (Viscometer), or the test fluid. Variables related to the test fluid deal with the rheological properties of the fluid, while instrument variables would include the Viscometer design and the spindle geometry system utilized.

### Rheological Properties

Fluids have different rheological characteristics that can be described by Viscometer measurements. We can then work with these fluids to suit our lab or process conditions.

There are two categories of fluids:

**Newtonian** - These fluids have the same viscosity at different Shear Rates (different RPMs) and are called Newtonian over the Shear Rate range they are measured.

**Non – Newtonian** - These fluids have different viscosities at different shear rates (different RPMs). They fall into two groups

- 1) Time Independent non-Newtonian
- 2) Time Dependent non-Newtonian

The time dependency is the time they are held at a given Shear Rate (RPM). They are non-Newtonian, and when you change the Viscometer spindle speed, you get a different viscosity.

**Pseudoplastic** - A pseudoplastic material displays a decrease in viscosity with an increase in shear rate, and is also known as “shear thinning”. If you take Viscometer readings from a low to a high RPM and then back to the low RPM, and the readings fall upon themselves, the material is time independent pseudoplastic and shear thinning.

**Thixotropic** - A thixotropic material has decreasing viscosity under constant shear rate. If you set a Viscometer at a constant speed recording cP values over time and find that the cP values decrease with time, the material is thixotropic.

Brookfield publication, “More Solutions to Sticky Problems” includes a more detailed discussion of rheological properties and non-Newtonian behavior.

### Viscometer Related Variables

Most fluid viscosities are found to be non-Newtonian. They are dependent on Shear Rate and the spindle geometry conditions. The specifications of the Viscometer spindle and chamber geometry will affect the viscosity readings. If one reading is taken at 2.5 rpm, and a second at 50 rpm, the two cP values produced will be different because the readings were made at different shear rates. The faster the spindle speed, the higher the shear rate.

## Appendix D – Spindle and Model Codes

Each spindle has a two digit entry code which is entered via the keypad on the DV-II+. The entry code allows the DV-II+ to calculate Viscosity, Shear Rate and Shear Stress values.

Each spindle has two constants which are used in these calculations. The Spindle Multiplier Constant (SMC) used for viscosity and shear stress calculations, and the Shear Rate Constant (SRC), used for shear rate and shear stress calculations. Note that where SRC = 0, no shear rate/shear stress calculations are done and the data displayed is zero (0) for these functions.

Table D1

SPINDLE	ENTRY CODE	SMC	SRC
RV1	01	1	0
RV2	02	4	0
RV3	03	10	0
RV4	04	20	0
RV5	05	40	0
RV6	06	100	0
RV7	07	400	0
HA1	01	1	0
HA2	02	4	0
HA3	03	10	0
HA4	04	20	0
HA5	05	40	0
HA6	06	100	0
HA7	07	400	0
HB1	01	1	0
HB2	02	4	0
HB3	03	10	0
HB4	04	20	0
HB5	05	40	0
HB6	06	100	0
HB7	07	400	0
LV1	61	6.4	0
LV2	62	32	0
LV3	63	128	0
LV4	64	640	0
LV5	65	1280	0
Spiral	70	105	0.677
T-A	91	20	0
T-B	92	40	0
T-C	93	100	0
T-D	94	200	0
T-E	95	500	0
T-F	96	1000	0
ULA	00	0.64	1.223
DIN-81	81	3.7	1.29
DIN-82	82	3.75	1.29
DIN-83	83	12.09	1.29
DIN-85	85	1.22	1.29
DIN-86	86	3.65	1.29

Table D1 (continued)

SC4-14	14	125	0.4
SC4-15	15	50	0.48
SC4-16	16	128	0.2929
SC4-18	18	3.2	1.32
SC4-21	21	5	0.93
SC4-25	25	512	0.22
SC4-27	27	25	0.34
SC4-28	28	50	0.28
SC4-29	29	100	0.25
SC4-31	31	32	0.34
SC4-34	34	64	0.28
SC4-37	37	25	0.36
CPE-40	40	0.327	7.5
CPE-41	41	1.228	2
CPE-42	42	0.64	3.8
CPE-51	51	5.12	3.84
CPE-52	52	9.83	2

Table D2 lists the model codes and spring torque constants for each Viscometer model.

