

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



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“EFECTO DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DEL AIRE SOBRE LA
CINÉTICA DE SECADO DE HOJAS DE *Stevia rebaudiana* PARA OPTIMIZAR
SU PODER EDULCORANTE”**

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

PRESENTADO POR:

Bach. SILVERIO ALÍ VALDIVIA HERNÁNDEZ

ASESOR:

Ing. Ms.C. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

CO-ASESOR:

Blgo. Ms.C. JULIO MARIANO CHAVEZ MILLA

AMAZONAS – PERÚ

2 0 1 0

DEDICATORIA

*Con gran respeto y amor dedico este trabajo a mis padres, **SILVERIO VALDIVIA DÍAZ** y **CARMELA HERNÁNDEZ ALARCÓN**, que con inmenso sacrificio y dedicación me educaron para convertirme en la persona profesional que siempre quisieron.*

*Con inmenso aprecio y recuerdo dedico este trabajo a mi hermana **GLADIS JANET VALDIVIA HERNÁNDEZ**, que desde el cielo nos guía y protege tal como fueron sus deseos cuando vivía físicamente porque ahora sigue viviendo en nuestros corazones.*

Silverio

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarme siempre dentro del camino correcto y permitirme hoy ser un profesional.

A todos mis seres queridos, como mis hermanos: Olivia, Yohana y Edison; a mi esposa: Yanina y mi hija: Gladys, que de varias formas me apoyaron para seguir adelante en las adversidades que se me presentaron y llegar a una de las metas más importantes de mi vida, mi profesión y permitirme hoy ser un Ingeniero.

A mi Asesor Ms.C. Miguel A. Barrena Gurbillón; y a mi Co-Asesor Ms.C. Julio M. Chávez Milla, por el tiempo prestado y el apoyo incondicional en el desarrollo, culminación y presentación de mi tesis.

Al Estadístico Elías Torres Armas, por el apoyo en el procesamiento e interpretación de la parte estadística de mi tesis.

A los panelistas que me apoyaron para realizar el análisis sensorial del filtrante de *Stevia rebaudiana*, como el Ing. Erick Auquiñivin Silva; Ing. Manuelito E. Castro Alayo y a la Ing. Elena Torres Mamani, por permitir concretizar la parte final de mi tesis.

A todas las personas que me apoyaron con el avance y culminación de mi tesis como es el caso del personal técnico de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería; a mis amigos y a todas aquellas personas que han contribuido al desarrollo y culminación de mi tesis.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. VICENTE MARINO CASTAÑEDA CHÁVEZ

Rector



Ms.C. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

Vicerrector Académico

Dra. FLOR TERESA GARCIA HUAMAN

Vicerrector Administrativo

Ing. GUILLERMO IDROGO VASQUEZ

Decano de la Facultad de Ingeniería

VISTO BUENO DEL ASESOR

El docente de la UNAT-A que suscribe, hace constar que ha asesorado el proyecto y la realización de la tesis titulada **“EFECTO DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DEL AIRE SOBRE LA CINÉTICA DE SECADO DE HOJAS DE *Stevia rebaudiana* PARA OPTIMIZAR SU PODER EDULCORANTE”**, presentado por el Bachiller **SILVERIO ALÍ VALDIVIA HERNÁNDEZ**, Egresado de la Facultad de Ingeniería de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNAT-A, dando el visto bueno y comprometiéndome a orientarlo en el levantamiento de observaciones y en la sustentación de la tesis.

Se expide la presente, a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Chachapoyas, 13 de mayo del 2010



Ms. C. MIGUEL ÁNGEL BARRERA GURBILLÓN
Profesor Principal
UNAT-Amazonas

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR

El docente de la UNAT-A que suscribe, hace constar que ha Co-asesorado el proyecto y la realización de la tesis titulada **“EFECTO DE LA TEMPERATURA Y VELOCIDAD DEL AIRE SOBRE LA CINÉTICA DE SECADO DE HOJAS DE *Stevia rebaudiana* PARA OPTIMIZAR SU PODER EDULCORANTE”**, presentado por el Bachiller **SILVERIO ALÍ VALDIVIA HERNÁNDEZ**, Egresado de la Facultad de Ingeniería de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNAT-A, dando el visto bueno y comprometiéndome a orientar en el levantamiento de observaciones y en la sustentación de la tesis.

