



**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**

**TÍTULO DE LA TESIS
EFECTO DE TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE SECADO EN LA
ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LA MASHUA (*Tropaeolum
tuberosum*) EN EL SECADO EN BANDEJAS**

Autor:

Bach. Royler Alvis Celis

Asesor:

Ing. MSc. Erick Aldo Auquiñivín Silva

Registro:

CHACHAPOYAS – PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedico principalmente a Dios, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A mis padres Marino y Antolina, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A mis hermanos Llonny Antonio y Lorenza Doralit, por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento.

Royler Alvis Celis

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme esta oportunidad de haber estudiado y haberme hecho alcanzar un objetivo más en mi vida.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, y a la Facultad de Ciencias Agrarias por la formación profesional recibida en sus aulas, durante los años que me acogió en mi alma mater.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, quienes me ayudaron mucho a crecer como persona y futuro profesional, por haber compartido sus conocimientos y enseñanzas.

A mi asesor de tesis, Ing. *MSc.* Erick Aldo Auquiñivín Silva por su acertada dirección y orientación en la ejecución del presente trabajo de investigación.

A los miembros del jurado por su aporte y correcciones dadas para el presente trabajo de investigación.

A todos mis compañeros (as), amigos (as) y a todas aquellas personas que de una u otra forma, fueron parte de mi vida universitaria, con los que compartí muchos momentos felices y que contribuyeron a la realización de esta investigación.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. Policarpio Chauca Valqui

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrector Académico

Dra. Flor de Teresa García Huamán

Vicerrectora de Investigación

Ing. *MSc.* Erick Aldo Auquiñivín Silva

Decano de la Facultad de

Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

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 temperatura y velocidad de secado en la actividad antioxidante de la Mashua (*T. tuberosum*) en el secado en bandejas**; del Bachiller de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial:

- **Bach. Royler Alvis Celis**

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, 16 de agosto de 2019.



Ing. MSc. Erick Aldo Auquiñivín Silva
Docente Asociado a TC de la UNTRM-A

JURADO EVALUADOR



Ms. Sc. Armstrong Barnard Fernández Jeri

Presidente



Mg. Walter Daniel Sánchez Aguilar

Secretario



Ms. Robert Javier Cruzalegui Fernández

Vocal

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, Royler Alvis Celis, identificado con DNI N° 46682414 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 temperatura y velocidad de secado en la actividad antioxidante de la Mashua (*T. tuberosum*) en el secado en bandejas.
La misma que presento para optar: Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.
- II. 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.
- III. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
- IV. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- V. 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.



DNI: 46682414

Chachapoyas, 16 de agosto de 2019.

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS

Secretaría General
Oficina de Grados y Títulos

ANEXO 2-N

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 19 de Agosto del año 2019, siendo las 18:00 horas, el aspirante: Foyler Alvis Celis defiende públicamente la tesis titulada: Efecto de temperatura y velocidad de secado en la actividad antioxidante de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en el secado en bandejas para optar el Título Profesional Ingeniero Agroindustrial, otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado, constituido por: Presidente: Ing. Armstrong Barnard Fernández Teri, Secretario: Ing. Walter Daniel Sánchez Aguilar, Vocal: Ing. Robert Javier Cruzalegui Fernández



Procedió el (los) aspirante (s) a hacer la exposición de los antecedentes, contenido de la tesis y conclusiones obtenidas de la misma, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la tesis presentada, los miembros del jurado pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones u objeciones consideraran oportunas, las cuales fueron contestadas por el los aspirante (s). Tras la intervención de los miembros del jurado y las oportunas contestaciones del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los miembros del jurado presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes. Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado determinará la calificación global concedida a la tesis, en términos de:

Notable o sobresaliente () Aprobado (X) No apto ()

Otorgada la calificación el presidente del Jurado comunica, en sesión pública, la calificación concedida. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 20:00 horas del mismo día, el jurado concluye el acto de sustentación de la tesis.

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
VOCAL

[Signature]
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS	v
JURADO EVALUADOR.....	vi
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO	vii
ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	vii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	15
II. MATERIAL Y MÉTODOS	17
4.1 Objeto de estudio	17
4.2 Diseño de la investigación.....	17
4.3 Muestra	17
4.4 Métodos y técnicas	18
4.5 Procedimiento	19
III. RESULTADOS.....	21
IV. DISCUSIÓN	25
V. CONCLUSIONES	27
VI. RECOMENDACIONES	28
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	29
VIII. ANEXOS.....	33

Anexo A. Absorción de la muestra, blanco de muestra y porcentaje de radicales libres	33
Anexo B. Gráfica de secado de mashua.....	34
Anexo C. Velocidad de secado en la mashua	35
Anexo D. Galería fotográfica	40

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Arreglo del experimento.....	17
Tabla 2. Porcentaje de captaciones de radicales libres para los tratamientos	21
Tabla 3. ANOVA de los tratamientos empleados	21
Tabla 4. Prueba de los efectos inter sujetos sobre la captación de radicales libres	22
Tabla 5. ANOVA de la velocidad de secado.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Tubérculos de <i>T. tuberosum</i> seleccionados para el estudio	17
Figura 2. Flujo de operaciones para el secado de la mashua en bandejas	19
Figura 3. Actividad antioxidante de mashua secada a diferentes temperaturas	23
Figura 4. Actividad antioxidante según las velocidades	24
Figura 5. Curva cinética del secado de <i>T. tuberosum</i> de secado	34
Figura 6. Velocidad de secado de <i>T. tuberosum</i> a 40°C y 2 m/s.....	35
Figura 7. Velocidad de secado de <i>T. tuberosum</i> a 40°C y 3 m/s.....	35
Figura 8. Velocidad de secado de <i>T. tuberosum</i> a 40°C y 5 m/s.....	36
Figura 9. Velocidad de secado de <i>T. tuberosum</i> a 50°C y 2 m/s.....	36
Figura 10. Velocidad de secado de <i>T. tuberosum</i> a 50°C y 3 m/s.....	37
Figura 11. Velocidad de secado de <i>T. tuberosum</i> a 50°C y 5 m/s.....	37
Figura 12. Velocidad de secado de <i>T. tuberosum</i> a 60°C y 2 m/s.....	38
Figura 13. Velocidad de secado de <i>T. tuberosum</i> a 60°C y 3 m/s.....	38
Figura 14. Velocidad de secado de <i>T. tuberosum</i> a 60°C y 5 m/s.....	39

RESUMEN

La investigación evaluó el efecto de temperatura y velocidad de secado en la actividad antioxidante de la mashua (*T. tuberosum*) en el secado en bandejas, debido a que la pérdida de actividad antioxidante, durante el procesado de los alimentos se ha vuelto un problema, debido a su baja resistencia a temperaturas altas de secado (Cuya, 2009). Se trabajó con mashua amarilla procedente de la provincia de Luya, ubicada a una altitud de 2311 msnm. En el presente estudio, se realizó un experimento factorial 3Ax3B bajo un Diseño Completamente al Azar con tres repeticiones, donde se emplearon diferentes temperaturas y velocidad de aire. Se determinó el efecto de la temperatura de secado, la velocidad de aire, y la interacción de ambos no es significativo en el porcentaje de captaciones de radicales libres, puesto que el valor crítico para F, en todos los casos es mayor a 0,05. Se logró una capacitación de radicales libres mayor al 50%, demostrando su potencial capacidad antioxidante de la mashua.

Palabras claves: Mashua, capacidad antioxidante, secado.

ABSTRACT

The investigation evaluated the effect of temperature and speed of drying in the antioxidant activity of the mashua (*T. tuberosum*) in the drying in trays, because the loss of antioxidant activity, during the processing of food has become a problem, due to its low resistance to high drying temperatures (Cuya, 2009). We worked with yellow mashua from the province of Luya, located at an altitude of 2311 meters above sea level. In the present study, a 3Ax3B factorial experiment was carried out under a Completely Random Design with three repetitions, where different temperatures and air velocity were used. The effect of the drying temperature, the air velocity, and the interaction of both was not significant in the percentage of free radical uptake, since the critical value for F, in all cases is greater than 0.05. A free radical training of more than 50% was achieved, demonstrating its potential antioxidant capacity of the mashua.

Keywords: Mashua, antioxidant capacity, drying.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la comunidad científica orientada a la alimentación, viene enfocándose dentro de muchas cosas en alimentos funcionales. Una de las propiedades funcionales más importantes de una matriz alimentaria es su capacidad antioxidante, puesto que se ha comprobado que son los responsables de tratamientos y prevención de algunas patologías, como también la conservación de alimentos. Dada su composición, las moléculas antioxidante evitan el deterioro de las grasas y otras moléculas con alta susceptibilidad de oxidarse (Chan, 2015).