Table D2

MODEL	TK	MODEL CODE ON DV-II+ SCREEN
LVDV-II+	0.09373	LV
2.5LVDV-II+	0.2343	2.5 LV
5LVDV-II+	0.4686	5 LV
1/4 RVDV-II+	0.25	1/4 RV
1/2 RVDV-II+	0.5	1/2 RV
RVDV-II+	1	RV
HADV-II+	2	HA
2HADV-II+	4	2 HA
2.5HADV-II+	5	2.5 HA
HBDV-II+	8	HB
2HBDV-II+	16	2 HB
2.5HBDV-II+	20	2.5 HB
5HBDV-II+	40	5 HB

full scale viscosity range for any DV-II+ model and spindle may be calculated using the equation:

$$\text{Full Scale Viscosity Range [cP]} = \text{TK} * \text{SMC} * 10000/\text{RPM}$$

where:

TK = DV-II+ Torque Constant from Table D2

SMC = Spindle Multiplier Constant from Table D1

The Shear Rate calculation is:

$$\text{Shear Rate (1/Sec)} = \text{SRC} * \text{RPM}$$

where:

SRC = Shear Rate Constant from Table D1

## Appendix G – Communications

When using the Brookfield Computer Cable (Brookfield part # DVP-80), the DV-II+ will output a data string at a rate of approximately 3 times per second. When using the Brookfield Printer Cable (Brookfield Part No. DVP-81), the output rate is 1.0 times per second. The DV-II+ uses the following RS-232 parameters to output these strings:

Baud Rate	9600
Data Bits	8
Stop Bits	1
Parity	None
Handshake	None

The following formulas should be used to calculate and display the Viscometer data after each packet of data is obtained from the DV-II+.

$$\text{Viscosity (cP)} = (100/\text{RPM}) * \text{TK} * \text{SMC} * \text{Torque}$$

$$\text{Shear Rate (1/Sec)} = \text{RPM} * \text{SRC}$$

$$\text{Shear Stress (Dynes/cm}^2\text{)} = \text{TK} * \text{SMC} * \text{SRC} * \text{Torque}$$

Where:

RPM	=	Current Viscometer spindle speed in RPM
TK	=	Viscometer torque constant from Appendix D, Table D2.
S	=	Current spindle multiplier constant from Appendix D, Table D1.
SRC	=	Current spindle shear rate constant from Appendix D, Table D1.
Torque	=	Current Viscometer torque (%) expressed as a number between 0 and 100.

As an example, consider an LV Viscometer using an SC4-31 spindle, running at 30 RPM and currently displaying a Torque of 62.3 (%). First we list all of the given data and include model and spindle constants from Appendix D, Tables D1 and D2:

Where:

RPM	=	30 from the example statement.
TK	=	0.09373 from Appendix D for an LV Viscometer.
S	=	32.0 from Appendix D for a type SC4-31 spindle.
SRC	=	0.34 from Appendix D for a type SC4-31 spindle.
Torque	=	62.3 from the example statement.

Applying this data to the above equations yields:

$$\begin{aligned}\text{Viscosity (cP)} &= (100/\text{RPM}) * \text{TK} * \text{SMC} * \text{Torque} \\ &= (100/30) * 0.09373 * 32.0 * 62.3 \\ &= 622.9 \text{ cP}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Shear Rate (1/Sec)} &= \text{RPM} * \text{SRC} \\ &= 30 * 0.34 \\ &= 10.2 \text{ 1/sec}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Shear Stress (Dynes/cm}^2\text{)} &= \text{TK} * \text{SMC} * \text{SRC} * \text{Torque} \\ &= 0.09373 * 32.0 * 0.34 * 62.3 \\ &= 63.5 \text{ dynes/cm}^2\end{aligned}$$