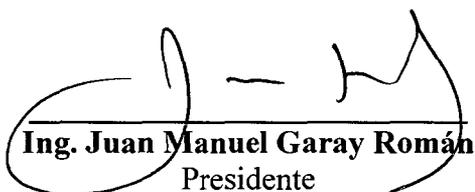
Se expide la presente, a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Chachapoyas, 13 de mayo del 2010



Ms. C. JULIO MARIANO CHAVEZ MILLA
Profesor Asociado
UNAT-Amazonas

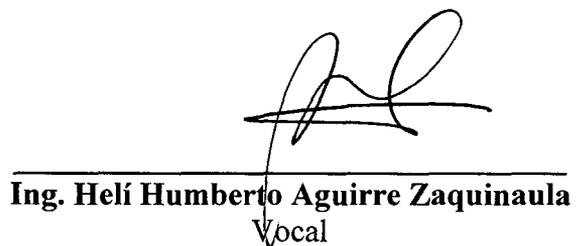
JURADO EVALUADOR



Ing. Juan Manuel Garay Román
Presidente



Blgo. Oscar Andrés Gamarra Torres
Secretario



Ing. Helí Humberto Aguirre Zaquinula
Vocal

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR	v
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR	vi
JURADO EVALUADOR	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. Clasificación taxonómica de la <i>Stevia rebaudiana</i>	16
1.2. Investigaciones importantes de la <i>Stevia rebaudiana</i>	17
1.3. Propiedades fisicoquímicas del Steviosido	19
1.4. Generalidades del Steviosido y Rebaudioside	20
1.5. Generalidades del secado	22
1.6. Equipos de secado	24
1.7. Operación de secado	26
1.7.1. Pruebas de secado y curvas de secado	27
CAPITULO II	
MATERIAL Y MÉTODOS	
2.1. Material biológico	28
2.2. Selección y acondicionamiento de la materia prima	28
2.3. Determinación de la cinética de secado de hojas de <i>Stevia rebaudiana</i>	29
2.4. Análisis sensorial	30
2.5. Análisis estadístico	31
CAPITULO III	
RESULTADOS	
3.1. Determinación del rendimiento de la <i>Stevia rebaudiana</i>	35
3.2. Determinación experimental de las curvas de cinética de secado	41
3.3. Análisis estadístico de la cinética de secado	47
3.4. Análisis estadístico para la evaluación sensorial	51
CAPITULO IV	
DISCUSIÓN	55
CAPITULO V	
CONCLUSIONES	58
CAPITULO VI	
RECOMENDACIONES	60
CAPITULO VII	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Datos experimentales de la operación de secado de hojas de <i>Stevia rebaudiana</i> en el secador de bandejas con aire de 40°C y velocidad de 2,5 m/s	36
Tabla 2. Datos experimentales de la operación de secado de hojas de <i>Stevia rebaudiana</i> en el secador de bandejas con aire de 40°C y velocidad de 3,5 m/s	37
Tabla 3. Datos experimentales de la operación de secado de hojas de <i>Stevia rebaudiana</i> en el secador de bandejas con aire de 50°C y velocidad de 2,5 m/s	38
Tabla 4. Datos experimentales de la operación de secado de hojas de <i>Stevia rebaudiana</i> en el secador de bandejas con aire de 50°C y velocidad de 3,5 m/s	39
Tabla 5. Datos experimentales de la operación de secado de hojas de <i>Stevia rebaudiana</i> en el secador de bandejas con aire de 60°C y velocidad de 2,5 m/s	40
Tabla 6. Datos experimentales de la operación de secado de hojas de <i>Stevia Rebaudiana</i> en el secador de bandejas con aire de 60°C y velocidad de 3,5 m/s	41
Tabla 7. Tiempos de secado de hojas de <i>Stevia rebaudiana</i> por tratamiento	47
Tabla 8. Análisis de varianza de cinética de secado	48
Tabla 9. Análisis de los efectos simples de la interacción	49
Tabla 10. Comparación de los tratamientos del factor A, con un nivel de significancia de 0,05 para el método LSD	49
Tabla 11. Comparación de los tratamientos del factor B, con un nivel de significancia de 0,05 para el método LSD	50
Tabla 12. Comparación de los tratamientos del factor A, con un nivel de significancia de 0,05 para el método Tukey	50
Tabla 13. Comparación de los tratamientos del factor B, con un nivel de significancia de 0,05 para el método Tukey	50
Tabla 14. Evaluación sensorial respecto al color	51
Tabla 15. Evaluación sensorial respecto al olor	51
Tabla 16. Evaluación sensorial respecto al sabor dulce	51
Tabla 17. Análisis de varianza para el color	52
Tabla 18. Comparación de los tratamientos del factor B con un nivel de significancia de 0,05 por el método de Tukey	52
Tabla 19. Análisis de varianza para el olor	53
Tabla 20. Comparación de los tratamientos del factor B con un nivel de significancia de 0,05 por el método de Tukey	53
Tabla 21. Análisis de varianza para el sabor dulce	53
Tabla 22. Comparación de los tratamientos del factor B con un nivel de significancia de 0,05 por el método de Tukey	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Influencia de la velocidad del aire sobre la operación de secado	26
Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de hojas de <i>Stevia rebaudiana</i> listas para secarlas	28
Figura 3. Diagrama de flujo: Obtención de hojas secas de <i>Stevia rebaudiana</i>	29
Figura 4. Esquema experimental para la determinación de la cinética de secado	31
Figura 5. Humedad residual en función del tiempo para temperatura de 40 °C y velocidad de aire de 2,5 m/s y 3,5 m/s	42
Figura 6. Humedad residual en función del tiempo para temperatura de 50 °C y velocidad de aire de 2,5 m/s y 3,5 m/s	43
Figura 7. Humedad residual en función del tiempo para temperatura de 60 °C y velocidad de aire de 2,5 m/s y 3,5 m/s	44
Figura 8. Variación de la humedad con el tiempo en función de la humedad residual promedio para temperatura 40 °C, velocidad aire de 2,5 m/s y 3,5 m/s	45
Figura 9. Variación de la humedad con el tiempo en función de la humedad residual promedio para temperatura de 50 °C, velocidad de aire 2,5 m/s y 3,5 m/s	46
Figura 10. Variación de la humedad con el tiempo en función de la humedad residual promedio para temperatura de 60°C, velocidad aire 2,5 m/s y 3,5 m/s	47