Junto a muchas matrices alimentarias provenientes o no de la agricultura, en el Perú se han estudiado las moléculas responsables de la acción antioxidante y se ha encontrado que los compuestos fenólicos son los principales antioxidantes presentes en los vegetales. La mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) es un tubérculo rico en compuestos fenólicos, antociánicos y carotenoides (Cuya, 2009; Chan, 2015), comparable incluso al arándano, fruta antioxidante por excelencia excelente (Lara, 2017).

Un estudio comparativo, reporta que *T. tuberosum* posee actividad antioxidante superior incluso a otros tubérculos andinos muy consumidos por su calidad nutricional (Campos *et al.*, 2006).

Mejía *et al.* (2018) ha encontrado que todas las partes de la planta de *T. tuberosum* posee una elevada actividad antioxidante, asimismo menciona que su capacidad es más alto o comparable a las fuentes conocidas de antioxidantes naturales.

La industrialización de éste tubérculo ha sido también estudiado y debido a que el objetivo de los procesos de transformación es procesar buscando causar el mínimo impacto en la calidad nutritiva de los alimentos; se ha evidenciado que la temperatura y velocidad del aire en un proceso de deshidratación son fundamentales (Lara, 2017) y que antes de proponer una técnica, debe definirse adecuadamente éstos parámetros con la finalidad de obtener un deshidratado con la mayor capacidad antioxidante posible.

También, debe tenerse en cuenta la variedad de *T. tuberosum* con la que se está trabajando, puesto que estudios anteriores han evidenciado que además de poseer diferentes compuestos

responsables de su actividad antioxidante, éstos requieren de diferentes condiciones de secado (Chirinos et al., 2007; Taípe, 2017). Se ha relacionado la actividad antioxidante con el color de los tubérculos, los de color morado están asociados a la elevada presencia de compuestos antociánicos y los de color amarillo a compuestos fenólicos y carotenoides (Chirinos et al., 2008; Páucar, 2014).

Como complemento a lo antes descrito Inostroza et al. (2015) y Saavedra (2017) mencionan que los pigmentos presentes del tubérculo de *T. tuberosum*, de piel y pulpa morada, poseen una importante actividad antioxidante, sin embargo, las variedades de otro color también deben estudiarse puesto que tienen otros compuestos con elevada capacidad antioxidante.

Debe tenerse en cuenta además que los alimentos deshidratados tienen muchas ventajas, ya que al reducir el contenido de humedad y de la actividad de agua se logra inactivar y controlar el crecimiento de microorganismos patógenos y en descomposición, asegurando alimentos estables y saludables (Húngaro et al., 2014). También el secado de los alimentos reduce su peso y en muchos casos el volumen, lo que incluye en una reducción importante, de los costos de empaque, almacenamiento y transporte. Los productos secos además permiten ser almacenados a temperatura ambiente por largos periodos de tiempo (Badui, 2012).

En consecuencia, el objetivo de investigación fue evaluar el efecto de temperatura y velocidad de secado en la actividad antioxidante de *T. tuberosum* en el secado en bandejas.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Objeto de estudio

Se trabajó con mashua amarilla procedente del Distrito de Conila de la Provincia de Luya, Región Amazonas, ubicada a una altitud de 2311 msnm.



Figura 1. Tubérculos de *T. tuberosum* seleccionados para el estudio

4.2 Diseño de la investigación

En el presente estudio, se realizó un experimento factorial 3Ax3B bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones (tabla 3). Donde se emplearon diferentes temperaturas (factor A) y velocidad de aire (Factor B).

Tabla 1. Arreglo del experimento

Temperatura de secado (°C)	40			50			60		
	2	3	5	2	3	5	2	3	5
Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Repeticiones	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1
	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2
	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3

4.3 Muestra

Las muestras fueron recolectadas en el campo y trasladadas a laboratorio dentro los 8 días después de la cosecha; fueron lavados con agua, secadas a medio ambiente, posteriormente se cortaron en rodajas, secadas según tratamiento, y finalmente molidas para evaluar la actividad antioxidante.

4.4 Métodos y técnicas

a) Secado de mashua

Los tubérculos seleccionados se hizo cortes en rodajas (2 mm aproximadamente). Para el estudio correspondiente, se emplearon temperaturas de secado teniendo en cuenta tres niveles de 40, 50 y 60 °C y velocidades de aire con niveles de 2, 3 y 5 m/s, donde se aplicó a cada uno de los tratamientos.

Después de obtener las rodajas secas, se obtuvo harina con la ayuda de una máquina de moler tradicional, luego fue colocada en un tamiz vibratorio para obtener así una harina más fina y uniforme. Luego todas las muestras fueron analizadas mediante el método del DPPH.

b) Actividad antioxidante: Para esta se recurrió a la técnica de Brand-Williams et al. (1995), pero modificado para la presente investigación. Consistió en:

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 UNICO 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 preparamos las muestras con 0,75 ml de solución A y 1,5 ml de solución de DPPH, dejamos actuar por 5 min y se realiza 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 9 muestras preparadas; con los valores de las absorbancias obtenidas se determinó el % de captación de radicales libres (DPPH) mediante la siguiente formula:

% 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.

4.5 Procedimiento

En la figura se presenta flujo de operaciones para el secado en bandeja de la mashua amarilla, evaluada en esta investigación.

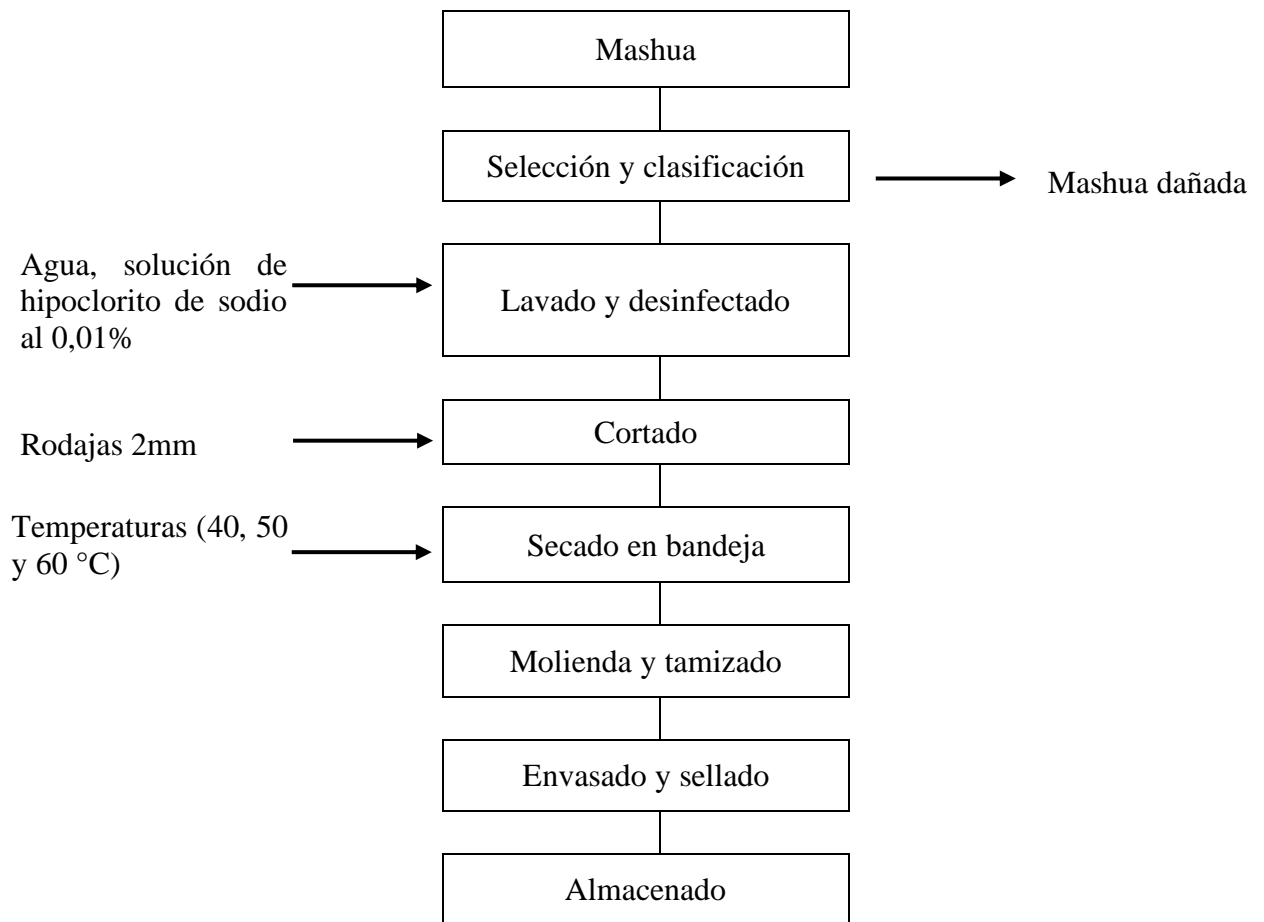


Figura 2. Flujo de operaciones para el secado de la mashua en bandejas

Fuente: (Canahualpa Carhuamaca & Solano Gomez, 2018)

Selección y clasificación

La selección de tubérculos se realizó en un sitio bajo sombra, puesto que una selección rigurosa es sinónimo de calidad. Se separó aquellos tubérculos enfermos, podridos y los

que se encuentran visiblemente dañados. Simultáneamente el material se clasificó según el peso y tamaño de los tubérculos.

