



**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**EFFECTO DE LA CINÉTICA DE SECADO EN LA
ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE HARINA DE
Morinda citrifolia L. "NONI"**

Autor : Bach. Nick Brian Serrano Mesía

Asesor : MSC. Erick Aldo Anquínivim Silva

CHACHAPOYAS – PERU

2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**EFECTO DE LA CINÉTICA DE SECADO EN LA
ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE HARINA DE *Morinda*
citrifolia L. “NONI”**

AUTOR : Bach. Nick Brian Serrano Mesía

ASESOR : MSC. Erick Aldo Auquiñivin Silva

Chachapoyas – Amazonas

2019

DEDICATORIA

A mi esposa Darleny, que ha sido una ayuda fundamental y es la compañera, incluso en los momentos más turbulentos. Este proyecto no fue fácil, pero tu presencia motivó hasta el final.

A mi hija Brithany Andrea, este trabajo es a retribución por el tiempo que no te dedique al realizar este trabajo de investigación.

A mis padres: Andrés y Rosa, por su ayuda y apoyo en mi formación como profesional y persona. A mis hermanos Royser y Max, quienes siempre me acompañaron en el camino de mi formación profesional e impulsaron lograr alcanzar el éxito.

Nick Brian Serrano Mesía

AGRADECIMIENTO

A Dios, mi salvador por la fortaleza que me ha dado a través de todo el camino que he recorrido y permitirme realizar una de mis metas anheladas.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, por haber cumplido su misión conmigo, ser un profesional emprendedor, competitivo, ético, capaz de promover el cambio, aportar al desarrollo integral y sostenible de la sociedad.

A la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por la oportunidad de la realización de mis estudios superiores y a su plana docente, por haber compartido sus sabias enseñanzas.

A los docentes, que compartieron sus conocimientos y sus experiencias, que me ayudaron a fortalecer mi paso en el tiempo como estudiante de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Al Ing. Erick Aldo Auquiñivin Silva, mi asesor, del mismo modo al Ing. Segundo Chávez Quintana, gracias por sus valiosa asesoría.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. Policarpio Chauca Valqui

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrector Académico

Dra. Flor Teresa García Huamán

Vicerrectora de Investigación

MSC. Erick Aldo Auquiñivin Silva

Decano de la Facultad de

Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR

El Docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada **Efecto de la cinética de secado en la actividad antioxidante de harina de *Morinda citrifolia* L. “Noni”**; del Bachiller de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial:

✓ **Bach. Nick Brian Serrano Mesía.**

El suscrito da el visto bueno al informe de la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, manifestando su voluntad de apoyar al tesista en el levantamiento de observaciones y en el Acto de sustentación de tesis.

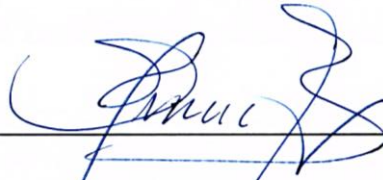
Chachapoyas, 07 de agosto del 2019.



MSC. Erick Aldo Auquiñivin Silva

Docente Asociado a tiempo completo de la UNTRM-A

JURADO EVALUADOR



Ing. Segundo Víctor Olivares Muñoz

Presidente



Ms. Segundo Grimaldo Chavez Quintana

Secretario



Ms. Sc. Armstrong Barnard Fernández Jerí

Vocal

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, Nick Brian Serrano Mesía., identificado con DNI 46866589 estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

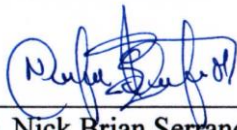
Declaro bajo juramento que:

- I. Soy autor de la tesis titulada: Efecto de la cinética de secado en la actividad antioxidante de harina de *Morinda citrifolia* L. “Noni”.
- II. La misma que presento para optar: Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.
- III. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
- IV. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
- V. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- VI. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 07 de agosto de 2019



Bach. Nick Brian Serrano Mesía
46866589



ANEXO 3-N

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 27 de Febrero del año 2019, siendo las 10:00 horas, el aspirante Nick Brian Serrano Mesia defiende en sesión pública la Tesis titulada: Efecto de la cinética de secado en la actividad antioxidante de harina de Morinda citrifolia L. "noni"

para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente : Segundo Víctor Duarez Muñoz
Secretario : Segundo Germalbo Chavez Quintana
Vocal : Armstrong Rómulo Fernández Jari

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 11:00 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
VOCAL

[Signature]
PRESIDENTE

OBSERVACIONES: El tesista debe levantar las observaciones efectuadas en el momento de la sustentación; de lo contrario quedará sin efecto la presente Acta.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	v
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	vi
JURADO EVALUADOR	vii
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO	viii
ACTA DE EVALUACIÓN.....	ix
INDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 Objetivo General	17
1.2 Antecedentes de la investigación.....	17
1.3 Bases teóricas	18
1.3.1 <i>Morinda citrifolia</i> L.....	18
1.3.2 Descripción botánica	19
1.3.3 Secado de frutas.....	19
1.3.4 Cinética de secado	20
1.3.5 Antioxidante.....	20
II. MATERIAL Y MÉTODO.....	21
2.1 Obtención de muestra	21
2.2 Métodos y procedimiento.....	21
2.2.1 Cinética de secado	21
2.2.2 Procedimiento para la obtención de harina de noni	22
2.2.3. Determinación de la Actividad Antioxidante.....	22
2.3 Modelo aditivo lineal.....	23
2.4 Análisis de datos.....	24
III. RESULTADOS.....	25
3.1. Determinación de la capacidad antioxidante.....	25
IV. DISCUSIONES.....	29
V. CONCLUSIONES	31
VI. RECOMENDACIONES.....	32
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	33
ANEXOS.....	36

Anexo A. Datos experimentales	36
Anexo B. Gráficas.....	52
Anexo C. Análisis estadístico.....	65
Anexo D. Galería Fotográfica.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del noni.....	18
Tabla 2. Características del noni	19
Tabla 3. Combinación de temperatura y velocidad del aire.....	22
Tabla 4. Coeficiente de determinación de los modelo de la cinética de secado de cada tratamiento	26
Tabla 5. Cuadro ANVA de un factor de cinética de secado	26
Tabla 6. Cuadro ANVA de dos factores de cinética de secado	27
Tabla 7. Cuadro ANVA de un factor de velocidad de secado	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Actividad antioxidante de noni	25
Figura 2. Curvas de Cinética de secado.....	25
Figura 3. Velocidad de secado Vs. Actividad antioxidante	27

RESUMEN

La investigación realizada tiene como propósito principal determinar el efecto de la cinética de secado en la actividad antioxidante de harina de *Morinda citrifolia* L. “noni”, puesto que al término del estudio demuestro que la cinética sí originó considerable variación en la actividad antioxidante.

El proceso de secado se realizó utilizando un secador de bandejas ejecutando ocho tratamientos con cuatro temperaturas (30, 40, 50 y 60°C) y dos velocidades (3,0 y 3,5 m/s). La actividad antioxidante de la harina de noni se determinó mediante la técnica de reducción del 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). Se observó que la corrida experimental a una temperatura de 50 °C y velocidad de aire de 3,5 m/s ocasionó una eliminación de humedad constante determinándose una humedad residual crítica de 4,16 g agua/g noni seco, humedad residual de equilibrio de 0,14 g agua/g noni seco y un tiempo crítico de 20 minutos.

Al término de la investigación los resultados indican que la cinética de secado si ocasionó un efecto en la actividad antioxidante de harina de noni, el cual se mostró en el tratamiento de 50°C a 3,5 m/s obteniendo porcentaje de radicales libres de 97,05% y la velocidad de secado que mostró el mayor valor de 0,154 de g agua/g noni con una capacidad antioxidante de 96%.

Palabras claves: actividad antioxidante, *Morinda citrifolia* L, harina.

ABSTRACT

The main purpose of the investigation is to determine the effect of drying kinetics on the antioxidant activity of *Morinda citrifolia* L. “noni” flour, since at the end of the study I show that the kinetics did cause considerable variation in the antioxidant activity.

The drying process was carried out using a tray dryer executing eight treatments with four temperatures (30, 40, 50 and 60°C) and two speeds (3.0 and 3.5 m / s). The antioxidant activity of noni flour was determined by the technique of reduction of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). It was observed that the experimental run at a temperature of 50 ° C and air velocity of 3.5 m / s caused a constant moisture elimination determining a critical residual moisture of 4.16 g dry water / g noni, equilibrium residual moisture of 0.14 g dry water / g noni and a critical time of 20 minutes.

At the end of the investigation the results indicate that the drying kinetics did cause an effect on the antioxidant activity of noni flour, which was shown in the treatment of 50 ° C at 3.5 m / s obtaining percentage of free radicals of 97.05% and the drying rate that showed the highest value of 0.154 g water / g noni with an antioxidant capacity of 96%.

Key words: antioxidant activity, *Morinda citrifolia* L, flour.

INTRODUCCIÓN

Los seres humanos buscan mejorar su calidad de vida consumiendo productos naturales industrializados con la finalidad de obtener mayores beneficios para la salud. Al procesar los productos naturales deben de mantener sus propiedades medicinales y sus características organolépticas; Ciappini et al. (2013) recomienda el consumo y comercialización de productos naturales con alta capacidad antioxidante, ya que contribuyen en la conservación de la salud y la prolongación de la vida útil de los productos alimentarios.

En el mundo se están ejecutando diversas formas de secado de frutos para la obtención de harinas sin que estos pierdan sus propiedades. Por esta razón, se considera mejorar las técnicas que respondan a la conservación de las propiedades medicinales y organolépticas que tienen los diferentes frutos y sean óptimos para el consumo (McMinn y Magee, 1999)

El efecto del tratamiento térmico en el contenido de antioxidantes de *Morinda citrifolia* L “noni” y las variables productivas, oxidación lipídica y calidad de carne de conejo se utilizó 3 temperaturas y una velocidad de aire obteniendo resultados de 82 -93% en capacidad antioxidante ayudando a conservar en óptimas condiciones la carne de conejo (Mireles, 2015). Por lo cual, esta investigación sobre el secado del noni no difiere del modelo experimental, que se puede usar en el proceso de secado ajustándose a diferentes condiciones sin necesidad de asumir mecanismos de transferencia de masa, y puede ser utilizado para calcular la difusividad en otras condiciones de secado como aumentos en la velocidad de aire.

La región Amazonas cuenta con 58 ha de plantaciones de noni, con un rendimiento de producción 21250,66 kg/ha, que puede ser utilizado en diferentes procesos agroindustriales, como la obtención de su extracto, harina y diferentes derivados que se pueden obtener del noni (Núñez, 2017).

También se encuentran investigaciones en donde se realizó un extracto de la hoja y del fruto de noni para poder determinar su actividad antioxidante y se utilizó el reactivo 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) obteniendo resultado de 0,265 mg/ml y 0,723 mg/ml del extracto de la hoja y 0,239 mg/ml y 0,586 mg/ml del extracto del fruto (Villacorta y Pérez, 2011)

Por lo expresado se ha visto por conveniente aborda esta investigación, cuyo objetivo fundamental es determinar el efecto de la cinética de secado (temperatura y velocidad de secado) en la actividad antioxidante de harina de noni.

1.1 Objetivo General

- ✓ Determinar el efecto de la cinética de secado (temperatura y velocidad de secado) en la actividad antioxidante de harina de noni.

1.2 Antecedentes de la investigación

En la investigación “efecto del tratamiento térmico en el contenido de antioxidantes de noni y su efecto en las variables productivas, oxidación lipídica y calidad de carne de conejos en finalización”. Se aplicó el sustrato en la carne de conejo obteniendo resultados favorables en las conservación de la carne de conejo (Mireles, 2015). Los resultados obtenidos por la temperatura y velocidad de secado logran mantener las propiedades de los productos consiguiendo ser aplicado en la conservación de otros productos.

El trabajo “Efecto de la fermentación alcohólica en el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante en el extracto del fruto maduro del noni” se ejecutó en Perú; (Robledo et al., 2017). Se evaluaron dos muestras, experimental (fermentada) y control (no fermentada). el resultado obtenido es de 612 mg GAE/L. En el contenido total de polifenoles.

Así también, la investigación “Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios” se evaluó 9 tipos de frutas, se obtuvieron entre 3,45 a 7057,99 mg/mL, obteniendo como resultado que el noni tuvo un valor de compuesto fenólico de 42,63 mg/ml (Jáuregui et al., 2007).

En el trabajo Actividad antioxidante “in Vitro” de las hojas y frutos de *Morinda citrifolia* Linn. Que fue realizado en el Perú donde se obtuvo resultados del extracto metanólico del fruto de noni es $0,239 \pm 0,003$ mg/ml y el extracto de las hojas de noni es de $0,265 \pm 0,008$ mg/ml y luego se consiguió un extracto acuoso de este fruto obteniendo resultados de $0,586 \pm 0,023$ mg/ml de la misma manera se hizo con las

hojas obteniendo $0,723 \pm 0,006$ mg/ml en su actividad antioxidante (Villacorta y Pérez, 2011).

El trabajo “evaluación composicional, capacidad antioxidante de pulpa y cáscara de la *Annona muricata* L. (guanábana)” realizado en Perú, Iquitos se obtuvo actividad antioxidante de la cáscara con resultado: $55,967 \pm 0,061$ mg EAG/100 g muestra original y de la pulpa: $369,398 \pm 0,061$ mg EAG/100 g muestra original (Acosta y Díaz, 2016).

El noni es una fruta utilizada como materia de investigación, en una de ellas se realizó la determinación de la actividad antioxidante, utilizando el reactivo 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH); obteniendo resultado 3,45 a 7057,99 mg/ml radicales libres (Jáuregui *et al.*, 2007)

1.3 Bases teóricas

1.3.1 *Morinda citrifolia* L.

El noni de género *Morinda* pertenece a la familia de las Rubiaceae (tabla 1) del cual se conocen 80 especies, la mitad de ellas se localizan en islas de Malasia, ubicadas en el océano Índico y pacífico. Es un árbol con hojas de color verde que crece en las costas marinas, en las costas de África, Australia, Fiji, Florida, Hawaii, India, Jamaica y el sudeste de Asia. En la actualidad es cultivado en sitios tropicales para su comercialización, en países latinoamericanos como en México, Colombia, Costa Rica, Panamá, Venezuela y Perú (Chan-Blanco *et al.*, 2007).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del noni.

Clasificación Taxonómica	
Reino	Vegetal
Subreino	Tracheobionta.- Vasculares
División	Magnoliophyta – Plantas con floración
Clase	Magnoliopsida dicotiledóneas
Sub-Clase	Dicotyledoneae
Orden	Rubiales
Familia	Rubiaceae

Género	<i>Morinda</i>
Especie	<i>Morinda citrifolia L.</i>
Nombre comunes	Indian mulberry, mengkudu, noni.

Fuente: Mireles (2015)

1.3.2 Descripción botánica

Es un fruto que tiene un pH 3,72 su característica tiene una forma ovoide de unos 12 cm de diámetro, de color amarillo opaco, tiene una pulpa jugosa presenta una superficie llena de pequeñas protuberancias cuando está maduro tiene un olor rancio (ver tabla 2).