RESUMEN

En la presente tesis se estudió el efecto de la temperatura y velocidad del aire de secado sobre la cinética de secado de las hojas de Stevia (*Stevia rebaudiana*) para optimizar su poder edulcorante. Las plantas de Stevia procedían de la provincia de Bongará-Pedro Ruiz (Amazonas). La secuencia para la evaluación de los resultados fue: Selección, clasificación, deshoje, lavado, pesado, secado en el secador de bandejas (empleando temperaturas de 40°C, 50°C, 60°C, con velocidades del aire de 2,5 m/s y 3,5 m/s), luego fueron llevadas a la estufa hasta peso seco, esto respecto a la cinética de secado. Esta misma secuencia se realizó a nivel del secador de bandejas hasta lograr una humedad final de 10% en base húmeda para luego molerlas y embolsarlos en papel filtrante, para su respectivo análisis sensorial y finalmente evaluar la optimización de edulcorante. En el diseño experimental se empleó dos variables operacionales; temperatura del aire de secado (3 niveles) y velocidad del aire de secado (2 niveles), obteniéndose 6 tratamientos, además se aplicó el diseño estadístico factorial completamente al azar con 4 repeticiones por cada tratamiento; de igual forma se utilizó el análisis de varianzas con un nivel de significancia de 95 % y se llevaron a cabo comparaciones entre medias individuales de cada tratamiento, por los métodos: LSD (diferencias mínimas significativa) y Tukey, todo este análisis estadístico se realizó mediante el programa Statgraphics Plus 5.1. Obteniéndose como resultado el tratamiento más eficiente, a una temperatura de 60°C y velocidad del aire de 2,5 m/s a un tiempo mínimo de 3,5 h y con humedad final de 10% en base húmeda.

ABSTRACT

In the present thesis it was studied the effect of the temperature and speed of the drying air on the kinetics of drying of the leaves of Stevia (*Stevia rebaudiana*) to optimize their power sweetener. The plants of Stevia came from Bongará-Pedro's county Ruiz (Amazons). The sequence for the evaluation of the results was: Selection, classification, defoliate, laundry, heavy, drying in the dryer of trays (using temperatures of 40°C, 50°C, 60°C, with speeds of the air of 2,5 m/s and 3,5 m/s), then they were taken to the stove until dry weight, this regarding the drying kinetics. This same sequence was carried out at level of the dryer of trays until achieving a final humidity of 10% in humid base it stops then to mill them and to pocket them in filtering paper, for its respective sensorial analysis and finally to evaluate the sweetener optimization. In the experimental design it was used two operational variables; temperature of the drying air (3 levels) and speed of the drying air (2 levels), being obtained 6 treatments, the factorial statistical design was also applied totally at random with 4 repetitions by each treatment; of equal he/she is formed it used the analysis of variances with a level of significancia of 95% and they were carried out comparisons among stockings singular of each treatment, for the methods: LSD (you differ minimum significant) and Tukey, this whole statistical analysis was carried out by means of the program Statgraphics Bonus 5.1. being Obtained the most efficient treatment as a result, to a temperature of 60°C and speed of the air of 2,5 m/s at the same time minimum of 3,5 h and with final humidity of 10% in humid base.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La Stevia (*Stevia rebaudiana*) es una planta dicotiledonea, del orden campanulares, familia asteraceae; semiperenne y oriunda de Paraguay, tiene un principio activo denominado Steviosido y Rebaudioside, que al endulzar los productos de manera natural revoluciona el campo de los edulcorantes dada sus bondades terapéuticas ante enfermedades como la diabetes. Esta planta fué introducida al Perú hace una década y actualmente se ha incorporado en el portafolio de cultivos en pequeñas extensiones en Cajamarca, Amazonas, San Martín, Ucayali y Apurímac de manera orgánica. La Stevia no se presenta como un cultivo que desplace a cultivos tradicionales como el café, maíz, etc., sino como un rubro complementario en la diversificación productiva y una alternativa económica para el minifundio permitiendo un ingreso adicional a los agricultores. Es usada, en bebidas, alimentos dietéticos y medicina; se presenta en el mercado en hoja seca entera y procesada en diferentes niveles: (picada, molida, pulverizada), filtrantes, jarabes, tinturas, extracto líquido o en polvo y en forma cristalizada.