Lavado y desinfectado

Los tubérculos de mashua clasificadas se lavaron con agua potable y se realizó una desinfección con hipoclorito de sodio al 0,01%, luego fueron enjuagados y oreados.

Secado en bandeja

Se cortó en rodajas con un espesor de 1 a 2 mm aproximadamente, fueron colocadas sobre las mallas en una cabina, el secado se llevó acabo por convección mediante aire forzado, generado por un ventilador eléctrico, el aire al pasar por una resistencia eléctrica se obtuvo diferentes temperaturas con cual se trabajó a 40, 50 y 60 °C con velocidades de aire 2, 3 y 5 m/s, donde se aplicó a cada uno de los tratamientos. El control de las temperaturas y las velocidades de aire se realizó con un anemómetro digital modelo TM-740.

Molienda y tamizado

Las rodajas secas de la mashua obtenida se procedieron a moler y obtener una harina fina de 105 a 297 micrones; se utilizó un molino tradicional; y para uniformizar las partículas de la harina obtenida, se utilizó un tamiz vibratorio marca sonytest modelo EJR 2000.

Envasado y sellado

Con la finalidad de guardar, mantener estable la harina de la mashua, fueron envasados en bolsas de polietileno de alta densidad y sellados herméticamente con un sellador térmico marca tecnipesa VAR9, quedando así impermeable a la humedad y al aire del medio ambiente.

III. RESULTADOS

La mashua amarilla, proveniente de la provincia de Luya, presentó un porcentaje de captaciones de radicales libres entre 90,86 a 97,94 %, correspondiente al tratamiento T3 y al tratamiento T7, respectivamente.

Tabla 2. Porcentaje de captaciones de radicales libres para los tratamientos

Tratamiento	T °C/velocidad aire (m/s)	% Captación de radicales libres
T1	40 - 2	96,40
T2	40 - 3	95,28
T3	40 - 5	90,86
T4	50 - 2	95,87
T5	50 - 3	92,63
T6	50 - 5	96,76
T7	60 - 2	97,94
T8	60 - 3	95,58
T9	60 - 5	94,99

Sin embargo, del análisis de varianza (Tabla 3), se determinó el efecto de la temperatura de secado, la velocidad de aire, y la interacción de ambos no es significativo en el porcentaje de captaciones de radicales libres, puesto que el valor crítico para F, en todos los casos es mayor a 0,05.

Tabla 3. ANOVA de los tratamientos empleados

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Temperatura	0,0025	2	0,00125	2,160	0,1443	3,5546
Velocidad de viento	0,0011	2	0,00057	0,977	0,3954	3,5546
Interacción	0,0024	4	0,00060	1,034	0,4170	2,9277
Dentro del grupo	0,0104	18	0,00058			
Total	0,0165	26				

Para evaluar la interacción que puede darse entre la velocidad y la temperatura sobre la captación de radicales libres (Tabla 4) se realizó la prueba de efecto de intersujetos. Evidenciando, que no hay diferencia significativa sobre el porcentaje de captación de radicales libres en la mashua.

Tabla 4. Prueba de los efectos inter sujetos sobre la captación de radicales libres

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig,
Modelo corregido	112,376	8	14,047	,704	,685
Intersección	244406,965	1	244406,965	12250,302	,000
Velocidad	34,646	2	17,323	,868	,437
Temperatura	17,800	2	8,900	,446	,647
Velocidad * Temperatura	59,930	4	14,982	,751	,570
Error	359,120	18	19,951		
Total	244878,461	27			
Total, corregido	471,496	26			

La Tabla 5, referente a la velocidad de pérdida de peso en la mashua durante la etapa de secado y su efecto sobre la capacidad antioxidante demuestra que no existe diferencia significativa entre este indicador y la velocidad de secado.

Tabla 5. ANOVA de la velocidad de secado

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	40717,48357	1	40717,4835	17391,27567	1,0009E-25	4,493998478
Dentro de los grupos	37,46014666	16	2,34125916			
Total	40754,94371	17				

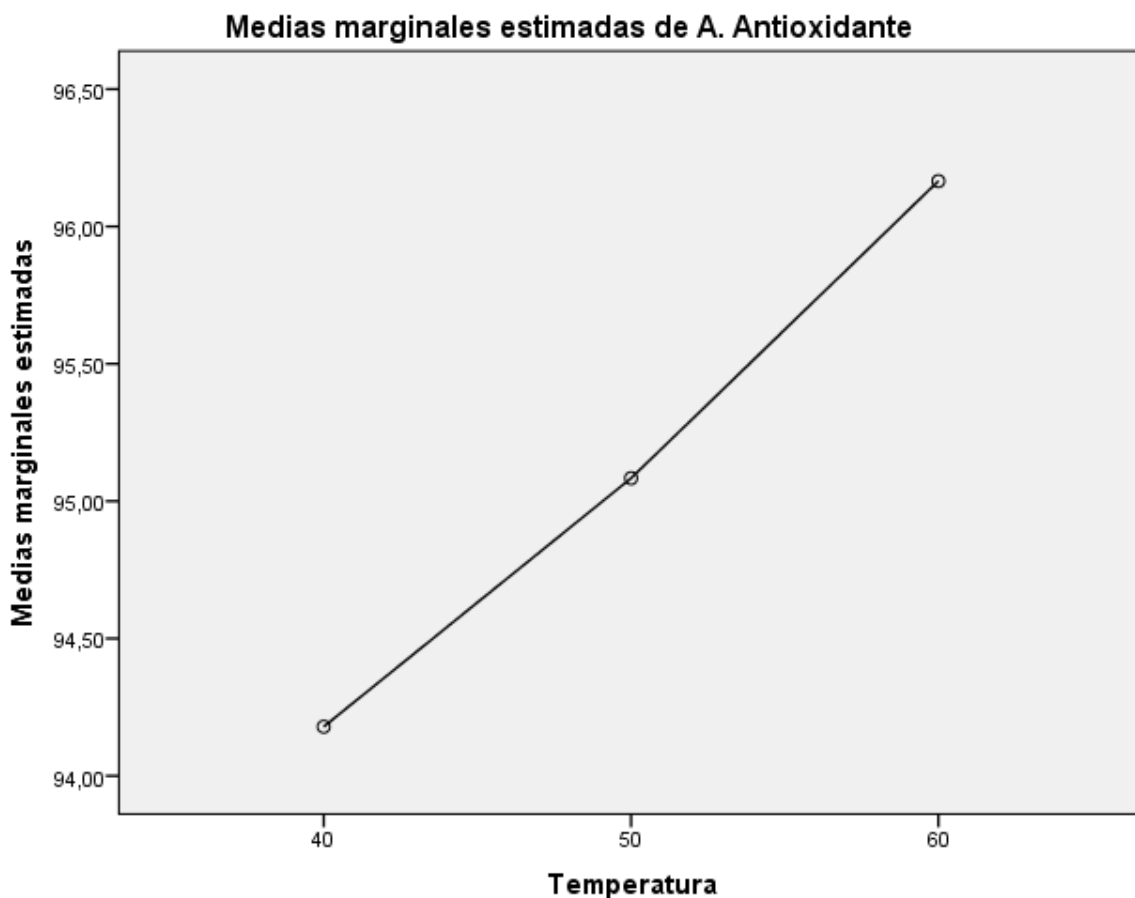


Figura 3. Actividad antioxidante de mashua secada a diferentes temperaturas

En la figura 3, se observa que el promedio de captación de radicales libres están por encima del 50%; asimismo en los datos recolectados de los tratamientos 3 y 5 se observa que son dispersos en cuanto a los valores obtenidos, en comparación al resto de tratamientos donde los valores calculados son próximos entorno a su media. Con respecto al efecto de la velocidad de aire, se observa que a una temperatura constante de 40°C , la captación de radicales libres es mayor a una velocidad de aire de 2 m/s y se decrementa cuando la velocidad de aire es mayor, es decir 3 y 5 m/s; a una temperatura constante de 50 °C el mayor valor de captaciones de radicales libres se obtuvo con el tratamiento T7, y menor en el tratamiento T3 con solo el 90,86 %; a una temperatura constante de 60 °C , se observó que la mayor captación de radicales libres se da con un secado usando una velocidad de aire igual a 2 m/s, y fue menor usando un secado con 5 m/s.