Tabla 2. Características del noni

Olor	Rancio semejante al del ácido butírico
Aspecto	Gelatinoso
Textura	Pulpa jugosa
Color	Amarillo opaco o blanco
Sabor	Amarga
pH	3,72
Humedad	91,8 ± 0,4g/100g
Sólidos solubles (°Brix)	8
Lípidos	0,30 /100g
Contenido proteico	0,4/100 g

Fuente: Santos (2009)

1.3.3 Secado de frutas

El secado es un método de conservación de los alimentos que muchas empresas industriales utilizan. Mayormente los consumidores prefieren productos naturales, por ello las empresas realizan el secado en productos frutales ricos en nutrientes y antioxidantes; además, el secado da más vida útil al producto (McMinn y Magee, 1999). El proceso de secado es la transferencia simultánea de calor y masa a la par de cambios físicos y químicos que pueden generar

alteraciones en el producto final como el color, forma, porosidad, textura y compuestos fenólicos (Mireles, 2015).

1.3.4 Cinética de secado

La cinética de secado es el cambio de la masa y la eliminación de la humedad utilizando la temperatura, velocidad del aire, humedad relativa y el tamaño de la muestra, estos parámetros están relacionados de manera simultánea.

A fin de conocer el secado de la muestra, para poder analizar el resultado se debe utilizar un modelo matemático que facilita la predicción del tiempo de secado, así como ecuaciones que ayudan al cálculo del cambio de la masa y la eliminación de la humedad (Barrena, 2011).

1.3.5 Antioxidante

El antioxidante es una sustancia que forma parte de los alimentos y ayuda a prevenir muchas enfermedades. Las propiedades antioxidantes no solo deben estudiarse por temas químicos o biológicos, sino también por el deterioro oxidativo que afecta a los alimentos. La actividad antioxidante que tienen algunas frutas se está utilizando en la industria alimentaria donde son adicionados a las grasas u otros productos para retrasar los procesos de oxidación previniendo el enranciamiento de las grasas (Coronado et al., 2015).

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Obtención de muestra

Los frutos de noni fueron recolectados en el distrito de Bagua, de la provincia de Bagua, del Departamento de Amazonas; se realizó el lavado con agua potable y cortado para su inmediata deshidratación.

2.2 Métodos y procedimiento

2.2.1 Cinética de secado

Se realizó el procedimiento descrito por Barrena (2011) sobre cinética de secado el cual constituye:

El pesado de las rodajas de noni cada 10 minutos (t) se calculó con la siguiente fórmula: $P2 = P1 - SB$

P2 : el peso de las rodajas de noni

P1 : peso de las rodajas de noni más el soporte de las mallas

SB : peso del soporte de las mallas

Para calcular la humedad residual de las rodajas de noni cada 10 minutos se empleó la siguiente fórmula: $Y = (P2 - S)/S$

Y: humedad residual

S: peso de las rodajas secas

La variación de la humedad con el tiempo ($-dY/dt$) se calculó con la siguiente fórmula: $-dY/dt = (Y_i - Y_{i+1}) / (t_i - t_{i+1})$

$-dY/dt$: la humedad sobre el tiempo

Y_i : primera humedad residual

Y_{i+1} : siguiente humedad residual

Para calcular la humedad residual promedio (Y_m) se empleó la siguiente fórmula: $Y_m = (Y_i + Y_{i+1})/2$

Y_m : humedad residual promedio

2.2.2 Procedimiento para la obtención de harina de noni

Para el secado del noni se utilizó combinación de temperaturas y velocidades de aire como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Combinación de temperatura y velocidad del aire

Temperatura(°C)	Velocidad de aire(m/s)	
	3,0	3,5
30°C	T1(30°C a 3,0 m/s)	T2(30°C a 3,5 m/s)
40°C	T3(40°C a 3,0 m/s)	T4(40°C a 3,5 m/s)
50° C	T5(50°C a 3,0 m/s)	T6(50°C a 3,5 m/s)
60°	T7(60°C a 3,0 m/s)	T8(60°C a 3,5 m/s)

Previo a iniciar el secado del noni se realiza un lavado, se corta en rodajas de 0.2 cm de espesor eliminando las pepas, después se colocó las láminas en las cuatro bandejas dentro del secador de bandeja de aire forzado como se muestra en la Figura 5 de los anexos.

Las láminas de noni fueron secadas utilizando la velocidad de aire forzado del secador de bandeja, procediendo a pesar el soporte con las mallas y las láminas de noni (P1); se inició en tiempo 0, después se pesó cada 10 minutos hasta que el peso de la muestra se mantenga constante; luego, se colocó la muestra en una estufa a 100°C en papel aluminio, para obtener el peso seco de las láminas (S); los datos obtenidos del secado de cada muestra se plasmaron en las tablas que se encuentran en los anexos 2.

2.2.3. Determinación de la Actividad Antioxidante

Para determinar la actividad antioxidante se siguió el procedimiento descrito por Brand-Williams et al., (1995), el mismo que se detalla a continuación:

Se preparó 400 ml de una solución de DPPH (1,1-diphenil-2-picril hidracilo) en metanol de 75 mg/L; luego se prepararon soluciones metanólicas de la muestra en concentraciones de 900 µg/ml (solución A).

Se realizó el ajuste del espectrofotómetro digital ÚNICO modelo S-2100 a cero, con un blanco de metanol agua 2:1; posteriormente se preparó el blanco de muestra con 0,75 ml de muestra (solución A) y 1,5 ml de metanol; así también se preparó el patrón de referencia con 1,5 ml de solución de DPPH y 0,75 ml de agua. Luego se procedió a la preparación de las muestras con 0,75 ml de solución A y 1,5 ml de solución de DPPH, se dejó actuar por 5 min y se realizó la lectura a 517 nm en el espectrofotómetro.

Se realizó la lectura de la absorbancia del patrón de referencia y del blanco de muestra, seguidamente se tomó las lecturas de las 8 muestras preparadas; con los valores de las absorbancias obtenidas se determinó el % de captación de radicales libres (DPPH) mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ captación de radical libre: } [1-(A2-A3) / A1] * 100$$

Dónde: A1= Absorbancia del patrón de referencia; A2= Absorbancia de la muestra; A3= Absorbancia del blanco de muestra.

2.3 Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk} \quad i=1,\dots,p \quad j=1,\dots,q \quad r=1,\dots,b$$

Y_{ijk} : Temperatura y velocidad de secado del noni correspondiente a la i-esima cinética de secado, la cual se aplicó en j-esima actividad antioxidante y k-esima repeticiones.

μ : Efecto de la media general.

A_i : Efecto de la i-esima temperatura de secado.

B_j : Efecto de la j-esima velocidad de secado

$(AB)_{ij}$: Efecto de la interacción de la i-esima temperatura de secado y la j-esima velocidad de secado

E_{ijk} : Efecto del error experimental en la i-esima temperatura de secado, j-esima velocidad de secado y k-esima repeticiones.

2.4 Análisis de datos

En la investigación se utilizó un nivel de significancia (α): 5%, con un nivel de confianza ($1 - \alpha$): 95% para ser empleado en el cuadro de Análisis de varianza; pero, para realizar la comprobación de los resultados se utilizó Tukey al 5% de significancia.

III. RESULTADOS

3.1. Determinación de la capacidad antioxidante

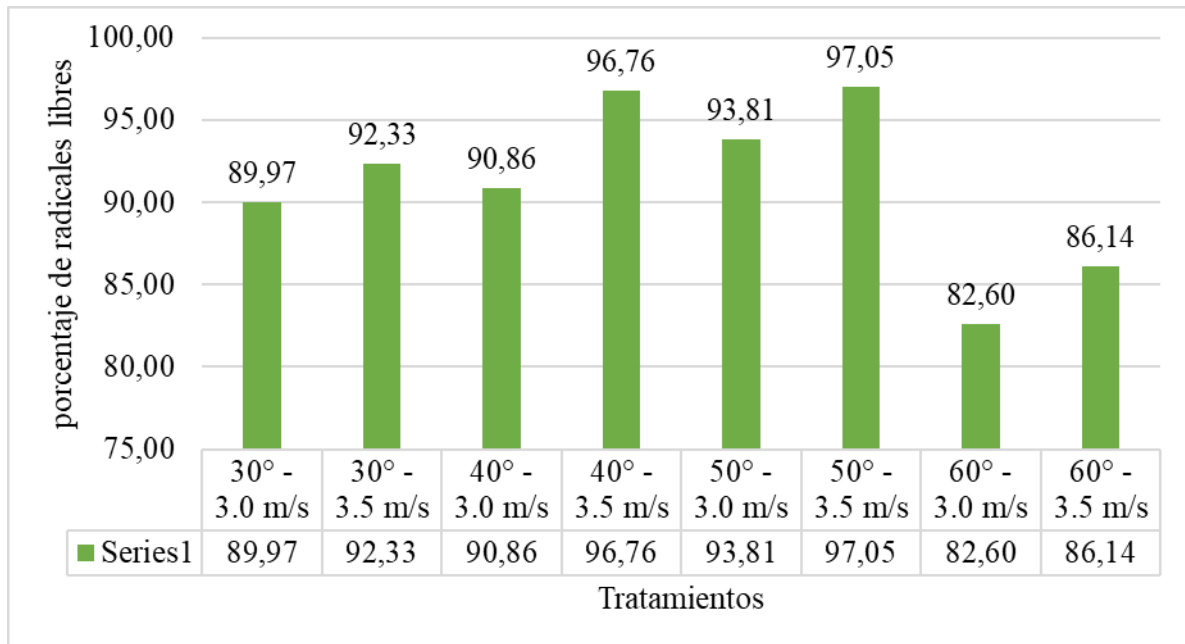


Figura 1. Actividad antioxidante de noni

En la figura 1, se observa el porcentaje de actividad antioxidante de la sustancia metanólica de noni de cada tratamiento de cinética de secado obteniendo resultados óptimos de 97,05 y 82,60 %.

3.2. Cinética de secado de noni

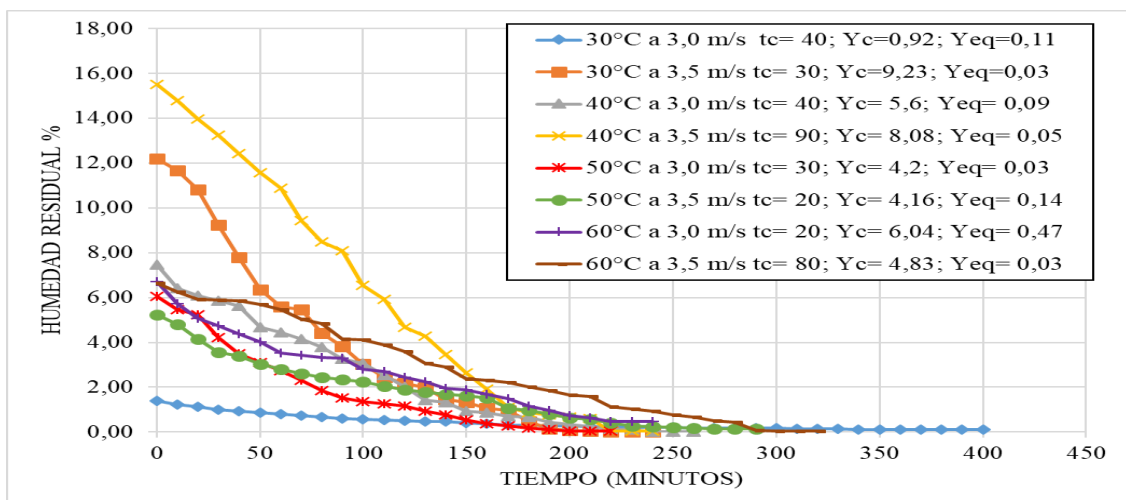


Figura 2. Curvas de Cinética de secado

En la figura 2, en lo que respecta a la cinética de secado de los tratamientos muestra la formación de curva de cada uno de los tratamientos obteniendo su respectivo tiempo crítico, humedad crítica y de equilibrio.

Tabla 4. Coeficiente de determinación de los modelo de la cinética de secado de cada tratamiento

Temperatura (°C)	Velocidad de aire (m/s)	R ² de la parte recta	R ² de la parte logaritmica
30	3,0	0,816	0,983
	3,5	0,872	0,982
40	3,0	0,925	0,928
	3,5	0,958	0,915
50	3,0	0,879	0,982
	3,5	0,928	0,959
60	3,0	0,955	0,936
	3.5	0.976	0.881

En la tabla 4, se muestran los coeficientes de determinación R cuadradas de cada corrida experimental, el propósito de estos datos es predecir los resultados o probar la hipótesis; teniendo establecidos los R cuadrados se tomará el más próximo a 1 el cual es 0,928 y 0,959 para determinar la calidad del modelo, de este modo replicar su resultado del modelo tomado.

Tabla 5. Cuadro ANVA de un factor de cinética de secado

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	523,370,402	7	747,672,003	0,86268287	0,55500681	26,571,966
Dentro de los grupos	138,669,173	16	86,668,233			
Total	191,006,213	23				

En la tabla 5 es un resumen de análisis de variables de temperatura y velocidad de aire entre grupos del cual se obtiene una probabilidad de 0,55 en el cual no hay efecto porque es mayor a 0,05.

Tabla 6. Cuadro ANVA de dos factores de cinética de secado

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Temperatura	0,00160046	3	0,00053349	4,50041008	0,01796224	3,23887152
Velocidad de aire	0,00034504	1	0,00034504	2,91072056	0,10732468	4,49399848
AxB	0,00036846	3	0,00012282	1,0360867	0,40321894	3,23887152
Dentro del grupo	0,00189667	16	0,00011854			
Total	0,00421063	23				

En la tabla 6. Se análisis los resultados de las variables temperatura con una probabilidad de 0,017 lo cual da entender si se encontró un efecto en esta variable, a lo contrario de la variable velocidad de aire donde mostro una probabilidad de 0,10 lo cual muestra que no hay efecto en esta variable.

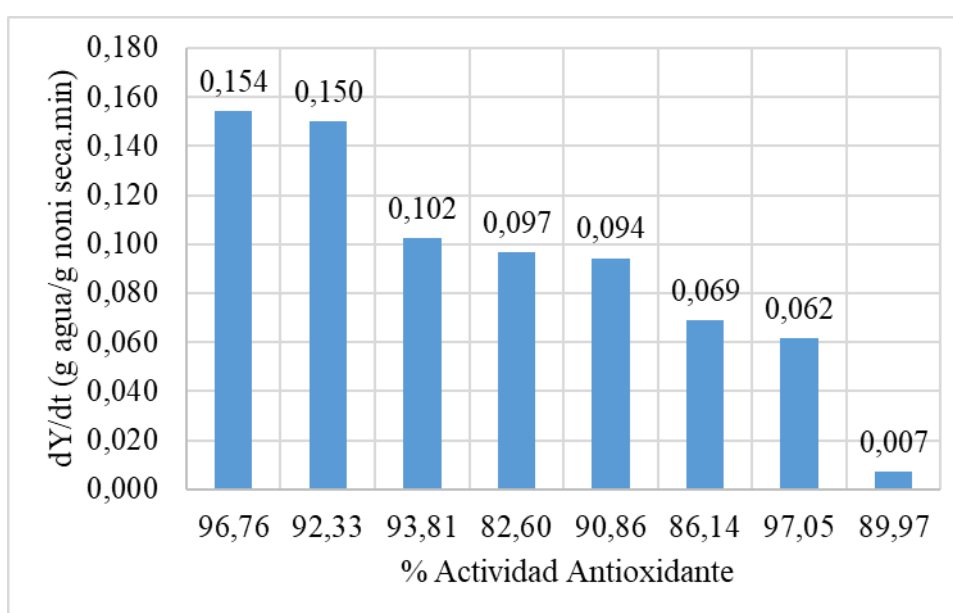


Figura 3. Velocidad de secado Vs. Actividad antioxidante

En la figura 3 se observa que la velocidad de secado máxima es de 0,154 g agua/g noni por minuto, con un porcentaje de actividad antioxidante de 96,76 %; mientras, que la mínima es de 0,007 g agua/g noni por minutos con un porcentaje de actividad antioxidante de 89,97%. Evidenciándose que existe variabilidad entre la pérdida de agua y la capacidad antioxidante en las muestras de noni como se muestra en la figura, concluyendo que a

mayor velocidad de secado, el porcentaje de actividad antioxidante aumenta; en cambio al disminuir, esta se reduce.