En la actualidad se vienen realizando distintos estudios con miras a lograr su estatus definitivo de los Steviol glucósidos y la apertura de su libre comercialización. La FAO y

la OMS han incluido a la Stevia en sus listas para el paso definitivo a su “Codex Alimentarius” siendo su autorización a nivel internacional inminente (II Reunion Internacional de Stevia – Paraguay, 2006), dichos acontecimientos indican que Stevia se perfila como una planta promisoría que beneficiaría a la salud humana y contribuirá a la mejora de las economías campesinas ante la gran demanda que se avecina.

La búsqueda de endulzantes naturales que ayuden a la dieta humana actualmente se han convertido en un poder económico inmenso, especialmente el edulcorante de hojas de Stevia que ha adquirido una gran importancia a nivel mundial, pues es un producto que vislumbra como edulcorante natural de bebidas dietéticas producto que no altera el nivel de azúcar en la sangre, y que sirve en la vida diaria de las personas, especialmente de los diabéticos, que un sin número de investigaciones detallan la importancia de este edulcorante y la forma como son adquiridas para el consumo humano.

El uso principal de esta especie por tradición es para endulzar los alimentos, pero se sabe también que esta planta es utilizada como alimento medicinal, a pesar de la prominencia que la Stevia ha obtenido como resaltador de sabor, esta contiene una variedad de constituyentes aparte de los Steviosidos y Rebaudioside, como los esteroides, Triterpenos, Flavonoides, taninos, aceites aromáticos, aldehído, Monoterpenos y Sesquiterpenos, Proteínas, Calcio, Fósforo, estos y otros componentes pueden ser responsables de los usos terapéuticos reportados para esta especie, popularmente se habla de muchos otros usos medicinales como tratamientos para la piel (quemaduras, heridas cutáneas, acné, seborrea, eczemas, dermatitis, etc.). (CONICIT, 2008).

El extracto puro de Stevia es 300 veces más dulce que la sacarosa. Este producto es extraído de las hojas secas de la planta *Stevia rebaudiana*, a través de un proceso similar al utilizado en la obtención del extracto estándar con la diferencia que en este se realiza un aislamiento y concentración del Rebaudioside. Dicho procedimiento se logra por

medio de un intercambio iónico y una separación física de fases (CONICIT, 2008).

Los glicósidos diterpénicos dulces de Stevia han sido objeto de numerosas revisiones sin embargo el interés en la química de los principios dulces data de hace muy poco, Sin embargo, el principio edulcorante de la Stevia es totalmente diferente al de la Glicirricina. Mediante el uso del alcohol lograron sustraer la sustancia gustativa dulce de las hojas, purificarla y luego posteriormente obtenerla en forma de cristales blancos inodoros que se fundían a 238° C, (Akashi H. y Yakoyama Y. 1975). En 1921 el principio activo fue denominado como Steviósido por la Unión Internacional de Química (Unión Internationale de Chimie). Los Steviol glicósidos tienen un amplio rango de aplicaciones en productos alimentarios porque son estables al calentamiento y pH, no son fermentables y no se oscurecen con el cocimiento. Es bien conocido que los Rebaudiósidos son los componentes que tienen las mejores propiedades sensoriales (más dulce, menos picante).

En Estados Unidos está reconocido como *dietary supplement* (complemento nutricional) desde 1995. Esto significa que puede consumirse libremente en cápsulas, polvos o gotas, pero no se puede agregar a alimentos procesados ni puede etiquetarse como “edulcorante” de igual forma ha sido aprobado en varios países y por la FDA en 1988 para uso en bebidas no alcohólicas listas para tomar, bebidas gaseosas, productos farmacéuticos, polvos saborizados, café y té instantáneos, chicles, gelatinas, mermeladas, etc.

EUSTAS se fundó en julio de 2006. Sus miembros fundadores fueron: Prof. Dr. Jan M.C. GEUNS, cabeza del Laboratorio de Biología Funcional de la Universidad de Lovaina, Bélgica, Peter Grosser de MedHerbs, Alemania, Mónica Lorenzo Tejedor de ANAGALIDE S.A., España. Otros organismos como los cultivadores en Europa, el movimiento Slow Food y las asociaciones de diabeticos y publicaciones especializadas

Diabetes STOP y Nueva Salud, apoyan su cultivo y consumo legal. Consumida como un té de hierbas, la Stevia beneficia la digestión y la función gastrointestinal y alivia las molestias estomacales. El consumo de Stevia ayuda a reducir la ansiedad por el tabaco y el consumo del alcohol y tiene otros beneficios que ayudan mucho mantenerse sano a la persona que la consume. Los endulzantes a base de Stevia benefician no solo la salud, sino que también aportan al buen cuidado del bienestar físico. La Stevia contiene proteínas, fibra, vitaminas y minerales, pero no aporta ninguna caloría.