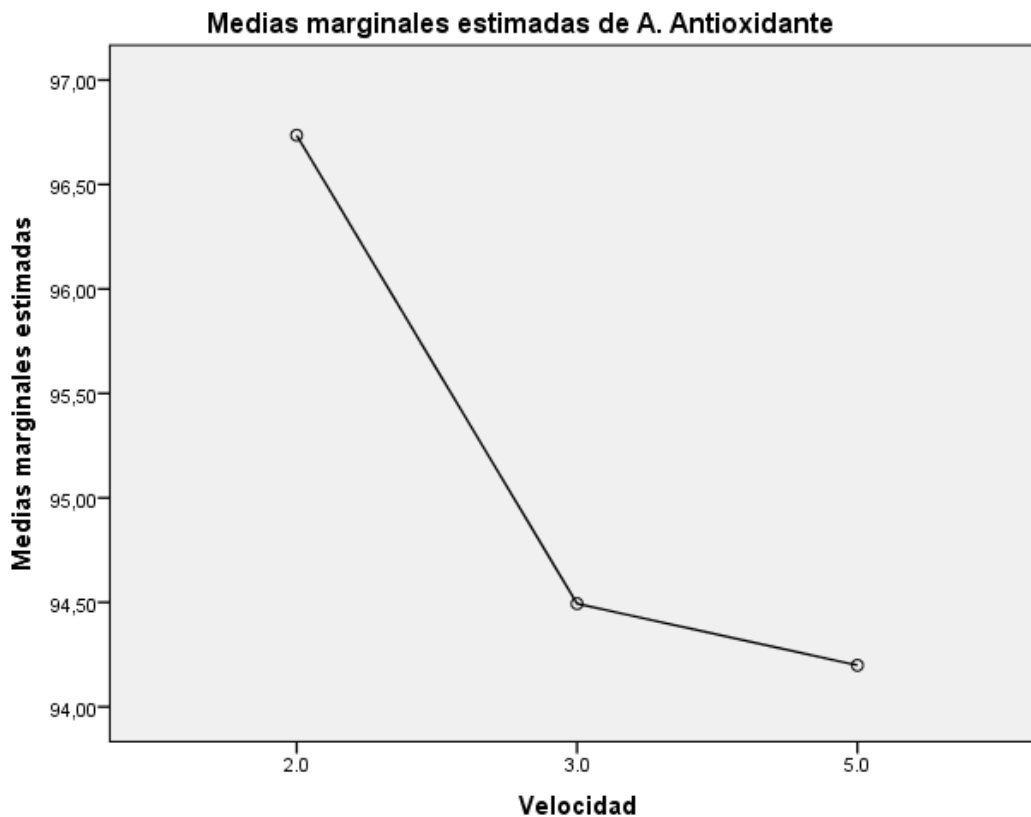


Figura 4. Actividad antioxidante según las velocidades

En la figura 4, observamos que los máximos valores en captación de radicales libres para las tres temperaturas evaluadas fueron, que a 40 °C fue igual a 96,40 %; a 50 °C igual a 96,76 % y a 60 °C fue 97,94 %. Aplicando una velocidad de 2 m/ s, se observa que a medida que se va incrementando la temperatura de secado, el porcentaje de captación de radicales libres disminuye en dos tratamientos, es decir a 40 °C: 96,40 %, 50 °C: 95,87 %, y en el otro tratamiento se obtiene un valor superior a los otros dos de 60°C: 97,94%. A una velocidad de 3 m/s y a 5 m/s, se observa que a 3 m /s el mayor porcentaje se obtuvo a 60°C: 95,58%, siguiendo a 40 °C: 95,28 % y a 50°C: 92,63 %; y a una velocidad de 5 m/ s, el máximo valor se obtuvo a 50°C: 96,76 %, luego tenemos que a 60 °C se logró una captación del 94,99 % y por último a 40 °C: 90,86 %.

IV. DISCUSIÓN

El máximo valor de captación de radicales libres (97,94 %) se dio a 60°C - 2 m/s y el menor valor encontrado (90,86%) fue con condiciones de secado de 40°C - 5 m/s, observándose una variación de aproximadamente el 7%. Esta variación en el valor, probablemente se debe a las reacciones de oxidación durante el secado, por reacción directamente con el oxígeno o otros componentes, y con menor probabilidad con los radicales de los lípidos, principalmente hidroperóxidos (compuestos que también reaccionan con los compuestos antioxidantes) es baja debido al corto tiempo (Chou y Chua, 2001), además porque el contenido de grasa en la mashua es bajo (1%). Estas reacciones se aceleran con las altas temperaturas, disminuyendo la capacidad antioxidante. Lo evidenciado en la presente investigación se corrobora con lo que menciona Pacco (2015), quien determinó que a medida que sube la temperatura de cocción disminuye la capacidad antioxidante (por encima de los 60°C como referencia).

Aunque la diferencia entre los tratamientos no fue estadísticamente significativo, se observa que a medida que se incrementaba la velocidad del aire de secado, la actividad antioxidante se redujo (Figura 4); lo cual podría ser indicador de que los compuestos presentes en *T. tuberosum*, principalmente fenoles y carotenos, son termolábiles (Chirinos, Rogez, Campos, Pedreschi, & Larondelle, 2007).

Según la teoría, a menores temperaturas de secado se modifican menos los compuestos de la matriz y se obtienen deshidratados mejor conservados y con mayor capacidad antioxidante; sin embargo, tal como se evidencia en la Figura 3, a medida que se incrementó la temperatura de secado, se obtuvo deshidratados con mayor actividad antioxidante; al respecto Cuya (2009) ha observado que la mejor retención de compuestos con capacidad antioxidante en *T. tuberosum* se obtiene al deshidratarla entre 50 y 60°C; podría deberse a que se incrementa la concentración o el proceso influye en la generación de nuevos componentes.

Los valores de actividad antioxidante (ver figura 3) obtenidos son relativamente elevados, indicador de que los rangos de temperatura y velocidad del aire de secado han sido los adecuados, Palacios (2013) obtuvo resultados similares, por lo que se confirma

éstos parámetros como óptimos para deshidratar *T. tuberosum* en secador de bandejas y garantizar un producto con potencialidad alimentaria de calidad (Campos, Noratto, Chirinos, Arbizu, & Roca, 2006).

Aunque no se han evidenciado diferencias significativas en los tratamientos, los resultados evidencian que la mashua es una matriz muy estable durante el secado, sus propiedades antioxidantes no se ven modificadas ni por la temperatura ni por la velocidad del aire. No obstante, de acuerdo a la literatura, si estos parámetros toman valores extremos podría obtenerse resultados adversos (Chirinos, Rogez, Campos, Pedreschi, & Larondelle, 2007).

V. CONCLUSIONES

Se concluye según el análisis estadístico que la temperatura de secado, la velocidad del viento y la interacción de los dos, no es significativa en el porcentaje de captaciones de radicales libres (alcanzando un valor mayor de 97,94 % a 60°C y 2m/s).

La actividad antioxidante de mashua no sufre variaciones considerables durante el secado, por lo que la temperatura del equipo puede oscilar entre 40 y 60 °C y la velocidad 2 y 5 m/s.

Asimismo, de los tratamientos aplicados se determinó que con las temperaturas trabajadas se logra una capacitación de radicales libres mayor al 50%, demostrando su potencial capacidad antioxidante de la mashua.