Tabla 7. Cuadro ANVA de un factor de velocidad de secado

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	33195,47351	1	33195,4735	2664,27942	0,00	4,60010994
Dentro de los grupos	174,4323909	14	12,4594565			
Total	33369,9059	15				

La tabla 7 es un resumen de análisis de variables velocidad de secado y actividad antioxidante de las cuales se obtiene una probabilidad de 0,00 lo que indica que si hay un efecto significativo en la cinética de secado en la actividad antioxidante de harina de noni.

IV. DISCUSIONES

En la investigación se utilizó cuatro temperaturas (30, 40 , 50 y 60 °C) y dos velocidades de aire (3,0 y 3,5 m/s) para realizar el secado de las rodajas de noni de 2 mm, cuya temperatura de 50°C y una velocidad de aire de 3,5 m/s que es el mejor proceso, alcanzando un tiempo crítico de secado de 20 min, humedad crítica de 4,16 de equilibrio de 0,14 de pulpa seca y el coeficiente de determinación (R^2) 0,928 y 0,959 (tabla 4). Se evidencia un proceso casi simultáneo en la investigación de Mireles (2015), quien utilizó láminas de 2 mm de noni a temperaturas de 50, 60 y 70°C mostrando un coeficiente de determinación ($R^2 > 0,995$).

En la actividad antioxidante (figura 1) se obtuvo un porcentaje de 97,05 de radicales libres a una temperatura de 50°C y una velocidad de aire de 3,5 m/s; mientras, el trabajo de Mireles (2015), muestra la capacidad antioxidante del producto seco de noni con un porcentaje de 82-93 de inhibición del radical DPPH. De la misma manera en la investigación de Morales & Otros (2015), determinan la actividad antioxidante del fruto mediante la reacción espectrofotométrica con la disolución metanólica en el que se encontró un 83,71 – 6,72 % de radical libre; con las investigaciones referidas, el noni tiene un valor elevado de radicales libres, esto quiere decir que su utilización sería muy favorable en la industria alimentaria y farmacéutica.

En la investigación de noni se encontró que el mejor porcentaje de radicales libres es a 97,05% a 50°C a 3,5 m/s con un coeficiente de determinación R^2 0,928 y 0,959; en la investigación de Cardozo & Otros (2011), utilizaron temperaturas 45°C y 55°C con una actividad antioxidante de 75,56% y 79,83% y coeficiente de determinación R^2 de 0,9997 y 0,9994.

Existe una variación entre velocidad de secado y actividad antioxidante (figura 3) porque conforme se va perdiendo agua por peso de muestra seca aumenta la actividad antioxidante de noni; con 0,154 de g agua/g noni seca por min. Obteniéndose una mayor capacidad antioxidante del 96%. Lo que se evidencia de acuerdo a Robledo et al. (2017), que en las distintas velocidades de secado aplicadas se encontró una capacidad antioxidante superior al 85%, esto demuestra una característica importante del fruto que es rico en antioxidantes.

En la tabla 7 se observa el efecto significativo con un resultado de 0,00 lo que indica que se encuentra debajo del grado de significancia que es de 0,05, esto explica que el grupo de las variables (velocidad de secado y actividad antioxidante) ocasionan un efecto en la cinética de secado en la actividad antioxidante de harina de noni; por el cual se toma la velocidad de secado de 0,154 de g agua/g noni seca por minuto y con un porcentaje de actividad antioxidante de 96,76.

V. CONCLUSIONES

La temperatura y velocidad de secado afectó en la actividad antioxidante de harina de noni evidenciándose en los tratamientos al obtener el porcentaje del 97,05 – 82,60 de actividad antioxidante.

Para poder replicar este proceso de cinética de secado se elaboró la curva de secado para la temperatura de 50° C a 3,5 m/s hallando datos como la humedad crítica de 4,16 g agua/ g noni seco, humedad de equilibrio de 0,14 g agua/ g noni seco y tiempo crítico de 20 minutos.

De acuerdo a los datos obtenidos por el análisis de varianza demuestra que la variable temperatura tuvo efecto en la actividad antioxidante de noni con una probabilidad de 0,017; mas no la variable velocidad del aire con 0,10.

En el cuadro de análisis de varianza de velocidad de secado indica que una de las variables ocasionó un efecto en el secado y en la actividad antioxidante, con un resultado de 0,00 de probabilidad, el cual se halla debajo del grado de significancia, por lo que rechaza la hipótesis nula y para lo cual si se encontró efecto en la cinética de secado en la actividad antioxidante.

Según el objetivo general determinar el efecto de la cinética de secado (temperatura y velocidad de secado) en la actividad antioxidante de harina de noni; la cinética si ocasionó considerable variación en la actividad antioxidante, infiriéndose que a mayor velocidad de secado se obtiene un alto contenido de actividad antioxidante.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar estudios con diferentes tipos de secado y la utilización de distintas frutas medicinales; encontrando las ecuaciones y parámetros adecuados para el secado de las frutas.

Desarrollar futuros estudios de investigación en el tema de determinación de actividad antioxidante de harina de distintas frutas de nuestra región.

Contrastar los resultados obtenidos en esta investigación otras técnicas y métodos para la determinación del efecto que ocasiona las temperaturas en la actividad antioxidante.

El noni en forma de harina se obtuvo un alto porcentaje de radicales libres en la harina, lo cual puede ser favorable para múltiples utilidades como consumo directo, ventas, etc.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. C., & Díaz, B. (2016). *Evaluación composicional, capacidad antioxidantes de pulpa y cáscara de la Annona muricata l. (Guanábana)*. (Tesis de Grado). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4086>
- Barrena, M. Á. (2011). *Modelamiento de la cinética de secado de lúcuma (Pouteria lúcuma)* (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8185/Tesis%20Doctorado%20Miguel%20Angel%20Barrena%20Gurbill%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M., & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 28(1), 25-30.
- Cardozo, C., Da silva, M., De souza, R., Telxeira, L., & Henriques, S. (2011). *efecto de procesamiento en la capacidad antioxidante de Noni*. ENCICLOPEDIA Biosfera centro científico de know, 01-16.
- Chan-Blanco, Y., Vaillant, F., Pérez, A. M., Belleville, M.-P., Zúñiga, C., & Brat, P. (2007). The ripening and aging of noni fruits (*Morinda citrifolia* L.): microbiological flora and antioxidant compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(9), 1710-1716. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2894>
- Ciappini, M. C., Stoppani, F. S., Martinet, R., & Alvarez, M. B. (2013). Actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos y flavonoides en mieles de tréboles, eucalipto y alfalfa. *Revista Ciencia y Tecnología*, 19(1), 45-51.
- Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206-212. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>

- Jáuregui, A. M. M., Ramos-Escudero, D. F., Alvarado-Ortiz, C., & Castañeda, B. C. (2007). Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. *Revista Sociedad Química Perú*, 73(3), 142-149.
- McMinn, W., & Magee, T. (1999). Principios, métodos y aplicaciones del secado convectivo de productos alimenticios. *Procesamiento de Alimentos y Bioproductos*, 77(3), 175-193.
- Mireles, A. I. (2015). *Efecto del tratamiento térmico en el contenido de antioxidantes de noni (Morinda Citrifolia L.) y su efecto en las variables productivas, oxidación lipídica y calidad de carne de conejos en finalización* (Tesis de Doctorado). Universidad Autónoma del Estado de México, México. Recuperado de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/58856>
- Morales, E., Cruz, R., H. J., & Patraca, J. (2015). *Evaluación del potencial antioxidante de morinda citrifolia para su aplicación en productos de aplicación tópica*. Universidad Politécnica de Huatusco, 10-11.
- Núñez, L. (2017). Referencia e información de terreno de noni en Amazonas. Agencia Agraria de Bagua.
- Robledo, K. P., Buenaño, J., & Maúrtua, S. (2017). *Efecto de la fermentación alcohólica en el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante en el extracto del fruto maduro del noni (Morinda citrifolia L.)* (Tesis de Grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621319>
- Santos, J. M. A. (2009). *Estudio de antioxidantes presentes en el noni como inhibidores de la polimerización radical en cadena del estireno* (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua. Recuperado de <http://ribuni.uni.edu.ni/322/1/24555.pdf>
- Villacorta, G. G., & Pérez, A. M. (2011). *Actividad antioxidante in vitro de las hojas y frutos de Morinda citrifolia Linn mediante el método de secuestro de radicales*

libres 1,1-Difenil-2-Picrilhidrazilo (DPPH) (Tesis de Grado). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/3672>

ANEXOS

Anexo A. Datos experimentales

Anexo A.1. Datos de secado de rodajas de noni de 30 °C a 3,0 m/s.

Nº	t	P1	P2=P1-SB	(P2-S)/S	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/ g planta seca)
	Tiempo (min)	Peso estructura + Noni al Tiempo t(g)	Peso Rodajas al tiempo t(g)	Humedad Residual(g agua/g planta seca)		
1	0	1828.5	218.7	1.40	0.018	1.31
2	10	1812	202.2	1.22	0.008	1.18
3	20	1804.5	194.7	1.14	0.014	1.07
4	30	1792	182.2	1.00	0.008	0.96
5	40	1785	175.2	0.92	0.007	0.89
6	50	1778.5	168.7	0.85	0.004	0.83
7	60	1774.5	164.7	0.81	0.008	0.77
8	70	1767	157.2	0.73	0.004	0.70
9	80	1763	153.2	0.68	0.007	0.65
10	90	1757	147.2	0.62	0.003	0.60
11	100	1754	144.2	0.58	0.004	0.56
12	110	1750	140.2	0.54	0.003	0.53
13	120	1747.5	137.7	0.51	0.004	0.49
14	130	1744	134.2	0.47	0.002	0.46
15	140	1742.5	132.7	0.46	0.006	0.43
16	150	1737	127.2	0.40	0.002	0.39
17	160	1735	125.2	0.37	0.005	0.35
18	170	1730	120.2	0.32	0.002	0.31
19	180	1727.9	118.1	0.30	0.002	0.29
20	190	1726.5	116.7	0.28	0.002	0.27
21	200	1725	115.2	0.26	0.002	0.25
22	210	1723	113.2	0.24	0.001	0.24
23	220	1722.5	112.7	0.24	0.002	0.23
24	230	1721	111.2	0.22	0.001	0.22
25	240	1720.5	110.7	0.22	0.002	0.20
26	250	1718.5	108.7	0.19	0.001	0.190
27	260	1718	108.2	0.19	0.001	0.185
28	270	1717.5	107.7	0.18	0.001	0.179
29	280	1717	107.2	0.18	0.001	0.171
30	290	1716	106.2	0.17	0.001	0.163
31	300	1715.5	105.7	0.16	0.001	0.157
32	310	1715	105.2	0.15	0.001	0.149
33	320	1714	104.2	0.14	0.001	0.138
34	330	1713	103.2	0.13	0.001	0.129
35	340	1712.4	102.6	0.13	0.000	0.124
36	350	1712.1	102.3	0.12	0.000	0.122
37	360	1712	102.2	0.12	0.001	0.119
38	370	1711.5	101.7	0.12	0.001	0.113
39	380	1711	101.2	0.11	0.000	0.111
40	390	1711	101.2	0.11	0.000	
41	400	1711	101.2	0.11		

Anexo A.2. Resumen del modelo de regresión lineal (30 °C a 3,0 m/s).

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,903	0,816	0,811	0,14970

Anexo A.3. ANVA de regresión lineal (30 °C a 3,0 m/s).

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	3,870	1	3,870	172,674	0,000
Residual	0,874	39	0,022		
Total	4,744	40			

Anexo A.4. Coeficientes de la ecuación lineal (30 °C a 3,0 m/s).

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
(Constante)	0,936	0,046		20,387	0,000
Tiempo (min)	-0,003	0,000	-0,903	-13,141	0,000

Anexo A.5. Resumen del modelo de regresión logarítmica (30 °C a 3,0 m/s).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,991	0,983	0,982	0,041

Anexo A.6. ANVA de regresión logarítmica (30 °C a 3,0 m/s).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	3,689	1	3,689	2,177,923	0,000
Residual	0,064	38	0,002		
Total	3,753	39			

Anexo A.7. Coeficientes de la ecuación logarítmica (30 °C a 3,0 m/s).

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
ln(Tiempo (min))	-0,352	0,008	-0,991	-46,668	0,000
(Constante)	2,174	0,039		56,132	0,000

Anexo A.8. Datos de secado de rodajas de noni (30 °C a 3,5 m/s)

	t	P1	P2=P1-SB	(P2-S)/S		
N°	Tiempo (min)	Peso estructura + Noni al Tiempo t(g)	Peso Rodajas al tiempo t(g)	Humedad Residual(g agua/g planta seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/ g planta seca)
1	0	1810	200.2	12.20	0.053	11.933
2	10	1802	192.2	11.67	0.086	11.241
3	20	1789	179.2	10.81	0.158	10.022
4	30	1765	155.2	9.23	0.145	8.506
5	40	1743	133.2	7.78	0.142	7.072
6	50	1721.5	111.7	6.36	0.076	5.984
7	60	1710	100.2	5.61	0.013	5.539
8	70	1708	98.2	5.47	0.105	4.946
9	80	1692	82.2	4.42	0.059	4.122
10	90	1683	73.2	3.83	0.078	3.433
11	100	1671.1	61.3	3.04	0.060	2.741
12	110	1662	52.2	2.44	0.026	2.309
13	120	1658	48.2	2.18	0.020	2.078
14	130	1655	45.2	1.98	0.053	1.716
15	140	1647	37.2	1.45	0.013	1.386
16	150	1645	35.2	1.32	0.026	1.189
17	160	1641	31.2	1.06	0.010	1.007
18	170	1639.5	29.7	0.96	0.049	0.711
19	180	1632	22.2	0.46	0.033	0.299
20	190	1627	17.2	0.13	0.007	0.101
21	200	1626	16.2	0.07	0.003	0.051
22	210	1625.5	15.7	0.03	0.003	0.018
23	220	1625	15.2	0.00	0.000	0.002
24	230	1625	15.2	0.00	0.000	
25	240	1625	15.2	0.002		

Anexo A.9. Resumen del modelo de regresión lineal (30 °C a 3,5 m/s).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,934	0,872	0,867	1,435

Anexo A.10. ANVA de regresión lineal (30 °C a 3,5 m/s).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	324,021	1	324,021	157,305	0,000
Residual	47,376	23	2,060		
Total	371,397	24			

Anexo A.11. Coeficientes de la ecuación lineal (30 °C a 3,5 m/s).

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo (min)	-0,050	0,004	-0,934	-12,542	0,000
(Constante)	9,691	0,557		17,390	0,000

Anexo A.12. Resumen del modelo de regresión logarítmica (30 °C a 3,5 m/s).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,991	0,982	0,981	0,490

Anexo A.13. ANVA de regresión logarítmica (30 °C a 3,5 m/s).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	290,846	1	290,846	1,209,504	0,000
Residual	5,290	22	0,240		
Total	296,136	23			

Anexo A.14. Coeficientes de la ecuación logarítmica (30 °C a 3,5 m/s).