El principal objetivo del secado es reducir la humedad a niveles tales que no se produzca descomposición durante la manipulación y almacenamiento posterior de los productos agrícolas; para ello, se hace circular aire con capacidad de extraer agua de la materia, en consecuencia la capacidad de extracción de agua del aire esta en relación a su humedad relativa (Giambastiani y Rubiolo 2002).

La región Amazonas está constituida por 7 provincias, de las cuales las provincias de Rodríguez de Mendoza, Bongará y Utcubamba que actualmente producen hojas de Stevia de manera extensiva, que aun lo comercializan en producto fresco o seco naturalmente, pero de baja calidad y con pérdidas significativas de glicósidos.

En contra parte a lo expuesto, el presente trabajo de investigación propone un secado y molido de las hojas de Stevia con parámetros adecuados de temperatura y velocidad del aire de secado para concentrar mayor cantidad de glicósidos y de tal forma poder utilizarlo como edulcorante natural de bebidas a través de filtrantes.

1.1 Clasificación taxonómica de la *Stevia rebaudiana*

Nombre científico: *Stevia rebaudiana*.

Familia: Compuestas (Asteráceas).

Orden: Campanulares.

Otros nombres populares: caá jeé, kaá heé, Stevia.



1.2 Investigaciones importantes de la *Stevia rebaudiana*

Rasenach 1908 y Dietrich 1909, fueron quienes demostraron que el principio edulcorante de la Stevia es totalmente diferente al de la Glicirricina. Mediante el uso del alcohol lograron sustraer la sustancia gustativa dulce de las hojas, purificarla y luego posteriormente obtenerla en forma de cristales blancos inodoros que se fundían a 238° C. En 1921 el principio activo fue denominado como Steviosido por la Unión Internacional de Química (Unión Internationale de Chimie).

Los doctores Tanake y Mitsuhashi de la Universidad de Hiroshima, Japón, investigaron los detalles de los glicósidos aislados de varias especies. Además del Steviosido, principal glicérido (6-8%) fueron identificados en la planta otros glicósidos diterpenos como el Rebaudioside A,B,D,E (2,3%) con grado de dulzor mayor que el Steviosido puro, alcanzando hasta 350 veces superior al azúcar de caña (Sacarosa) . Luego fue identificado el Dulcoside A, B con grados de dulzor de hasta 50 veces mayor que el azúcar. De esta manera puede verse que el producto industrial extraído de la Stevia es en realidad una combinación de varios glicósidos, cuyas cantidades varían en función a las variedades y de las localidades.

En estudios complementarios, realizando pruebas sensoriales, se ha encontrado que el Rebaudioside A, tiene el mejor sabor; y además, más cercano al azúcar. Los dulcosides que existen en menor porcentajes presentan la particularidad de tener un ligero sabor amargo por contener su composición en Alfa-rhamosyl en lugar del Beta-glucosyl, y que se encuentra en el Steviosido y Rebaudioside A. (Schmeling, 1967).

Firmas comerciales de diversos países vienen estudiando cada uno de estos componentes, por medios físicos y químicos, con el fin de eliminar los dulcosidos con ligero sabor amargo. Además, se debe llevar adelante investigaciones genéticas a través de las cuales sea posible seleccionar la planta que eventualmente no contenga el

rhamosyl, que le da el sabor ligeramente amargo. En el año 1999 la empresa Steviafarma S.A. de Maringa-Brasil logra luego de 6 años de investigación eliminar a través de solventes químicos el sabor amargo, obteniendo 98% de pureza en Steviosido, Rebaudioside A y otros rebaudiosides con 250 a 300 veces más dulce que la sacarosa, actualmente autorizado por el FDA de los EUA y comercializado en varios países del mundo.

Shock (1982). Expresa que los compuestos químicos de interés son el Steviosido, Rebaudioside A; y además, existen por lo menos como seis compuestos dulces unidos a una estructura central de tres anillos de carbono. Según este investigador las concentraciones del Steviosido alcanzan entre 7% y 15% de su peso seco; en la inflorescencia cerca del 3%, en el tallo menos del 3%, y no existen en las raíces. De una hectárea de plantas cultivadas se extrae entre 1500 y 2000 kilos de hojas secas; es decir, 100 a 200 kilos de Steviosido por hectárea.

Bridel y Lavielli (1931) realizando otros estudios sobre el Steviósido rectificaron la fórmula activa de $C_{38} H_{60} O_{18}$. Ellos afirmaron que además de lo descubierto anteriormente por Rasenach y Dietrich, la sustancia en cuestión poseía poder higroscópico que era aproximadamente 300 veces más dulce que la Sacarosa o azúcar de caña. Pequeña cantidades de esta sustancia, cuando entra en contacto con la lengua, tiene un delicioso sabor dulce agradable, en muy poco tiempo se percibe una sensación de amargor, que para muchos es más fuerte que el amargor que se siente de la misma forma con la sacarina.