Del mismo modo, como no existe diferencias significativas en todos los tratamientos se escogería por conveniencia cualquiera de ellos, ahorrando así energía durante el secado ya que al seleccionar la menor temperatura estaríamos ahorrando energía, así también por otro lado se ahorraría tiempo en el secado, seleccionando la mayor temperatura de los tratamientos.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda mejorar el equipo de secador de bandejas para optimizar y obtener mejores resultados.
- Se sugiere realizar otras investigaciones empleando otros métodos de secado y técnicas de ver la capacidad de actividad antioxidante de la mashua.
- Se recomienda conocer los compuestos que están presentes en la mashua y evaluar si los mismos presentan variación en su contenido al realizar diferentes pruebas de secado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Badui, S. (2012). *La ciencia de los alimentos en la práctica* (Primera). México: Pearson.
Recuperado de https://datospdf.com/download/la-ciencia-de-los-alimentos-en-la-practica-_5a44d6f1b7d7bc422b92cedf_pdf
- 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.
- Campos, D., Noratto, G., Chirinos, R., Arbizu, C., Roca, W., & Cisneros-Zevallos, L. (2006). Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber crops: native potato (*Solanum* sp.), mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(10), 1481-1488.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.2529>
- Canahualpa Carhuamaca, F., & Solano Gomez, E. (14 de Setiembre de 2018). *ESTUDIO DE LA CINÉTICA DE SECADO Y DEGRADACIÓN DE LAS ANTOCIANINAS Y VITAMINA C DE LA MASHUA NEGRA (Tropaeolum tuberosum)*. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4369>
- Chan, J. P. (2015). *Eficacia antioxidante de los compuestos fenólicos de la mashua (Tropaeolum tuberosum) en la estabilidad del aceite de linaza (Linum usitatissimum L.)* (Tesis de Grado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1791>
- Chirinos, R., Campos, D., Arbizu, C., Rogez, H., Rees, J.-F., Larondelle, Y., ... Cisneros-Zevallos, L. (2007). Effect of genotype, maturity stage and post-harvest storage on phenolic compounds, carotenoid content and antioxidant capacity, of Andean mashua tubers (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(3), 437-446. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2719>

- Chirinos, R., Campos, D., Costa, N., Arbizu, C., Pedreschi, R., & Larondelle, Y. (2008). Phenolic profiles of andean mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón) tubers: Identification by HPLC-DAD and evaluation of their antioxidant activity. *Food Chemistry*, *106*(3), 1285-1298. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.024>
- Chou, S. K., & Chua, K. J. (2001). New hybrid drying technologies for heat sensitive foodstuffs. *Trends in Food Science & Technology*, *12*(10), 359-369. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00102-9](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00102-9)
- Cuya, R. A. (2009). *Efecto de secado en bandeja y atomización sobre la actividad antioxidante de la mashua (Tropaeolum tuberosum R&P)* (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1703>
- Húngaro, H. M., Peña, W. E. L., Silva, N. B. M., Carvalho, R. V., Alvarenga, V. O., & Sant'Ana, A. S. (2014). Food Microbiology. En *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* (pp. 213-231). Brasil: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00059-0>
- Inostroza, L. A., Castro, A. J., Hernández, E. M., Carhuapoma, M., Yuli, R. A., Collado, A., & Córdova, J. S. (2015). Actividad antioxidante de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón (Mashua) y su aplicación como colorante para yogur. *Ciencia e Investigación*, *18*(2), 83-89.
- Lara, M. V. (2017). *Deshidratación de Mashua Tropaeolum tuberosum para la obtención de hojuelas* (Tesis de Grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6153>
- Mejía, F. M., Salcedo, J. E., Vargas, S., Serna, J. A., & Torres, L. S. (2018). Capacidad antioxidante y antimicrobiana de tubérculos andinos (*Tropaeolum tuberosum* y

- Ullucus tuberosus). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 449-456. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1083>
- Pacco, W. (2015). *Evaluación del efecto del soleado y la cocción en la capacidad antioxidante del puré deshidratado de Mashua (T. tuberosum r. et p.)* (Tesis de Grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2415>
- Palacios, M. (2013). *Influencia de blanqueado y secado a dos temperaturas en el contenido de compuestos fenolicos, carotenoides y capacidad antioxidante de los tubérculos de mashua (Tropaeolum Tuberosum Ruiz & Pavón)* (Tesis de Grado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú. Recuperado de http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/526/TFAI_13.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Paucar, S. A. (2014). *Composición química y capacidad antioxidante de dos variedades de mashua (Tropaeolum tuberosum): amarilla chaucha y zapallo* (Tesis de Grado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador. Recuperado de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5112/1/58311_1.pdf
- Saavedra, J. del C. (2017). *Microencapsulación y su efecto en la retención de la capacidad antioxidante de la mashua (Tropaeolum tuberosum) secada por atomización - Lambayeque* (Tesis de Grado). Universidad Señor de Sipán, Lambayeque. Recuperado de <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/4113/Saavedra%20-%20T%C3%A1vara.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Taipe, L. (2017). *Fenoles totales y actividad antioxidante en mashua (Tropaeolum tuberosum) en estado fresco, soleado y cocido de las variedades amarillo zapallo y*

negra (Tesis de Grado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1592>

VIII. ANEXOS

Anexo A. Absorción de la muestra, blanco de muestra y porcentaje de radicales libres

MUESTRA	PATRON (A1)	ABSORCIÓN DE LA MUESTRA (A2)			ABSORCIÓN DEL BLANCO DE MUESTRA			PROMEDIO BLANCO DE MUESTRA (A3)	% CAPTACIÓN DE RADICALES LIBRES			PROMEDIO % DE RADICALES LIBRES
		R1	R2	R3	R1	R2	R3		R1	R2	R3	
40° - 2 m/s	0,113	0,019	0,02	0,0142	0,003	0,0120	0,0260	0,0137	95,28	94,40	99,53	96,40
40° - 3 m/s	0,113	0,025	0,016	0,017	0,0010	0,0210	0,0200	0,0140	90,27	98,23	97,35	95,28
40° - 5 m/s	0,113	0,01	0,013	0,03	0,0080	0,0020	0,0120	0,0073	97,64	94,99	79,94	90,86
50° - 2 m/s	0,113	0,018	0,018	0,012	0,018	0,006	0,01	0,0113	94,10	94,10	99,41	95,87
50° - 3 m/s	0,113	0,017	0,018	0,006	0,005	0,008	0,003	0,0053	89,68	88,79	99,41	92,63
50° - 5 m/s	0,113	0,015	0,016	0,012	0,024	0,005	0,003	0,0107	96,17	95,28	98,82	96,76
60° - 2 m/s	0,113	0,007	0,009	0,009	0,005	0,004	0,009	0,0060	99,12	97,35	97,35	97,94
60° - 3 m/s	0,113	0,012	0,01	0,014	0,001	0,011	0,009	0,0070	95,58	97,35	93,81	95,58
60° - 5 m/s	0,113	0,011	0,013	0,006	0,006	0,004	0,003	0,0043	94,10	92,33	98,53	94,99