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
ln(Tiempo (min))	-4,282	0,123	-0,991	- 34,778	0,000
(Constante)	22,980	0,573		40,079	0,000

Anexo A.15. Datos de secado de rodajas de noni (40 °C a 3,0 m/s)

	t	P1	P2=P1-SB	(P2-S)/S		
N°	Tiempo (min)	Peso estructura + Noni al Tiempo t(g)	Peso Rodajas al tiempo t(g)	Humedad Residual(g agua/g planta seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/ g planta seca)
1	0	1789	179.2	7.45	0.057	7.170
2	10	1777	167.2	6.89	0.057	6.604
3	20	1765	155.2	6.32	0.047	6.085
4	30	1755	145.2	5.85	0.024	5.731
5	40	1750	140.2	5.61	0.094	5.142
6	50	1730	120.2	4.67	0.024	4.552
7	60	1725	115.2	4.43	0.028	4.292
8	70	1719	109.2	4.15	0.038	3.962
9	80	1711	101.2	3.77	0.052	3.514
10	90	1700	90.2	3.25	0.019	3.160
11	100	1696	86.2	3.07	0.052	2.807
12	110	1685	75.2	2.55	0.052	2.288
13	120	1674	64.2	2.03	0.061	1.722
14	130	1661	51.2	1.42	0.009	1.368
15	140	1659	49.2	1.32	0.038	1.132
16	150	1651	41.2	0.94	0.009	0.896
17	160	1649	39.2	0.85	0.014	0.778
18	170	1646	36.2	0.71	0.005	0.684
19	180	1645	35.2	0.66	0.024	0.542
20	190	1640	30.2	0.42	0.009	0.377
21	200	1638	28.2	0.33	0.009	0.283
22	210	1636	26.2	0.24	0.009	0.189
23	220	1634	24.2	0.14	0.005	0.118
24	230	1633	23.2	0.09	0.009	0.047
25	240	1631	21.2	0.00	0.000	0.000
26	250	1631	21.2	0.00	0.000	
27	260	1631	21.2	0.00		

Anexo A.16. Resumen del modelo de regresión lineal (40 °C a 3,0 m/s).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,962	0,925	0,922	0,660

Anexo A.17. ANVA de regresión lineal (40 °C a 3,0 m/s).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	135,101	1	135,101	310,048	0,000
Residual	10,894	25	0,436		
Total	145,994	26			

Anexo A.18. Coeficientes de la ecuación lineal (40 °C a 3,0 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo (min)	-0,029	0,002	-0,962	-17,608	0,000
(Constante)	6,195	0,247		25,061	0,000

Anexo A.19. Resumen del modelo de regresión logarítmica (40 °C a 3,0 m/s).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,963	0,928	0,925	0,599

Anexo A.20. ANVA de regresión logarítmica (40 °C a 3,0 m/s).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	111,534	1	111,534	310,760	0,000
Residual	8,614	24	0,359		
Total	120,148	25			

Anexo A.21. Coeficientes de la ecuación logarítmica (40 °C a 3,0 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
ln(Tiempo (min))	-2,521	0,143	-0,963	-17,628	0,000
(Constante)	14,014	0,677		20,715	0,000

Anexo A.22. Datos de secado de rodajas de noni (40 °C a 3,5 m/s).

Nº	t	P1	P2=P1-SB	(P2-S)/S	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/ g planta seca)
	Tiempo (min)	Peso estructura + Noni al Tiempo t(g)	Peso Rodajas al tiempo t(g)	Humedad Residual(g agua/g planta seca)		
1	0	1770	160.2	15.50	0.051	15.241
2	10	1765	155.2	14.98	0.072	14.623
3	20	1758	148.2	14.26	0.093	13.799
4	30	1749	139.2	13.34	0.093	12.872
5	40	1740	130.2	12.41	0.051	12.151
6	50	1735	125.2	11.89	0.103	11.379
7	60	1725	115.2	10.86	0.144	10.143
8	70	1711	101.2	9.42	0.093	8.959
9	80	1702	92.2	8.50	0.041	8.289
10	90	1698	88.2	8.08	0.154	7.311
11	100	1683	73.2	6.54	0.062	6.230
12	110	1677	67.2	5.92	0.124	5.303
13	120	1665	55.2	4.68	0.041	4.479
14	130	1661	51.2	4.27	0.082	3.861
15	140	1653	43.2	3.45	0.082	3.037
16	150	1645	35.2	2.63	0.072	2.265
17	160	1638	28.2	1.90	0.082	1.492
18	170	1630	20.2	1.08	0.021	0.977
19	180	1628	18.2	0.87	0.010	0.823
20	190	1627	17.2	0.77	0.010	0.720
21	200	1626	16.2	0.67	0.005	0.643
22	210	1625.5	15.7	0.62	0.057	0.334
23	220	1620	10.2	0.05	0.000	0.050
24	230	1620	10.2	0.05	0.000	
25	240	1620	10.2	0.05		

Anexo A.23. Resumen del modelo de regresión lineal (40 °C a 3,5 m/s).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,979	0,958	0,957	1,111

Anexo A.24. ANVA de regresión lineal (40 °C a 3,5 m/s).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	653,528	1	653,528	529,188	0,000
Residual	28,404	23	1,235		
Total	681,932	24			

Anexo A.25. Coeficientes de la ecuación lineal (40 °C a 3,5 m/s).

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo (min)	-0,071	0,003	-0,979	-23,004	0,000
(Constante)	14,583	0,432		33,795	0,000

Anexo A.26. Resumen del modelo de regresión logarítmica (40 °C a 3,5 m/s).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,956	0,915	0,911	1,513

Anexo A.27. ANVA de regresión logarítmica (40 °C a 3,5 m/s).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	539,015	1	539,015	235,409	0,000
Residual	50,373	22	2,290		
Total	589,388	23			

Anexo A.28. Coeficientes de la ecuación logarítmica (40 °C a 3,5 m/s)

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
ln(Tiempo (min))	-5,829	0,380	-0,956	-15,343	0,000
(Constante)	32,410	1,769		18,319	0,000

Anexo A.29. Datos de secado de rodajas de noni (50 °C a 3,0 m/s)

	t	P1	P2=P1-SB	(P2-S)/S		
Nº	Tiempo (min)	Peso estructura + Noni al Tiempo t(g)	Peso Rodajas al tiempo t(g)	Humedad Residual(g agua/g planta seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/ g planta seca)
1	0	1789	179.2	6.05	0.067	5.715
2	10	1772	162.2	5.38	0.016	5.302
3	20	1768	158.2	5.22	0.102	4.712
4	30	1742	132.2	4.20	0.071	3.847
5	40	1724	114.2	3.49	0.039	3.296
6	50	1714	104.2	3.10	0.035	2.922
7	60	1705	95.2	2.75	0.043	2.529
8	70	1694	84.2	2.31	0.047	2.076
9	80	1682	72.2	1.84	0.031	1.683
10	90	1674	64.2	1.53	0.016	1.447
11	100	1670	60.2	1.37	0.012	1.309
12	110	1667	57.2	1.25	0.008	1.211
13	120	1665	55.2	1.17	0.024	1.054
14	130	1659	49.2	0.94	0.016	0.857
15	140	1655	45.2	0.78	0.024	0.660
16	150	1649	39.2	0.54	0.016	0.463
17	160	1645	35.2	0.38	0.012	0.326
18	170	1642	32.2	0.27	0.008	0.227
19	180	1640	30.2	0.19	0.008	0.149
20	190	1638	28.2	0.11	0.008	0.070
21	200	1636	26.2	0.03	0.000	0.031
22	210	1636	26.2	0.03	0.000	
23	220	1636	26.2	0.03		

Anexo A.30. Resumen del modelo de regresión lineal (50 °C a 3,0 m/s).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,938	0,879	0,874	0,670

Anexo A.31. ANVA de regresión lineal (50 °C a 3,0 m/s).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	68,619	1	68,619	153,014	0,000
Residual	9,418	21	0,448		
Total	78,037	22			

Anexo A.32. Coeficientes de la ecuación lineal (50 °C a 3,0 m/s).

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo (min)	-0,026	0,002	-0,938	-12,370	0,000
(Constante)	4,736	0,270		17,513	0,000

Anexo A.33. Resumen del modelo de regresión logarítmica (50 °C a 3,0 m/s).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,991	0,982	0,981	0,230

Anexo A.34 ANVA de regresión logarítmica (50 °C a 3,0 m/s).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	58,720	1	58,720	1,106,010	0,000
Residual	1,062	20	0,053		
Total	59,782	21			

Anexo A.35. Coeficientes de la ecuación logarítmica (50 °C a 3,0 m/s).

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
ln(Tiempo (min))	-2,034	0,061	-0,991	-33,257	0,000
(Constante)	10,846	0,280		38,747	0,000

Anexo A.36. Datos de secado de rodajas de noni (50 °C a 3,5 m/s).

	t	P1	P2=P1-SB	(P2-S)/S		
N°	Tiempo (min)	Peso estructura + Noni al Tiempo t(g)	Peso Rodajas al tiempo t(g)	Humedad Residual(g agua/g planta seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/g planta seca)
1	0	1955	345.2	5.24	0.045	5.018
2	10	1930	320.2	4.79	0.063	4.476
3	20	1895	285.2	4.16	0.062	3.852
4	30	1861	251.2	3.54	0.016	3.463
5	40	1852	242.2	3.38	0.036	3.200
6	50	1832	222.2	3.02	0.022	2.911
7	60	1820	210.2	2.80	0.018	2.712
8	70	1810	200.2	2.62	0.018	2.531
9	80	1800	190.2	2.44	0.009	2.395
10	90	1795	185.2	2.35	0.011	2.296
11	100	1789	179.2	2.24	0.020	2.142
12	110	1778	168.2	2.04	0.016	1.961
13	120	1769	159.2	1.88	0.011	1.826
14	130	1763	153.2	1.77	0.009	1.726
15	140	1758	148.2	1.68	0.007	1.645
16	150	1754	144.2	1.61	0.009	1.563
17	160	1749	139.2	1.52	0.047	1.283
18	170	1723	113.2	1.05	0.009	1.003
19	180	1718	108.2	0.96	0.014	0.885
20	190	1710	100.2	0.81	0.018	0.722
21	200	1700	90.2	0.63	0.007	0.596
22	210	1696	86.2	0.56	0.014	0.487
23	220	1688	78.2	0.41	0.014	0.342
24	230	1680	70.2	0.27	0.004	0.252
25	240	1678	68.2	0.23	0.004	0.216
26	250	1676	66.2	0.20	0.004	0.179
27	260	1674	64.2	0.16	0.002	0.152
28	270	1673	63.2	0.14	0.000	0.143
29	280	1673	63.2	0.14	0.000	
30	290	1673	63.2	0.14		

Anexo A.37. Resumen del modelo de regresión lineal (50 °C a 3,5 m/s).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,964	0,928	0,926	0,396

Anexo A.38. ANVA de regresión lineal (50 °C a 3,5 m/s).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	57,089	1	57,089	363,449	0,000
Residual	4,398	28	0,157		
Total	61,487	29			

Anexo A.39. Coeficientes de la ecuación lineal (50 °C a 3,5 m/s).

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo (min)	-0,016	0,001	-0,964	-19,064	0,000
(Constante)	4,070	0,141		28,832	0,000

Anexo A.40. Resumen del modelo de regresión logarítmica (50 °C a 3,5 m/s).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,980	0,959	0,958	0,271

Anexo A.41. ANVA de regresión logarítmica (50 °C a 3,5 m/s).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	46,971	1	46,971	639,442	0,000
Residual	1,983	27	0,073		
Total	48,954	28			

Anexo A.42. Coeficientes de la ecuación logarítmica (50 °C a 3,5 m/s).

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
ln(Tiempo (min))	-1,528	0,060	-0,980	-25,287	0,000
(Constante)	8,913	0,292		30,523	0,000

Anexo A.43. Datos de secado de rodajas de noni (60 °C a 3,0 m/s)

	t	P1	P2=P1-SB	(P2-S)/S		
N°	Tiempo (min)	Peso estructura + Noni al Tiempo t(g)	Peso Rodajas al tiempo t(g)	Humedad Residual(g agua/g planta seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/ g planta seca)
1	0	2110	500.2	6.72	0.069	6.380
2	10	2065.5	455.7	6.04	0.097	5.554
3	20	2003	393.2	5.07	0.032	4.910
4	30	1982	372.2	4.75	0.037	4.562
5	40	1958	348.2	4.38	0.036	4.199
6	50	1935	325.2	4.02	0.051	3.767
7	60	1902	292.2	3.51	0.009	3.466
8	70	1896	286.2	3.42	0.009	3.373
9	80	1890	280.2	3.33	0.003	3.311
10	90	1888	278.2	3.30	0.048	3.057
11	100	1857	247.2	2.82	0.012	2.755
12	110	1849	239.2	2.69	0.026	2.562
13	120	1832	222.2	2.43	0.020	2.331
14	130	1819	209.2	2.23	0.029	2.084
15	140	1800	190.2	1.94	0.006	1.906
16	150	1796	186.2	1.88	0.020	1.775
17	160	1783	173.2	1.67	0.019	1.582
18	170	1771	161.2	1.49	0.032	1.331
19	180	1750.5	140.7	1.17	0.019	1.076
20	190	1738	128.2	0.98	0.025	0.856
21	200	1722	112.2	0.73	0.011	0.679
22	210	1715	105.2	0.62	0.015	0.547
23	220	1705	95.2	0.47	0.000	0.470
24	230	1705	95.2	0.47	0.000	
25	240	1705	95.2	0.47		

Anexo A.44. Resumen del modelo de regresión lineal (60 °C a 3,0 m/s).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,977	0,955	0,953	0,381

Anexo A.45. ANVA de regresión lineal (60 °C a 3,0 m/s).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	70,772	1	70,772	488,024	0,000
Residual	3,335	23	0,145		
Total	74,107	24			

Anexo A.46. Coeficientes de la ecuación lineal (60 °C a 3,0 m/s).

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo (min)	-0,023	0,001	-0,977	-22,091	0,000
(Constante)	5,451	0,148		36,868	0,000

Anexo A.47. Resumen del modelo de regresión logarítmica (60 °C a 3,0 m/s).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,968	0,936	0,933	0,406

Anexo A.48. ANVA de regresión logarítmica (60 °C a 3,0 m/s).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	53,236	1	53,236	322,716	0,000
Residual	3,629	22	0,165		
Total	56,865	23			

Anexo A.49. Coeficientes de la ecuación logarítmica (60 °C a 3,0 m/s).