Ishima y Katayama (19769), experimentaron mezclar diversos azúcares con Steviosido, en estudios donde observaron la calidad y el sabor residual. Ellos llegaron a la conclusión de que para el perfeccionamiento del sabor dulce, lo mejor era aumentar al Steviosido la Sacrisa. Al Steviosido en orden de importancia le siguen otros azúcares,

como la glucosa, fructosa, etc. Estos investigadores comprobaron además que el menor sabor residual se obtiene en mezclas las con fructuosa, Por otra parte, cabe mencionar que en el Japón las empresas que trabajan con la Stevia están investigando mezclas con otras sustancias pépticas y aminoácidos.

Existen informes que revelan que el ácido cítrico, ácido acético, ácido láctico, ácido málico y ácido tartárico disminuyen el sabor residual del Steviosido (Maruzen Kasei S.A., 1978).

La especialista en Endocrinología, Nutrición y Diabetes, Nilsa Noemi Ibarrola Arce explica lo siguiente: " A diferencia de los hipoglicemiantes convencionales, mejora la circulación pancreática, en especial la de los islotes y como consecuencia hay secreción de insulina. El uso continuado del Stevia en infusiones, es decir consumo regular, disminuye la absorción de hidratos de carbono a nivel intestinal, actuando de este modo como adelgazante, alivia también los dolores reumáticos. Habiendo tratado a cientos de pacientes diabéticos, conseguía mediante el uso regular de la *Stevia Rebaudiana Bertoni* liberar de la insulina a la insulina dependiente. Explica además de las bondades de la planta como cardiotónico, antidepresivo, diurético, digestivo y antiácido.

1.3. Propiedades físico-químicas del Steviosido de interés en el proceso de alimentos:(Fujita, 1979)

Resistencia al calor.

Presenta estabilidad a las temperaturas habituales en el proceso de alimentos. Se funde a 238 ° C.

Alteración del color.

No se observa oscurecimiento, aún en las condiciones más rigurosas de procesado de alimentos.

Solubilidad.

Es altamente soluble en agua, alcohol etílico y metílico e insoluble en éter.

Resistencia al pH.

Es suficientemente estable entre pH 3 a 9.

Contenido de calorías.

No es metabolizado por el organismo, por lo tanto se convierte en no calórico, y es adecuado para usos dietéticos.

Capacidad osmótica.

Presenta buenas propiedades osmóticas para la preparación de pikles dulces (Japón).

Fermentabilidad.

No es fermentable, ni atacado por las bacterias orales. No es hidrolizable por *Aspergillus niger*, ni por el fermento seco de levaduras. Se hidroliza con ácido sulfúrico diluido y por diastasas.

Otras propiedades.

Dentro de la medicina popular paraguaya se utiliza como hipoglicemiante (Miquel, 1977), digestivo, cardiotónico, diurético, antiácido, etc. (Molero, 1984; Yang y cols., 1979).

1.4. Generalidades del Steviosido y Rebaudioside**Inocuidad del Steviosido**

La primera prueba de inocuidad del Steviosido es la utilización de las hojas de Stevia por los indígenas durante varios siglos, y por los habitantes de Paraguay hasta la actualidad, sin observarse efectos colaterales. Ya aislados los principios activos de la Stevia, comenzaron los ensayos de laboratorio con el fin de detectar posibles efectos

toxicológicos. En 1931, Ponjaret y Lavielle, observaron que tras la administración subcutánea del mismo en cobayos, no se producían afecciones hemolíticas ni otros efectos tóxicos.

En 1968, Plana y Kuc, informaron que suministrando una solución de Steviosido a ratas, se observaba una reducción del 20 al 30 % de la fertilidad. Posteriormente, Persinos y Whistler, y más tarde, Doffmann y Nes demostraron que dicho efecto no se debía al esteviósido sino al dihidroesteviol, compuesto inexistente en las hojas de Stevia y producido durante la extracción o purificación defectuosas (Felippe, 1982).

En Japón, previo a la utilización masiva del esteviósido, se realizaron rigurosos ensayos que probaron su inocuidad. El Ministerio de Salud de Japón, coordinó un amplio estudio en el cual nueve grupos científicos estudiaron en forma independiente la acción del Steviosido. Por unanimidad se concluyó que el Steviosido, con un 90 % de pureza, no poseía actividad mutagénica o teratogénica, coincidiendo, además, con otros estudios realizados anteriormente (Fujita, 1979).