$$\% \text{ CAPTACIÓN DE RADICALES LIBRES} = [1 - (A2 - A3)/A1] * 100$$

Anexo B. Gráfica de secado de mashua

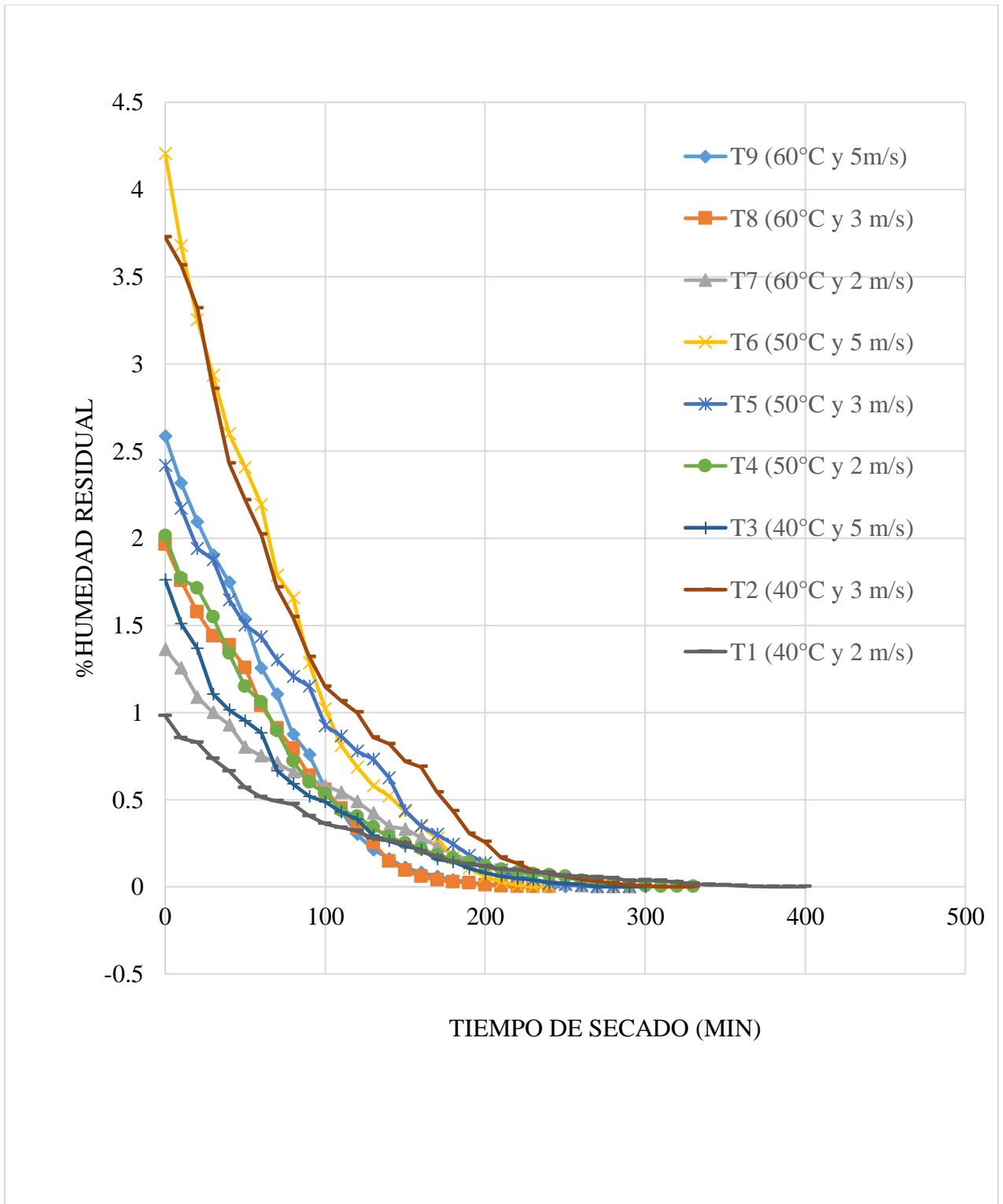


Figura 5. Curva cinética del secado de *T. tuberosum* de secado

Anexo C. Velocidad de secado en la mashua

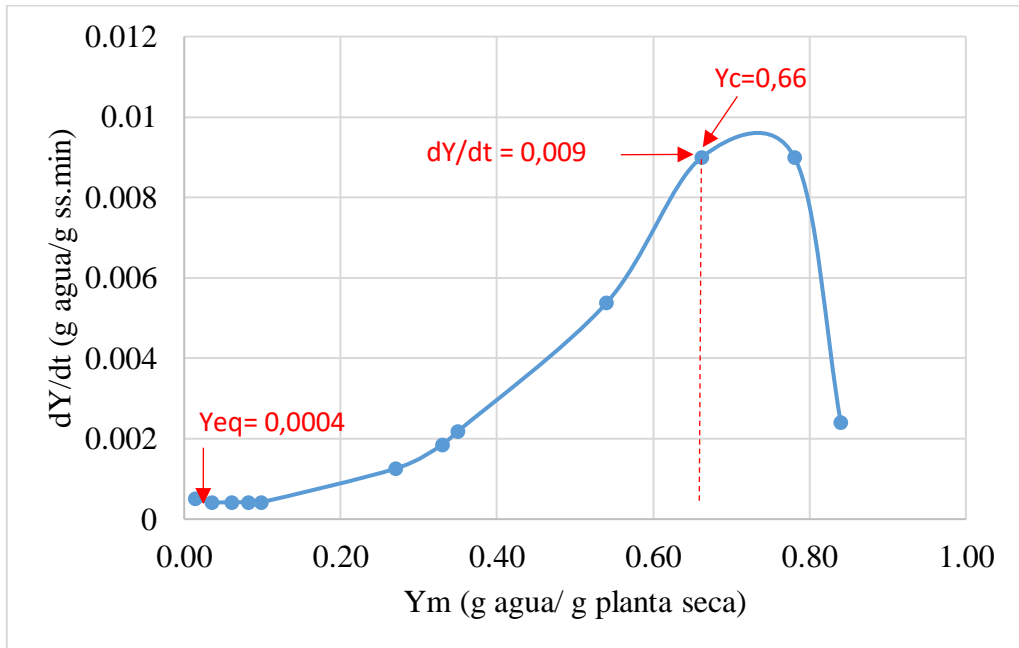


Figura 6. Velocidad de secado de *T. tuberosum* a 40°C y 2 m/s

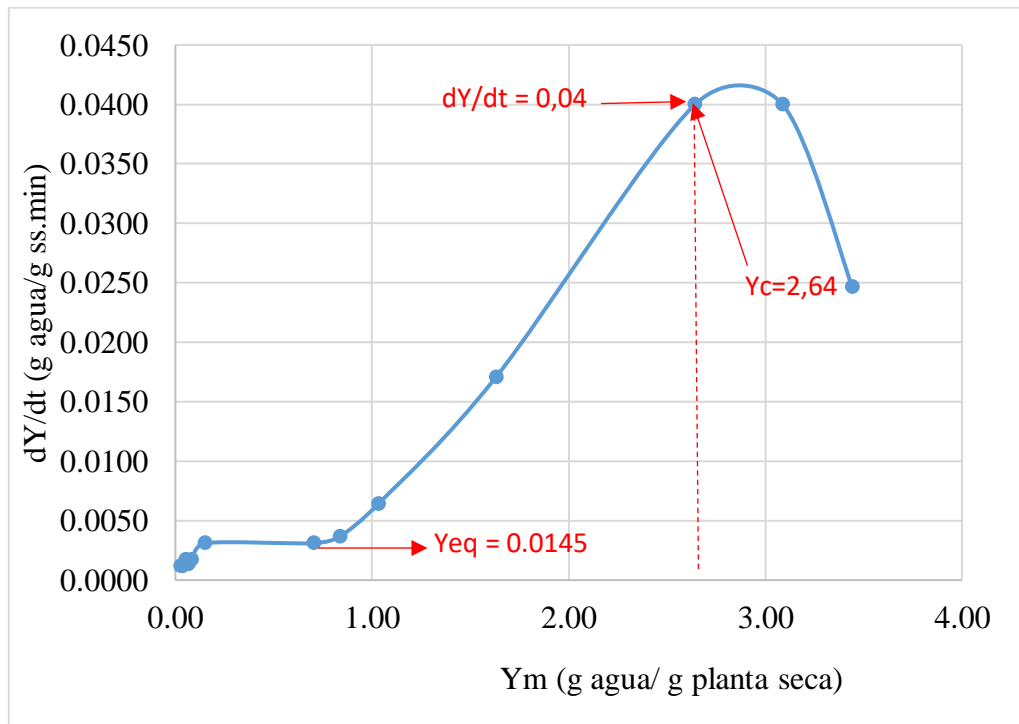


Figura 7. Velocidad de secado de *T. tuberosum* a 40°C y 3 m/s

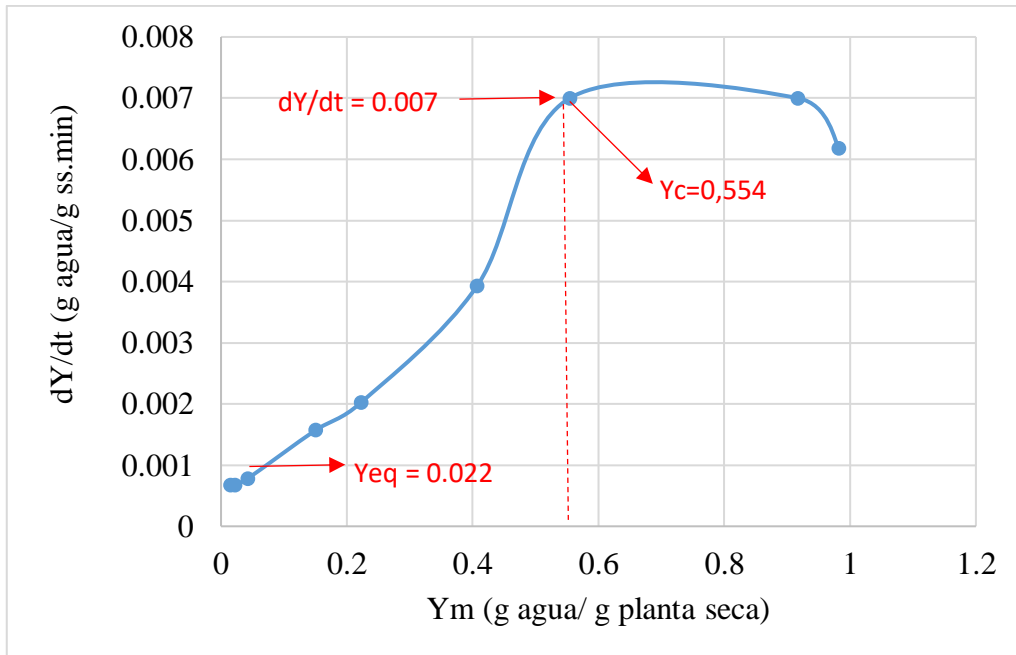


Figura 8. Velocidad de secado de *T. tuberosum* a 40°C y 5 m/s