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
ln(Tiempo (min))	-1,832	0,102	-0,968	-17,964	0,000
(Constante)	10,882	0,475		22,915	0,000

Anexo A.50. Datos de secado de rodajas de noni (60 °C a 3,5 m/s)

	t	P1	P2=P1-SB	(P2-S)/S		
N°	Tiempo (min)	Peso estructura + Noni al Tiempo t(g)	Peso Rodajas al tiempo t(g)	Humedad Residual(g agua/g planta seca)	dY/dt (g agua/g ss.min)	Ym (g agua/ g planta seca)
1	0	2042	432.2	6.66	0.043	6.446
2	10	2018	408.2	6.23	0.030	6.083
3	20	2001	391.2	5.93	0.004	5.915
4	30	1999	389.2	5.90	0.005	5.870
5	40	1996	386.2	5.84	0.016	5.764
6	50	1987	377.2	5.68	0.021	5.578
7	60	1975	365.2	5.47	0.044	5.250
8	70	1950	340.2	5.03	0.019	4.931
9	80	1939	329.2	4.83	0.069	4.488
10	90	1900	290.2	4.14	0.004	4.125
11	100	1898	288.2	4.11	0.023	3.992
12	110	1885	275.2	3.88	0.028	3.735
13	120	1869	259.2	3.59	0.051	3.336
14	130	1840	230.2	3.08	0.019	2.986
15	140	1829.5	219.7	2.89	0.051	2.641
16	150	1801	191.2	2.39	0.009	2.344
17	160	1796	186.2	2.30	0.009	2.255
18	170	1791	181.2	2.21	0.019	2.114
19	180	1780	170.2	2.02	0.018	1.928
20	190	1770	160.2	1.84	0.018	1.750
21	200	1760	150.2	1.66	0.007	1.626
22	210	1756	146.2	1.59	0.046	1.360
23	220	1730	120.2	1.13	0.009	1.086
24	230	1725	115.2	1.04	0.012	0.979
25	240	1718	108.2	0.92	0.016	0.838
26	250	1709	99.2	0.76	0.009	0.714
27	260	1704	94.2	0.67	0.016	0.590
28	270	1695	85.2	0.51	0.007	0.474
29	280	1691	81.2	0.44	0.037	0.253
30	290	1670	60.2	0.07	0.004	0.049
31	300	1668	58.2	0.03	0.000	0.031
32	310	1668	58.2	0.03	0.000	
33	320	1668	58.2	0.03		

Anexo A.51. Resumen del modelo de regresión lineal (60 °C a 3,5 m/s).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,988	0,976	0,976	0,338

Anexo A.52. Análisis de varianza del modelo de regresión lineal (60 °C a 3,5 m/s).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	146,136	1	146,136	1,279,714	0,000
Residual	3,540	31	0,114		
Total	149,676	32			

Anexo A.53. Coeficientes de la ecuación lineal (60 °C a 3,5 m/s).

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Tiempo (min)	-0,022	0,001	-,988	-35,773	0,000
(Constante)	6,351	0,115		55,215	0,000

Anexo A.54. Resumen del modelo de regresión logarítmica (60 °C a 3,5 m/s).

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación
0,938	0,881	0,877	0,732

Anexo A.55. ANVA de regresión logarítmica (60 °C a 3,5 m/s).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	118,375	1	118,375	221,182	0,000
Residual	16,056	30	0,535		
Total	134,431	31			

Anexo A.56. Coeficientes de la ecuación logarítmica (60 °C a 3,5 m/s).

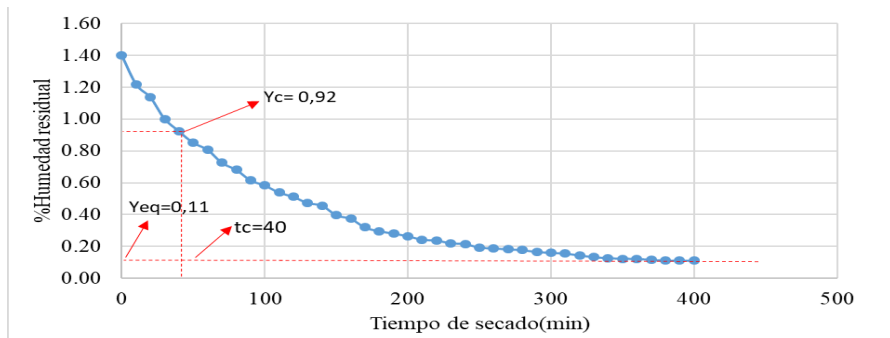
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error típico	Beta		
ln(Tiempo (min))	-2,283	0,154	-0,938	-14,872	0,000
(Constante)	13,772	0,756		18,218	0,000

Anexo A.57. Resultados del porcentaje de radicales libres.

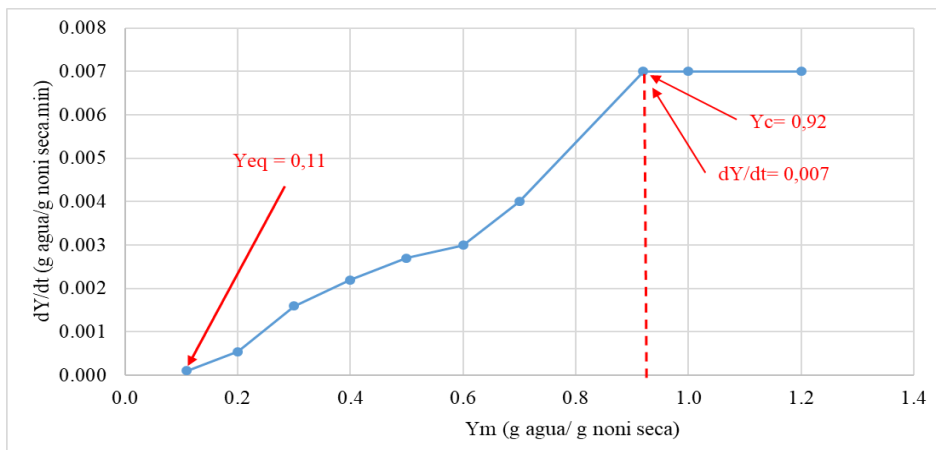
MUESTRA	porcentaje de Radicales Libres		
	% R.L. 1	% R.L. 2	% R.L.3
30° - 3,0 m/s	99,12	95,58	75,22
30° - 3,5 m/s	79,35	97,94	99,71
40° - 3,0 m/s	85,25	89,68	97,64
40° - 3,5 m/s	99,71	95,28	95,28
50° - 3,0 m/s	88,50	93,81	99,12
50° - 3,5 m/s	95,58	99,12	96,46
60° - 3,0 m/s	87,32	96,17	64,31
60° - 3,5 m/s	91,15	77,88	89,38

Anexo B. Gráficas

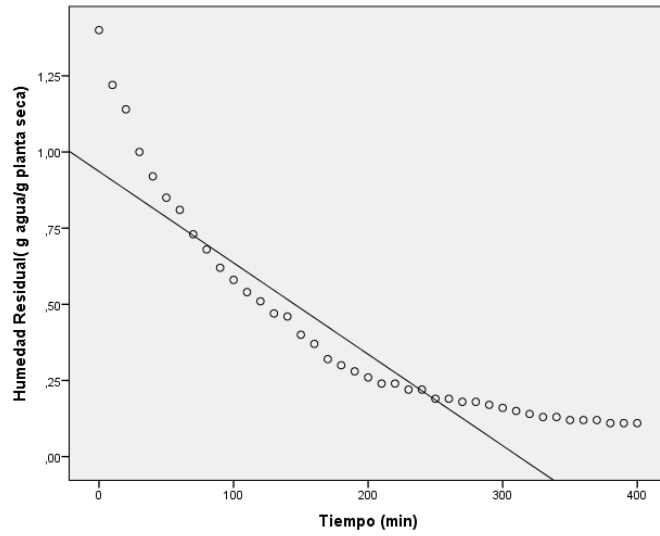
Anexo B.1. Humedad residual vs. Tiempo (30°C a 3,0 m/s)



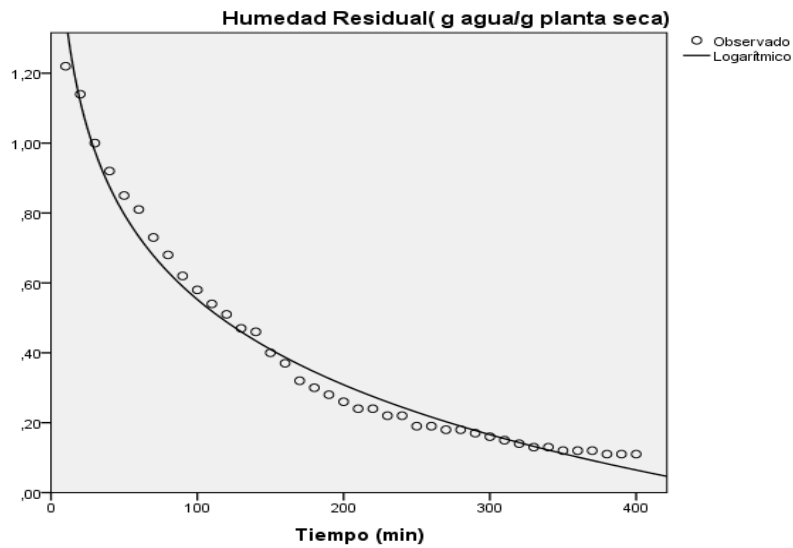
Anexo B.2. Velocidad de secado vs. Humedad (30°C a 3,0 m/s)



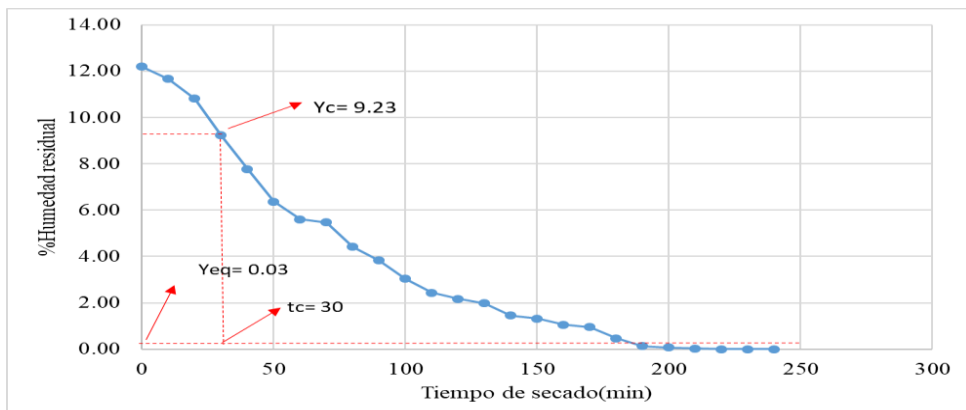
Anexo B.3. La ecuación de la línea recta será de la forma: $y = -0,003x + 0,936$



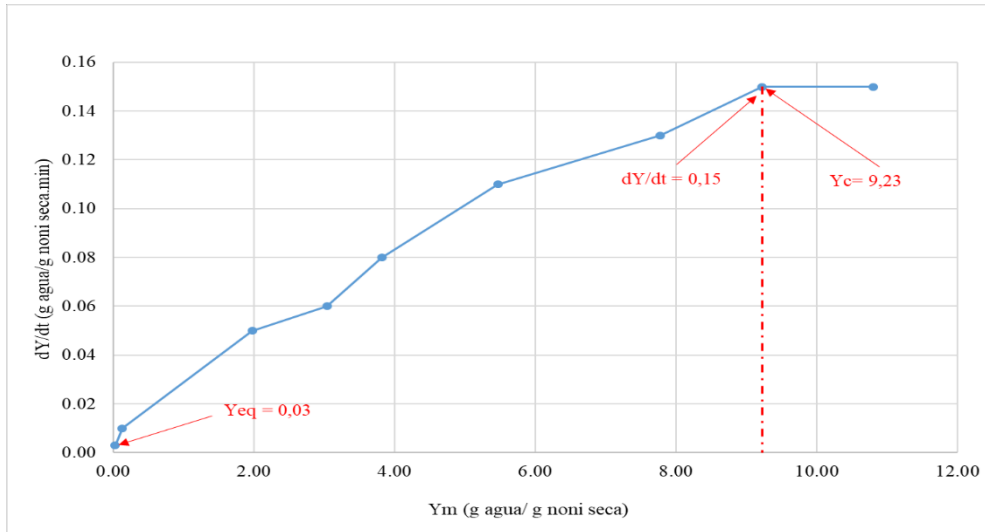
Anexo B.4. Curva logarítmica ($y = -0,352 \ln(x) + 2,174$)



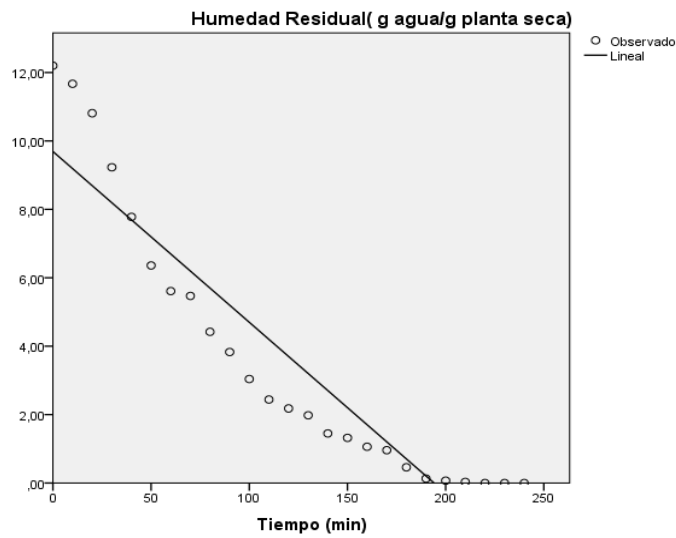
Anexo B.5. Humedad residual vs. Tiempo (30°C a 3,5 m/s)



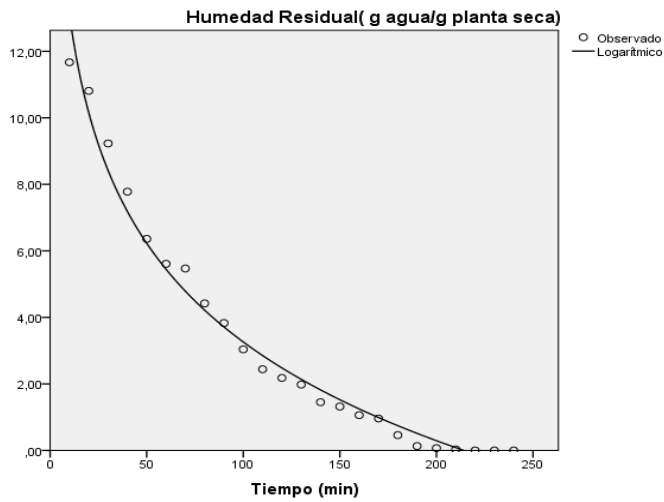
Anexo B.6. Velocidad de secado vs. Humedad (30°C a 3,5 m/s)



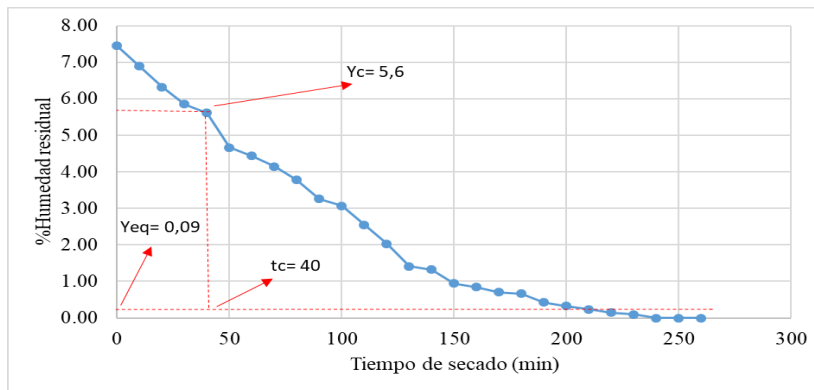
Anexo B.7. Curva de línea recta ($y = -0,050x + 9,691$)