Utilización actual del Steviosido

La rápida y amplia aceptación que ha tenido el Steviosido en Japón (consumo aproximado de 4000 ton/año (CEPEX, 1982)), demuestra significativamente sus potencialidades. Se debe recordar que los productos edulcorantes que dominan el mercado mundial (sacarina, ciclamato), cuentan con serios cuestionamientos por sus propiedades nocivas para la salud, y debe adicionarse el atractivo que, en la actualidad, para la opinión pública, tiene el origen natural y edulcorante del Steviosido. Además del Japón otros países del Lejano Oriente donde se produce el Steviosido son Corea del Sur y Taiwan (CEPEX, 1982).

En Latinoamérica su consumo es habitual en dos países. En Paraguay se utiliza, en hojas, desde siempre, y desde 1988 en Brasil, ya que en Maringá (Paraná), se comenzó

la industrialización del mismo. Países interesados en la producción y/o industrialización de *Stevia rebaudiana*, incluyen a Alemania, Canadá y EE.UU., lo que implica, que se necesitarán grandes cantidades de materia prima para abastecer la demanda. Actualmente los usos más destacados del Steviosido son en: bebidas, gomas de mascar, helados y cremas heladas, alimentos de bajo contenido calórico, pikles, salsas y otros productos de sabor delicado (CEPEX, 1989).

Formas de comercialización: (CEPEX, 1982)

En el mercado japonés se encuentran muchos productos a base de Steviosido o extracto purificado de *Stevia*, comercializados bajo diversas denominaciones o marcas comerciales. En su composición únicamente participan compuestos de origen natural, considerándose que puede satisfacer las necesidades de cualquier tipo de producto alimenticio.

Otros campos de aplicación: (CEPEX, 1982)

En el caso de que la sustitución del azúcar por el Steviosido se hiciera con vistas únicamente a una disminución de costos, la proporción recomendada es sustituir el 30 % de la sacarosa, ya que así se obtiene el máximo de sinergismo, sin que se note el sabor característico del Steviosido.

Mercado mundial de edulcorantes: (CEPEX, 1989)

La situación presentada por el mercado mundial de edulcorantes de alto poder ha presentado muchos cambios fundamentales debido a las prohibiciones o cuestionamientos a que fueron sometidos los más importantes, y a que los efectos indeseables tuvieron diversa incidencia en los distintos países.

1.5. Generalidades del secado

El calor requerido para el secado puede ser suministrado por convección,

conducción y radiación. En el proceso de alimentos se puede realizar tanto el secado directo o indirecto, los sistemas de secado indirecto son simples, no solo en los conceptos utilizados si no también en el equipo requerido (Cook y DuMont, 1991).

La humedad es el contenido de agua por unidad de masa de sólido seco. El término secado se refiere a la eliminación de humedad en una sustancia. De acuerdo a la forma de la alimentación, el secado puede ser continuo o discontinuo; y de acuerdo al agente de secado puede ser directo o indirecto. En Ingeniería Agroindustrial, consideraremos que el causante de la humedad es el agua y que el agente de secado es aire caliente. A continuación se definen ciertos términos que se utilizan para describir el contenido de humedad de las sustancias (Ocón y Tojo, 1980; Perry y Chilton, 1982; Geankoplis, 1993).

Contenido de humedad en base seca.

Es la que expresa la humedad de un material como porcentaje del peso del sólido seco. Se define como:

$$Y_s = ([m_{\text{sólido a secar}} - m_{\text{sólido seco}}] / m_{\text{sólido seco}}) \times 100$$

Contenido de humedad en equilibrio (Y_{eq}).

Es la humedad límite a la cual un material dado se puede secar, en condiciones específicas de temperatura y humedad del gas.

Contenido crítico de humedad (Y_c).

Es el contenido de humedad promedio cuando concluye el periodo de velocidad constante.

Contenido de humedad libre (Y_l) o humedad residual (Y_r).

Es el líquido que se puede separar a una temperatura y humedad dadas. Este valor llega a incluir tanto la humedad ocluida como la no ocluida (retenida).

Periodo de velocidad constante.

Es el tiempo de secado durante el cual la velocidad de eliminación de agua por unidad de superficie es constante o uniforme.

Periodo de velocidad decreciente.

Es el tiempo de secado durante el cual la velocidad instantánea de secado disminuye en forma continua.

1.6. Equipos de secado**Secador de bandejas**

Un secador de bandejas es un equipo totalmente cerrado y aislado en el cual los sólidos se colocan sobre bandejas perforadas. La transmisión de calor puede ser directa del aire a los sólidos, utilizando la circulación de grandes volúmenes de aire caliente, o indirecta, utilizando repisas o bases calentadas, serpentines de radiador o paredes refractarias al interior de la cubierta. En unidades de calor indirecto, exceptuando los equipos de repisas al vacío, casi siempre se necesita la circulación de una pequeña cantidad de aire para eliminar el vapor (humedad) del compartimiento y evitar la saturación y condensación del gas. Las unidades de bandejas se emplean para calentar y secar madera, cerámica, materiales en hojas (sostenidas en postes), objetos pintados, y todas las formas de sólidos particulados (Perry y Chilton, 1982).