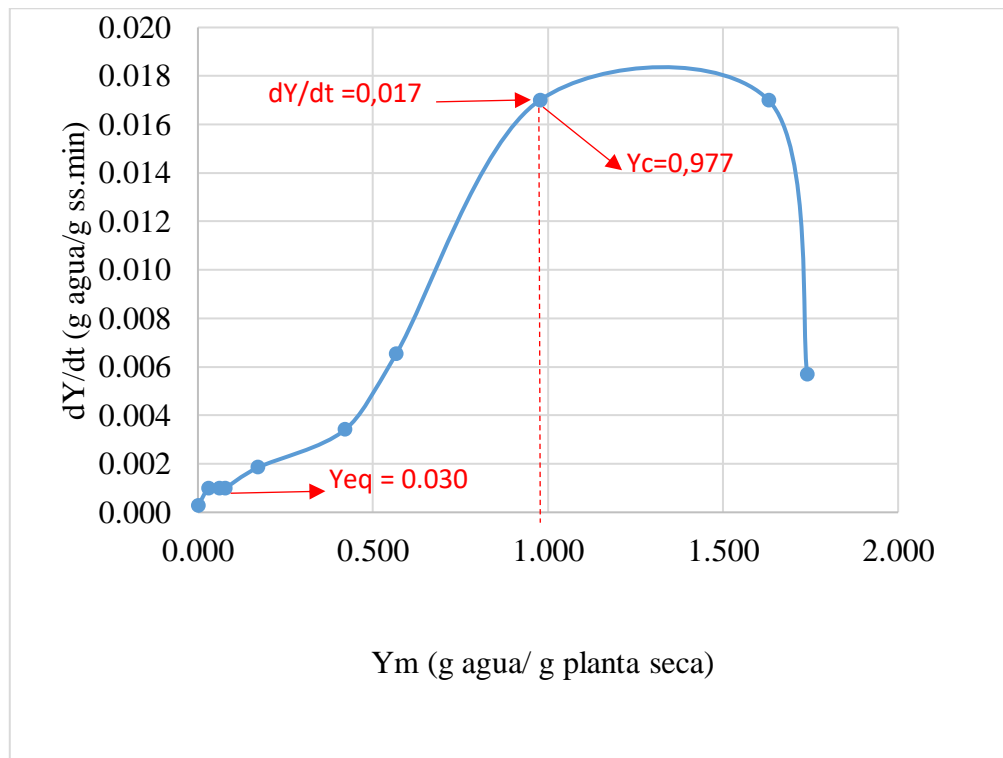


Figura 9. Velocidad de secado de *T. tuberosum* a 50°C y 2 m/s

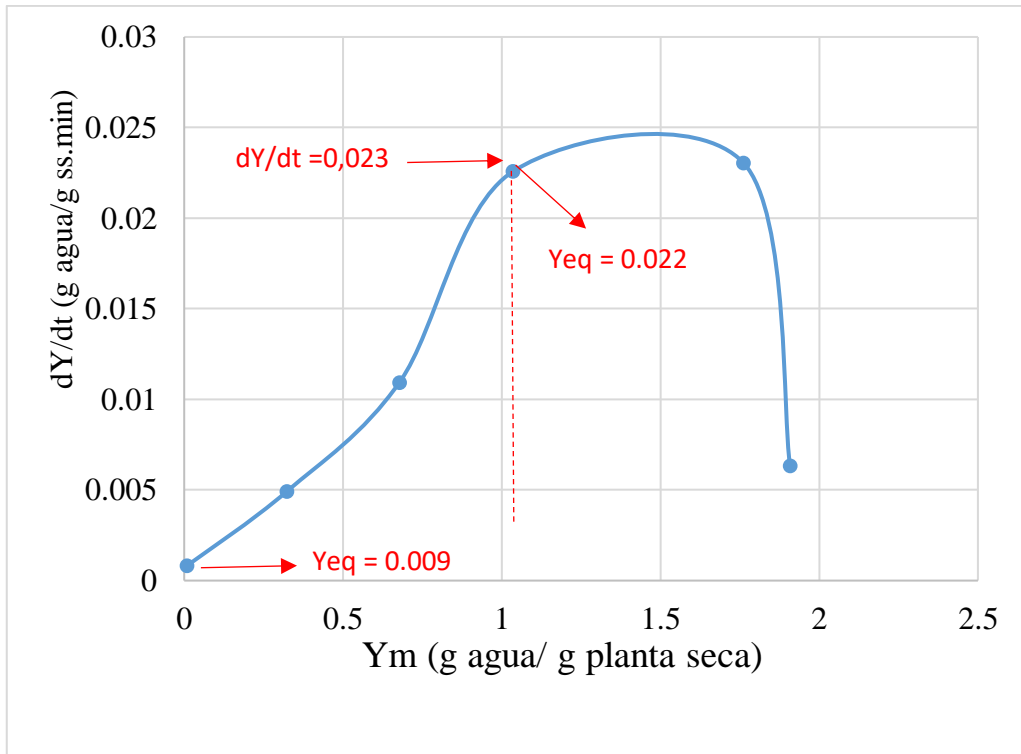


Figura 10. Velocidad de secado de *T. tuberosum* a 50°C y 3 m/s

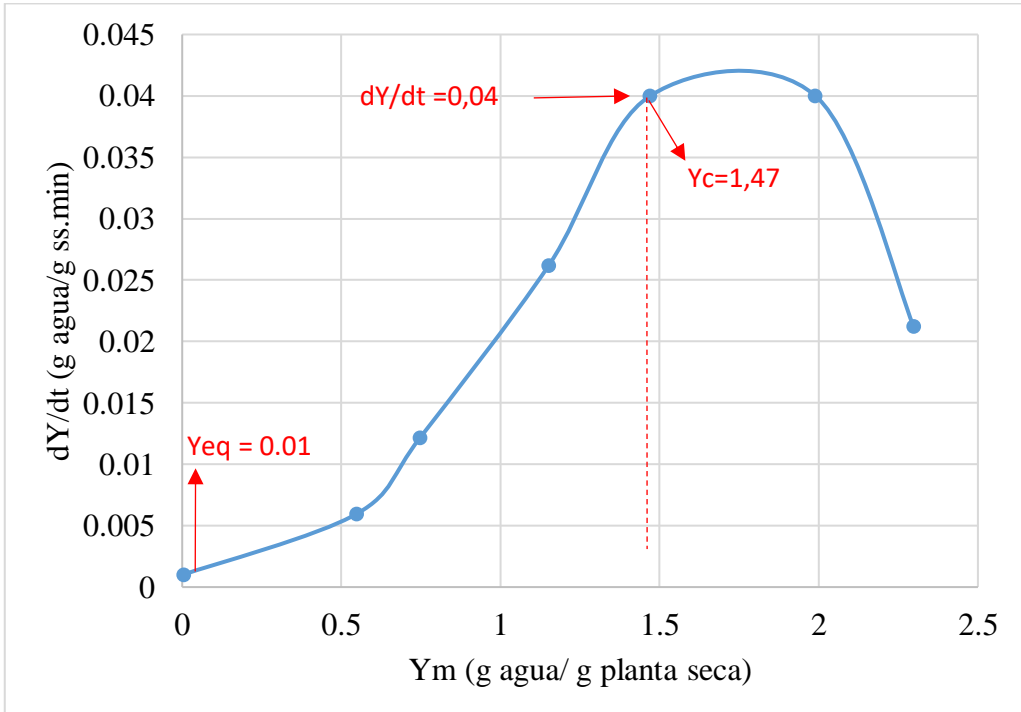


Figura 11. Velocidad de secado de *T. tuberosum* a 50°C y 5 m/s

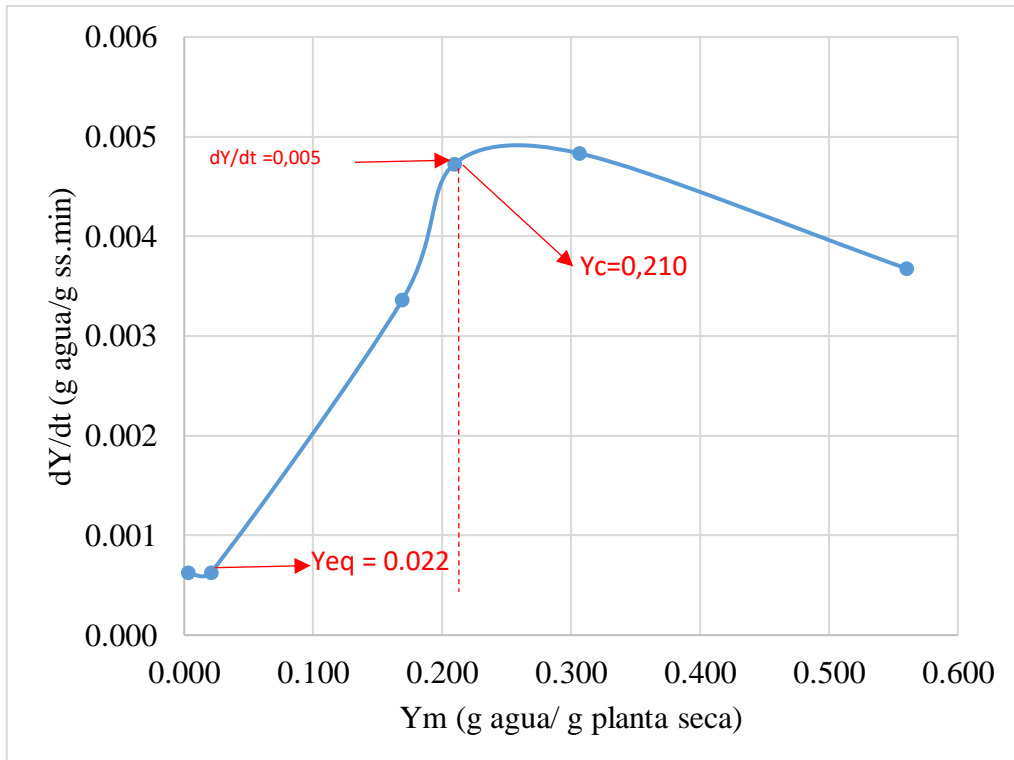


Figura 12. Velocidad de secado de *T. tuberosum* a 60°C y 2 m/s

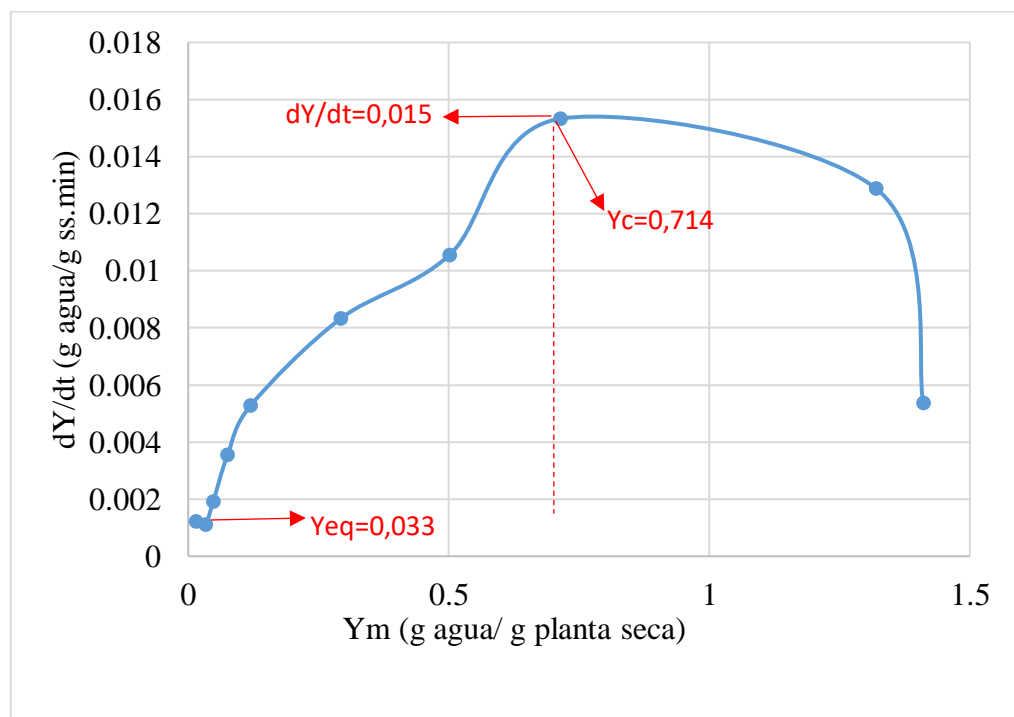


Figura 13. Velocidad de secado de *T. tuberosum* a 60°C y 3 m/s