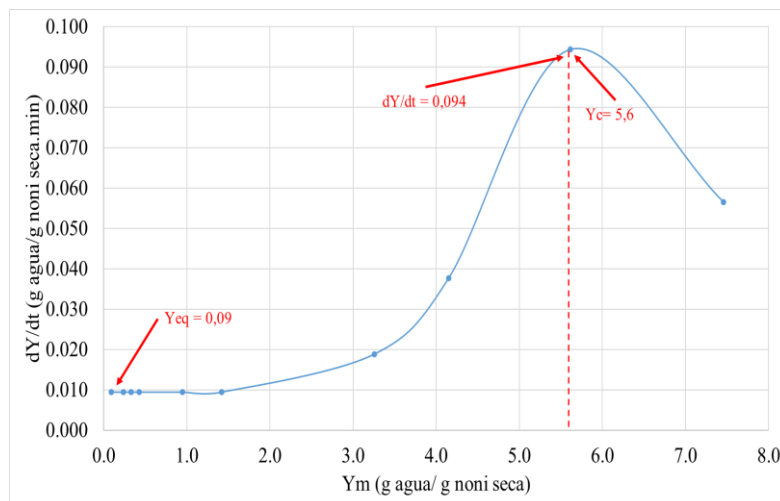
Anexo B.8. Curva logarítmica ($y = -4,282 \ln(x) + 22,980$)



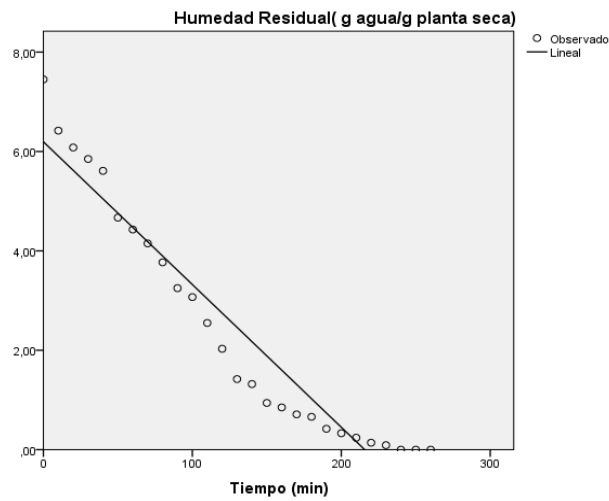
Anexo B.9. Humedad residual Vs. tiempo (40°C a 3,0 m/s)



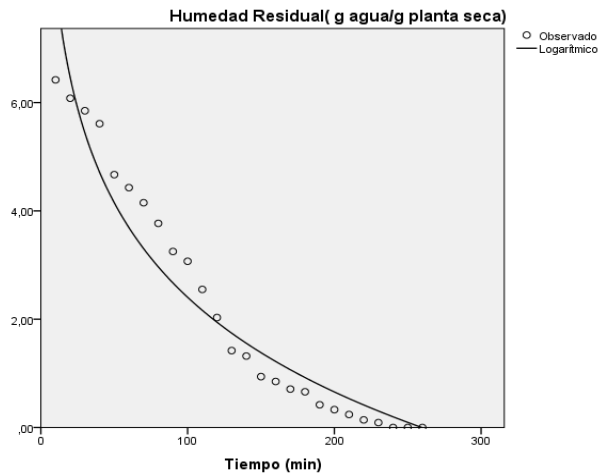
Anexo B.10. Humedad residual Vs. tiempo (40°C a 3,0 m/s)



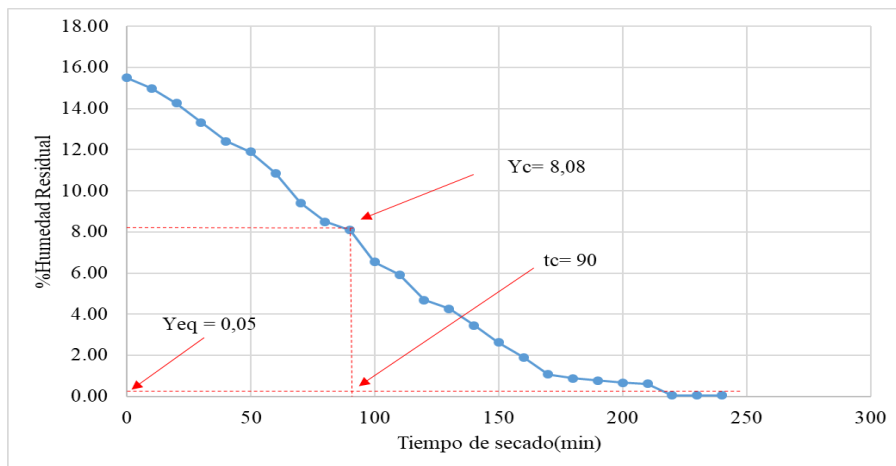
Anexo B.11. Curva línea recta será de la forma: $y = -0,029x + 6,195$



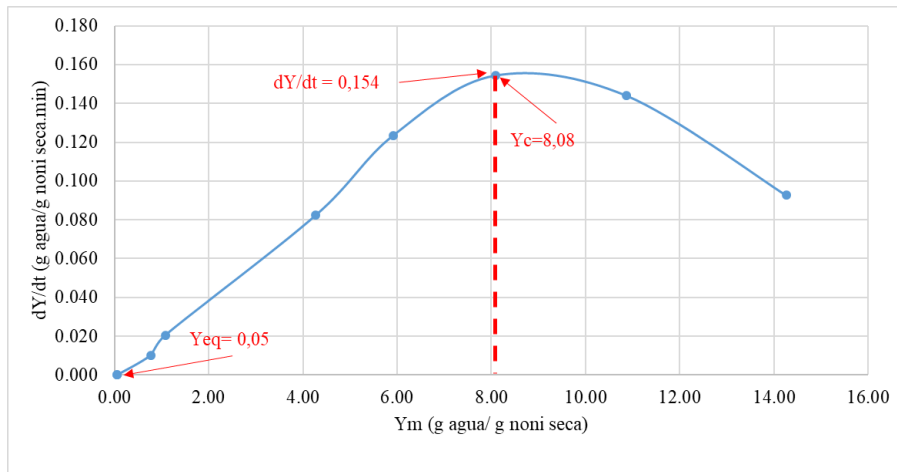
Anexo B.12. Curva logarítmica será de la forma: $y = -2,521\ln(x) + 14,014$



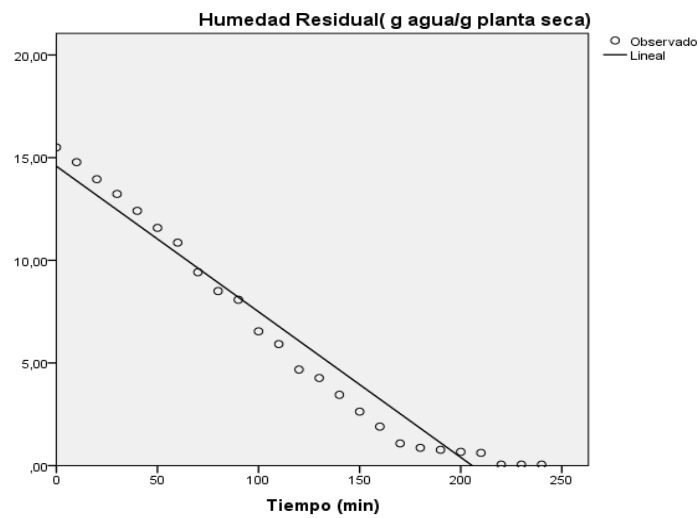
Anexo B.13. Humedad residual Vs. tiempo (40°C a 3,5 m/s)



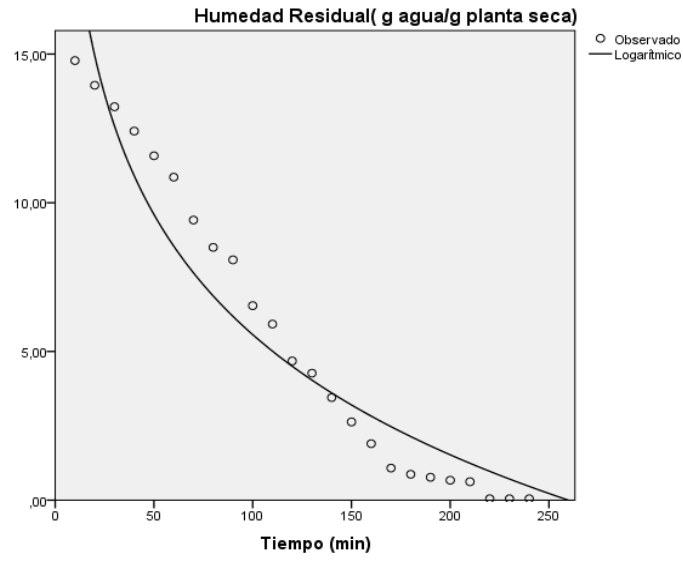
Anexo B.14. Velocidad de secado Vs. humedad (40°C a 3,5 m/s)



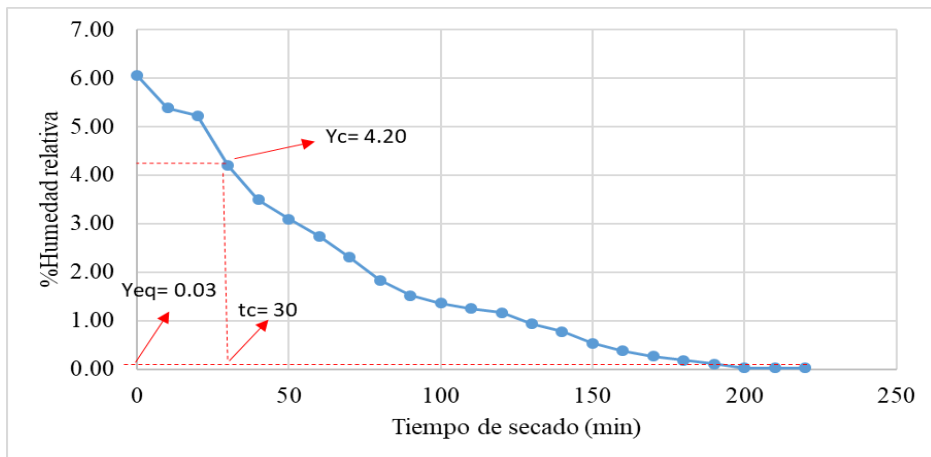
Anexo B.15. Curva línea recta será de la forma: $y = -0,071x + 14,583$



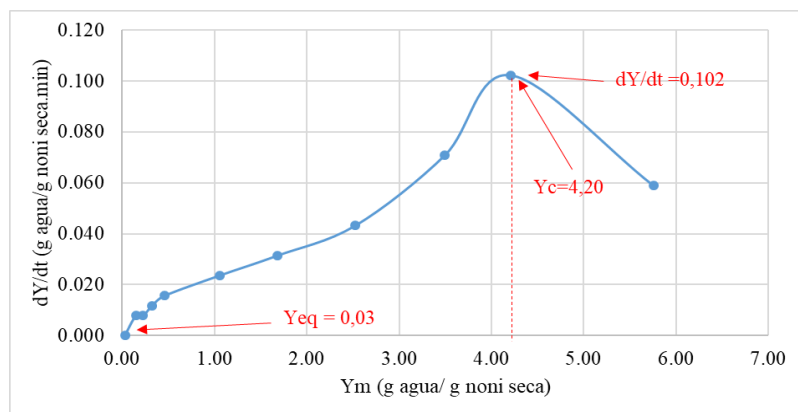
Anexo B.16. Curva logarítmica será de la forma: $y = -5,829\ln(x) + 32,410$



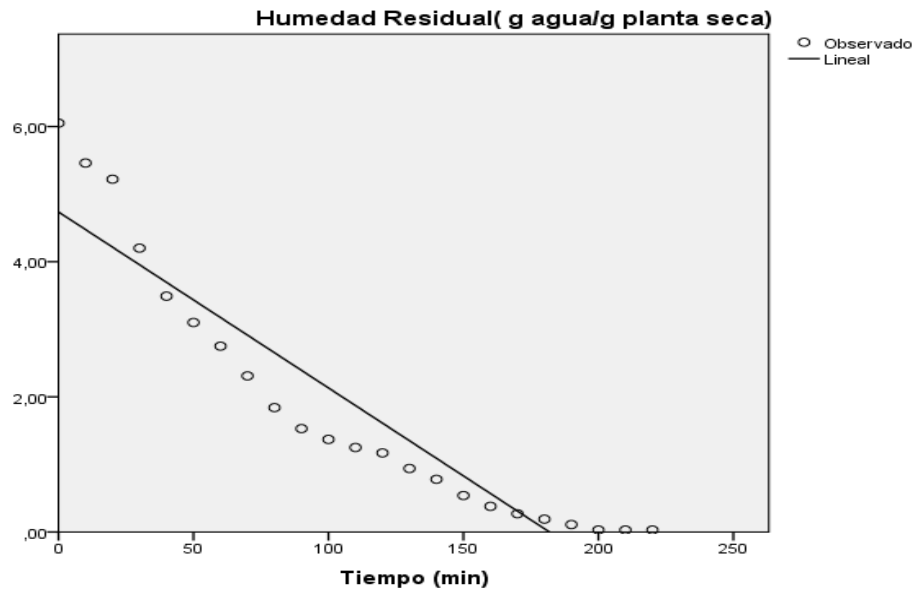
Anexo B.17. Humedad residual Vs. tiempo (50°C a 3,0 m/s)



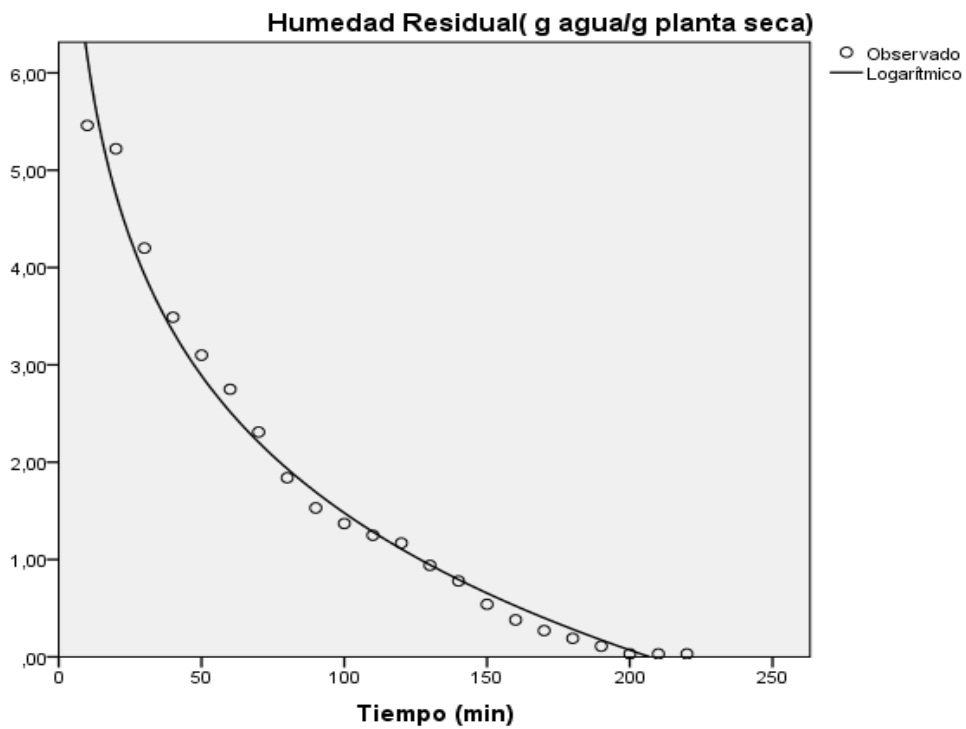
Anexo B.18. Velocidad de secado Vs. Humedad (50°C a 3,0 m/s)



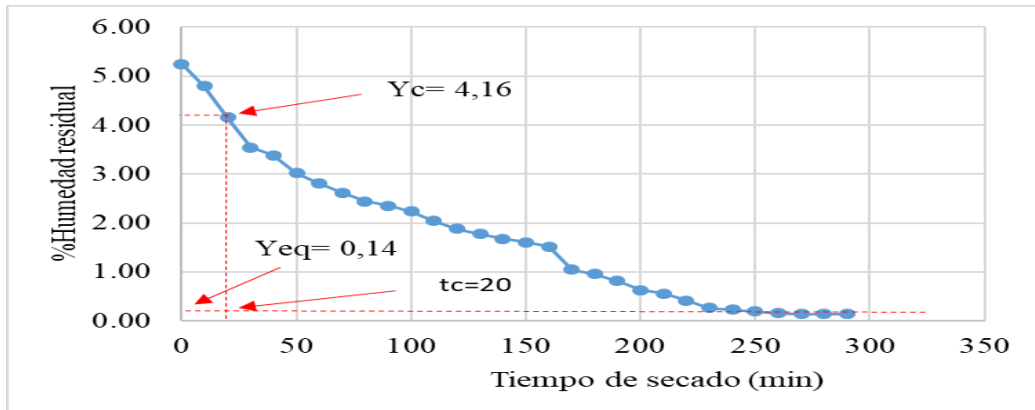
Anexo B.19. Curva de línea recta será de la forma: $y = -0,026x + 4,736$



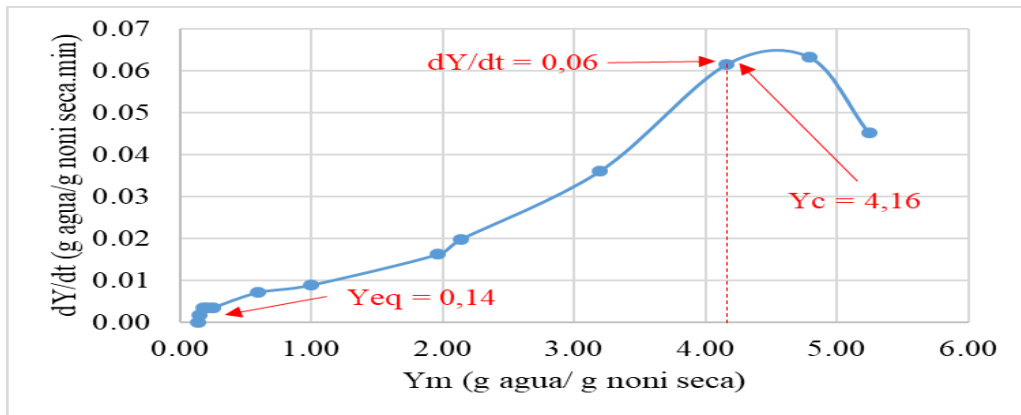
Anexo B.20. Curva logarítmica será de la forma: $y = -2,034\ln(x) + 10,846$



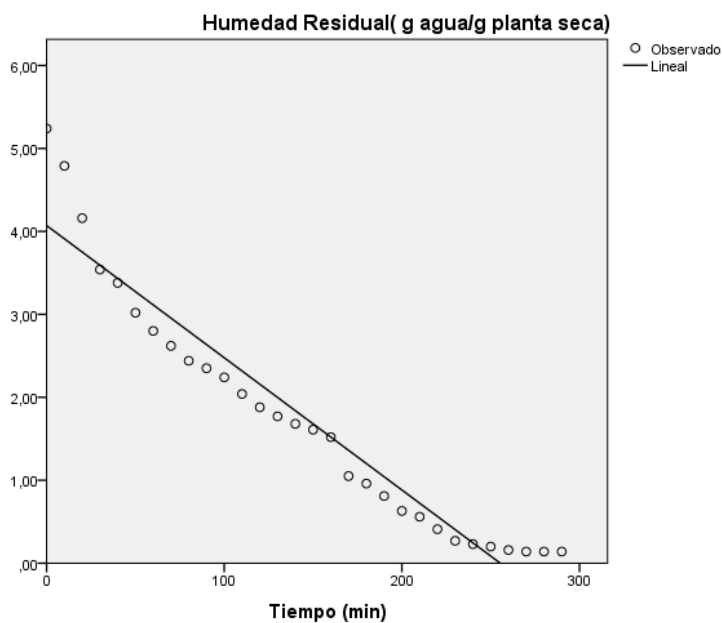
Anexo B.21. Humedad residual Vs. tiempo (50°C a 3,5 m/s)



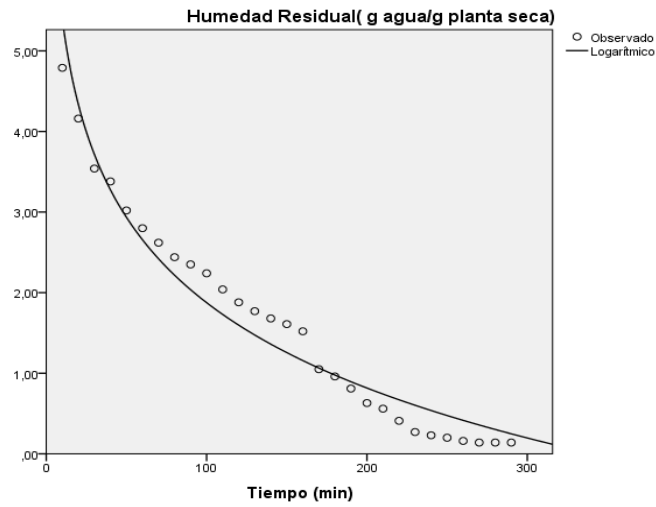
Anexo B.22. Velocidad de secado Vs. Humedad (50°C a 3,5 m/s).



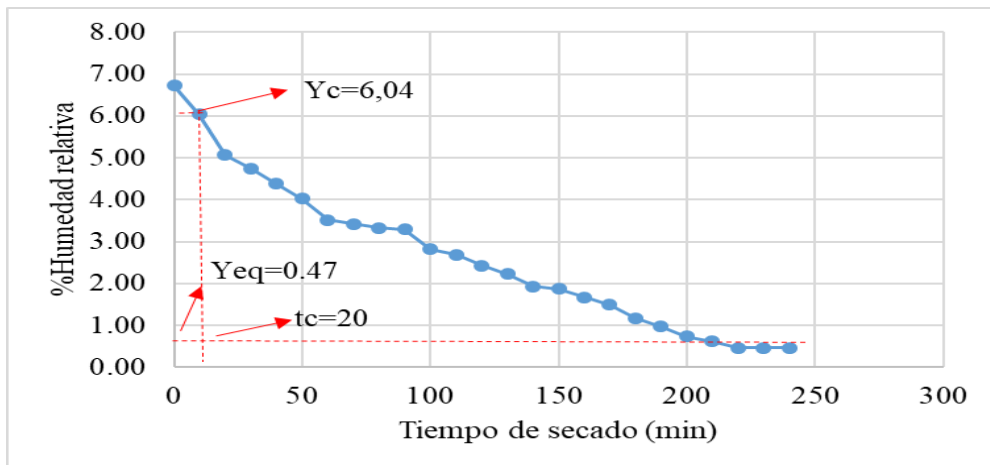
Anexo B.23. Curva de línea recta será de la forma: $y = -0,016x + 4,070$



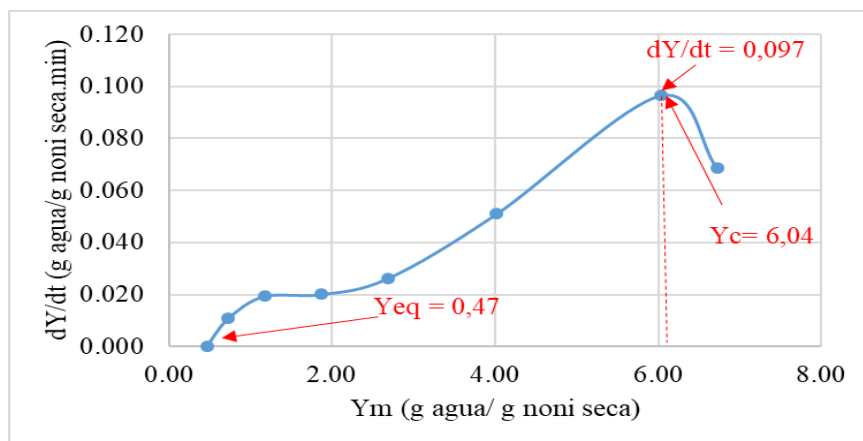
Anexo B.24. Curva logarítmica será de la forma: $y = -1,528\ln(x) + 8,913$



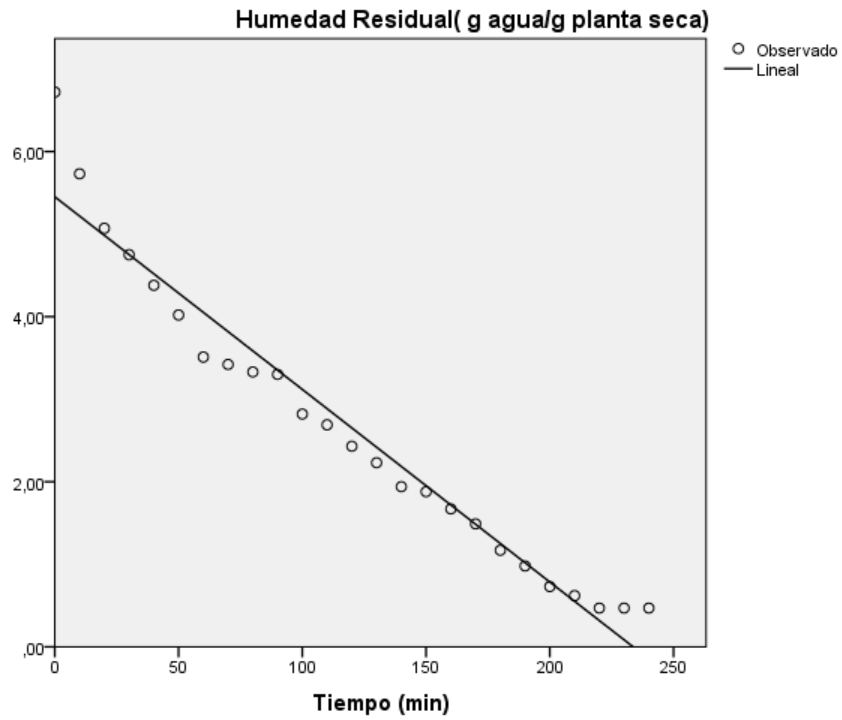
Anexo B.25. Humedad residual Vs. tiempo (60°C a 3,0 m/s)



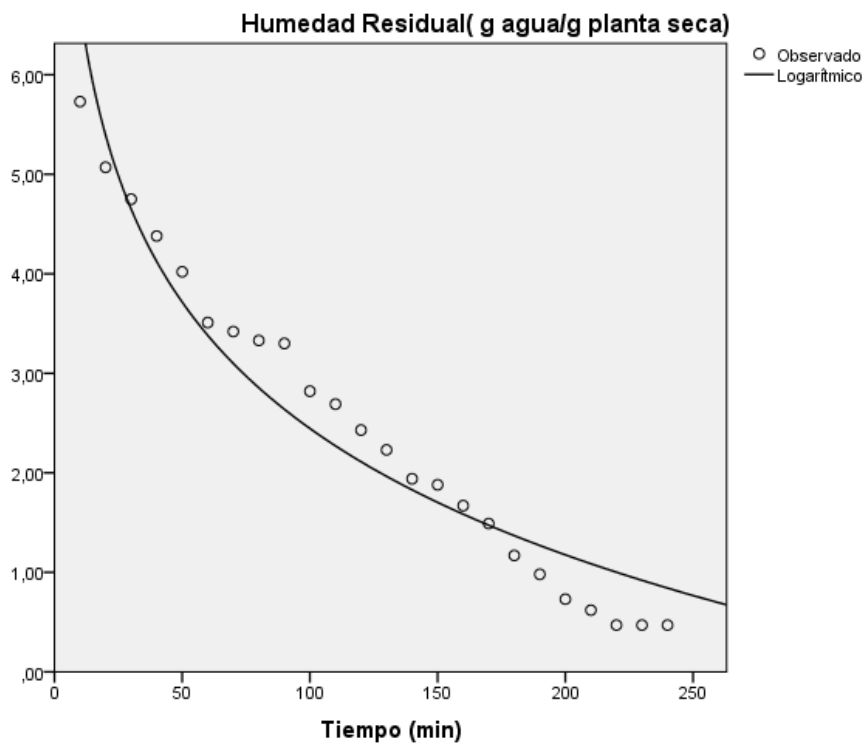
Anexo B.26. Velocidad de secado Vs. Humedad (60°C a 3,0 m/s)



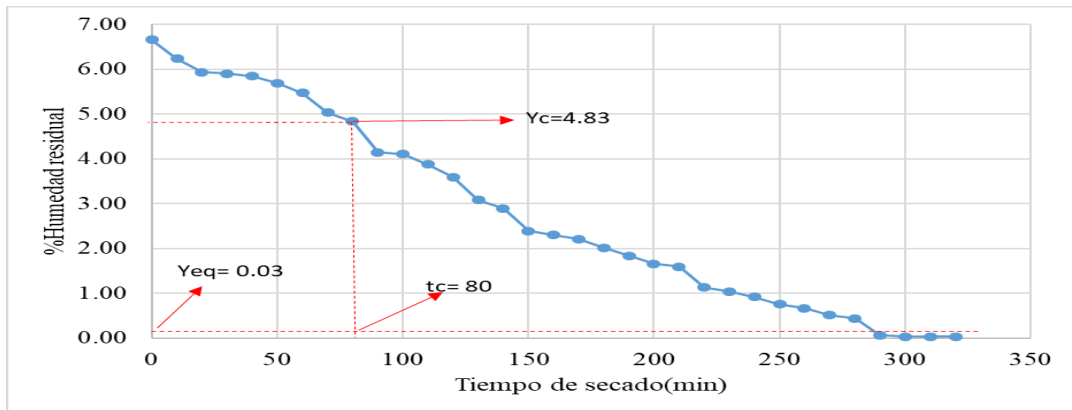
Anexo B.27. Curva de línea recta será de la forma: $y = -0,023x + 5,451$



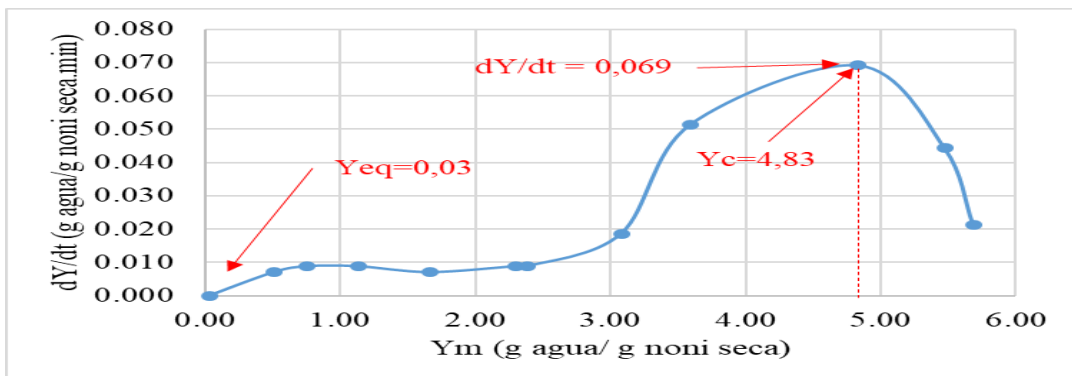
Anexo B.28. Curva logarítmica será de la forma: $y = -1,832\ln(x) + 10,882$