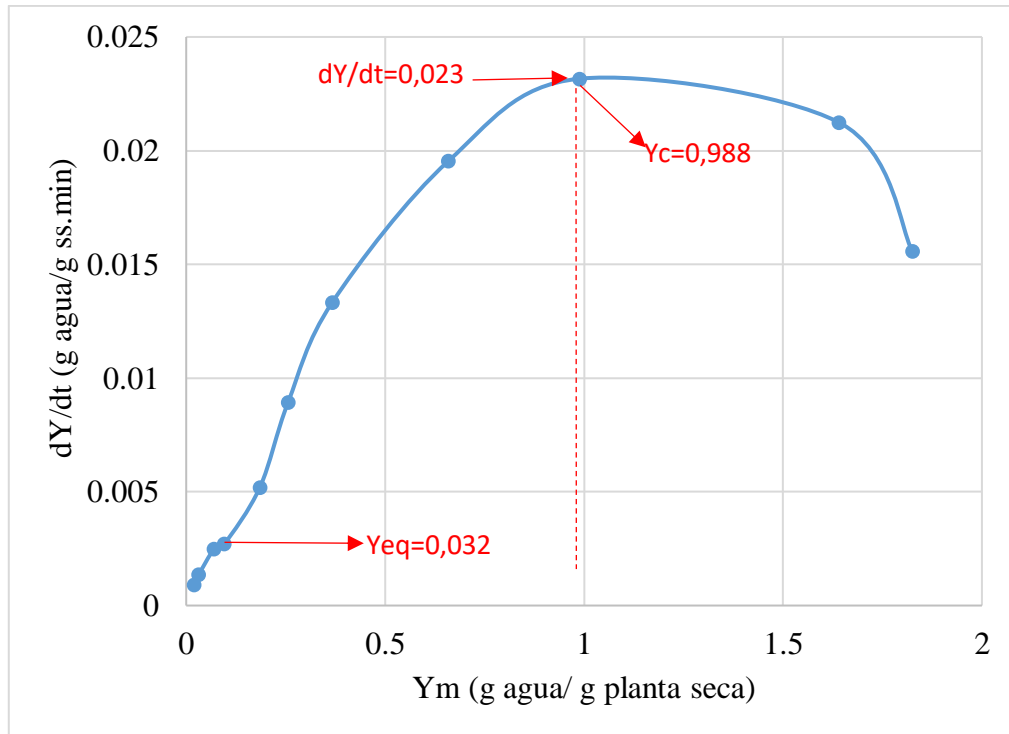


Figura 14. Velocidad de secado de *T. tuberosum* a 60°C y 5 m/s

Anexo D. Galería fotográfico



Fotografía 1. Lavado de la mashua



Fotografía 2. Corte homogéneo a 2mm de espesor



Fotografía 3. Ubicación en cantidades equivalentes en los platos del secador de bandejas



Fotografía 4. Secado según tratamientos



Fotografía 5. Tamizado de la muestra pulverizada



Fotografía 6. Envasado, sellado y rotulado de las muestras (5 g) en bolsas de polietileno de primer uso.



Fotografía 7. Material utilizado para el extracto