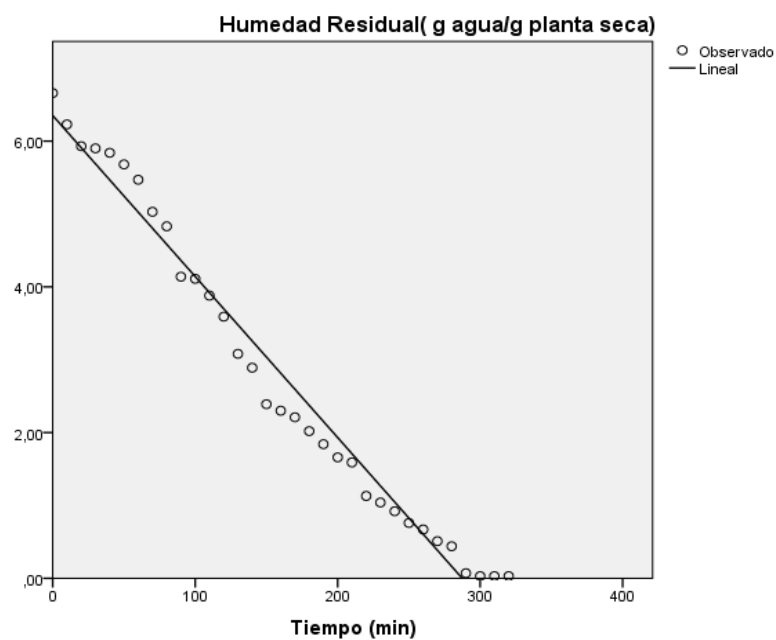
Anexo B.29. Humedad residual Vs. tiempo (60°C a 3,5 m/s)



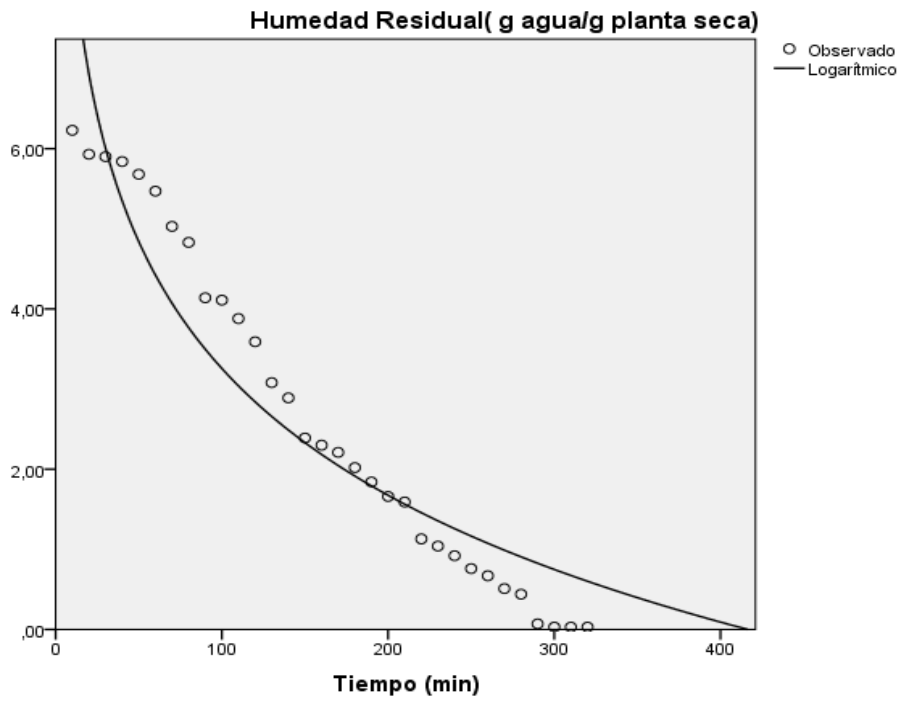
Anexo B.30. Velocidad de secado Vs. Humedad (60°C a 3,5 m/s)



Anexo B.31. Curva de línea recta será de la forma: $y = -0,022x + 6,351$



Anexo B.32. Curva logarítmica será de la forma: $y = -2,283\ln(x) + 13,772$



Anexo C. Análisis estadístico

Anexo C.1. Resumen del porcentaje de radicales libres de los 8 tratamiento.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T1	3	269,911504	89,9705015	166,288146
T2	3	276,99115	92,3303835	127,130812
T3	3	272,566372	90,8554572	39,4183831
T4	3	290,265487	96,7551622	6,52622236
T5	3	281,415929	93,8053097	28,1932806
T6	3	291,150442	97,0501475	3,39363563
T7	3	247,787611	82,5958702	270,446655
T8	3	258,40708	86,1356932	51,94873

Anexo C.2. Resumen (ANVA) de un factor del porcentaje de radicales libres

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	523,370402	7	74,7672003	0,86268287	0,55500681	2,6571966
Dentro de los grupos	1386,69173	16	86,668233			
Total	1910,06213	23				

Anexo C.3. Resumen de % de radicales libres a (30°C a 3.0 y 3.5 m/s)

RESUMEN	3	3,5	Total
30			
Cuenta	3	3	6
Suma	0,115	0,067	0,182
Promedio	0,03833333	0,02233333	0,03033333
Varianza	0,00021233	0,00018433	0,00023547

Anexo C.4. Resumen de % de radicales libres a (40°C a 3.0 y 3.5 m/s)

RESUMEN	3	3,5	Total
40			
Cuenta	3	3	6
Suma	0,065	0,07	0,135
Promedio	0,021666667	0,023333333	0,0225
Varianza	5,03333E-05	8,3333E-06	0,0000243

Anexo C.5. Resumen de % de radicales libres a (50°C a 3.0 y 3.5 m/s)

RESUMEN	3	3,5	Total
50			
Cuenta	3	3	6
Suma	0,067	0,063	0,13
Promedio	0,022333333	0,021	0,021666667
Varianza	7,4333E-05	0,000007	3,3067E-05

Anexo C.6. Resumen de % de radicales libres a (60°C a 3.0 y 3.5 m/s)

RESUMEN	3	3,5	Total
60			
Cuenta	3	3	6
Suma	0,148	0,104	0,252
Promedio	0,049333333	0,034666667	0,042
Varianza	0,000345333	6,6333E-05	0,0002292

Anexo C.7. Resumen (ANVA) de dos factores del porcentaje de radicales libres

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Temperatura	0,00160046	3	0,00053349	4,50041008	0,01796224	3,23887152
Velocidad	0,00034504	1	0,00034504	2,91072056	0,10732468	4,49399848
AxB	0,00036846	3	0,00012282	1,0360867	0,40321894	3,23887152
Dentro del grupo	0,00189667	16	0,00011854			
Total	0,00421063	23				

Anexo C.8. Resumen del porcentaje de radicales libres de los 8 tratamiento.

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T1	3	269,911504	89,9705015	166,288146
T2	3	276,99115	92,3303835	127,130812
T3	3	272,566372	90,8554572	39,4183831
T4	3	290,265487	96,7551622	6,52622236
T5	3	281,415929	93,8053097	28,1932806
T6	3	291,150442	97,0501475	3,39363563
T7	3	247,787611	82,5958702	270,446655
T8	3	258,40708	86,1356932	51,94873

Anexo C.9. Resumen (ANVA) de un factor del porcentaje de radicales libres

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	523,370402	7	74,7672003	0,86268287	0,55500681	2,6571966
Dentro de los grupos	1386,69173	16	86,668233			
Total	1910,06213	23				

Anexo C.10. Resumen de % de radicales libres a (30°C a 3.0 y 3.5 m/s)

RESUMEN	3	3,5	Total
30			
Cuenta	3	3	6
Suma	0,115	0,067	0,182
Promedio	0,03833333	0,02233333	0,03033333
Varianza	0,00021233	0,00018433	0,00023547

Anexo C.11. Resumen de % de radicales libres a (40°C a 3.0 y 3.5 m/s)

RESUMEN	3	3,5	Total
40			
Cuenta	3	3	6
Suma	0,065	0,07	0,135
Promedio	0,021666667	0,02333333	0,0225
Varianza	5,03333E-05	8,3333E-06	0,0000243

Anexo C.12. Resumen de % de radicales libres a (50°C a 3.0 y 3.5 m/s)

RESUMEN	3	3,5	Total
50			
Cuenta	3	3	6
Suma	0,067	0,063	0,13
Promedio	0,02233333	0,021	0,02166667
Varianza	7,4333E-05	0,000007	3,3067E-05

Anexo C.13. Resumen de % de radicales libres a (60°C a 3.0 y 3.5 m/s)

RESUMEN	3	3,5	Total
60			
Cuenta	3	3	6
Suma	0,148	0,104	0,252
Promedio	0,049333333	0,03466667	0,042
Varianza	0,000345333	6,6333E-05	0,0002292

Anexo C.14. Resumen (ANVA) de dos factores del porcentaje de radicales libres

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Temperatura	0,00160046	3	0,00053349	4,50041008	0,01796224	3,23887152
Velocidad	0,00034504	1	0,00034504	2,91072056	0,10732468	4,49399848
AxB	0,00036846	3	0,00012282	1,0360867	0,40321894	3,23887152
Dentro del grupo	0,00189667	16	0,00011854			
Total	0,00421063	23				

Anexo C.15. Resumen (ANVA) de dos factores de Velocidad de secado

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
velocidad	251,393099	3	83,79769967	1,011182033	0,496460456	9,276628153
temperatura	4036,51125	1	4036,51125	48,70834964	0,00603759	10,12796449
Error	248,613099	3	82,871033			
Total	4536,517448	7				

Anexo D. Galería Fotográfica



Foto 1. Pesado del Noni



Foto 2. Distribución de rodajas de noni en las bandejas del secador de bandeja



Foto 3. Pesado de muestra cada 10 minutos



Foto 4. Medición de la temperatura y velocidad de aire con el anemómetro



Foto 5. Se utilizó la estufa para secar por completo las rodajas.



Foto 6. El interior de la estufa con las muestra secado

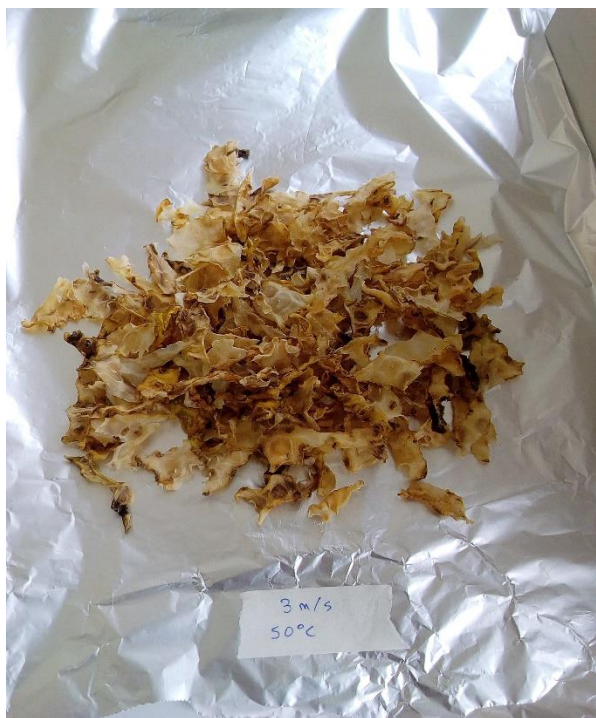


Foto 7. Las rodajas ya completamente secada.



Foto 8. Después de la molienda se utilizó la zarandadora eléctrica para obtener muestra con malla 50 y 100.



Foto 9. Las muestras de harina embolsadas.



Foto 10. Material que se utiliza para el extracto de la harina de noni



Foto 11. Rotulación de los tubos



Foto 12. Pesado de la cantidad de la harina para el extracto

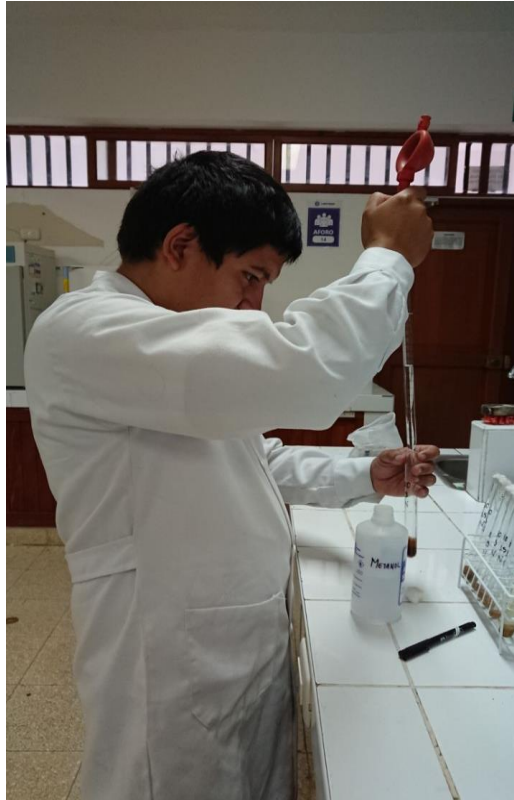


Foto 13. Agregando metanol a los tubos con harina



Foto 14. Se agitó las muestras por 15 minutos.

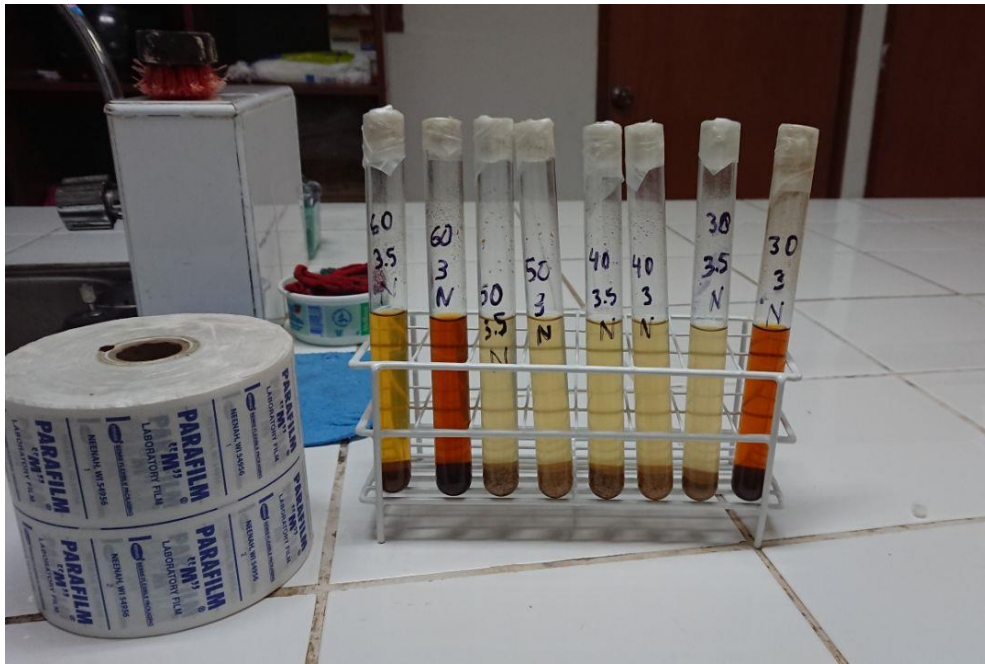


Foto 15. Todas las muestras cubiertas con parafina y listas para su refrigeración a 4°C por 24 horas.



Foto 16. Material para utilizar con el espectrómetro



Foto 17. Utilizando la micro pipeta para separar las muestras.



Foto 18. Colocando las muestras en espectrofotómetro para determinar la absorbancia