Secadores de bandejas con aire caliente

El funcionamiento satisfactorio de los secadores de bandejas depende de mantener una temperatura constante y una velocidad de aire uniforme sobre todo del material que se esté secando.

Conviene tener una circulación de aire con velocidades de 1 a 10 *m/s* para mejorar

el coeficiente de transferencia de calor en la superficie y con el propósito de eliminar bolsas de aire estancado. La corriente de aire adecuada para este tipo de secadores depende de si el ventilador tiene una capacidad suficiente, del diseño de la red de ductos para manejar cambios repentinos de dirección y de desviadores correctamente ubicados. La corriente de aire no uniforme es uno de los problemas más graves que se presentan en el funcionamiento de los secadores de bandejas (Vernon, 2000; Perry y Chilton, 1982).

Los secadores de bandejas pueden ser del tipo de carritos de bandejas o de bandejas estacionarias. En el primer caso, las bandejas se cargan sobre carritos que se empujan hasta el interior del secador y, en el segundo, las bandejas se cargan directamente en bastidores fijos dentro del secador. Los carritos están provistos de ruedas con pestañas que corren sobre carriles. Los carritos cuentan por lo común con dos hileras de bandejas, cada una de las cuales tiene de 18 a 48 bandejas, según sean las dimensiones de éstas. Las bandejas pueden ser cuadradas o rectangulares, con una superficie de 0,37 a 0,75 m^2 /bandeja y se fabrican de un material compatible con las condiciones de corrosión y temperatura prevalecientes. Cuando se apilan en un carrito, debe dejarse un espacio libre de no menos de 3,80 cm entre el material que contienen y la base de la bandeja que está inmediatamente encima. Cuando las características del material y el manejo lo permitan, las bandejas deben tener bases perforadas para proveer una mayor superficie de secado. En general, se prefieren las bandejas metálicas, ya que conducen el calor con mayor facilidad. Las cargas de las bandejas varían comúnmente de 1,25 a 10,0 cm de profundidad (Perry y Chilton, 1982).

El aire se hace circular por medio de ventiladores de hélice o centrífugos; por lo común, el ventilador se monta dentro o directamente arriba del secador. La caída

total de presión por las bandejas, los calentadores y los ductos es, casi siempre, del orden de 2,5 a 5 cm de agua. La recirculación del aire es usualmente del orden del 80 al 95%, excepto durante la etapa inicial de secado de evaporación rápida. La velocidad del aire de secado influye sobre esta operación. A mayor velocidad, menor tiempo de secado; sin embargo, para una muestra dada, a cualquier velocidad del aire la humedad crítica (Y_c) y la humedad de equilibrio (Y_{eq}) no variarán.

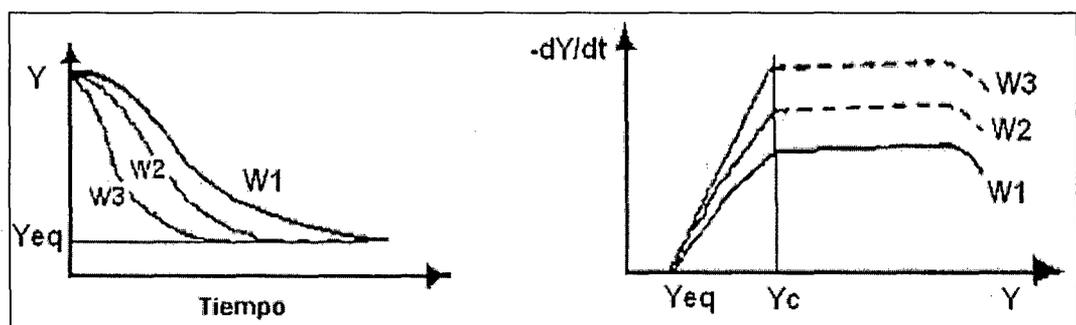


Figura 1. Influencia de la velocidad del aire sobre la operación de secado.

$$W3 > W2 > W1$$

1.7. Operaciones de secado

Las operaciones de secado pueden llevarse a cabo en lotes o en continuo. El secado por lotes es una operación relativamente cara, en consecuencia se limita a operaciones a pequeña escala, a plantas piloto, a trabajos de investigación y para secar materiales valiosos cuyo costo total será poco alterado por el costo agregado en la operación de secado (Ocón y Tojo, 1980).

Para reducir el contenido de humedad de diversos materiales, se debe estimar el tamaño del secador, las diferentes condiciones de humedad y temperatura para el aire empleado, y el tiempo requerido para lograr el grado de secado deseado. El contenido de humedad de equilibrio del material a secarse bajo condiciones específicas de humedad y temperatura del aire debe determinarse experimentalmente. Las mediciones de

velocidad del secado por lotes son relativamente fáciles de obtener a partir de datos experimentales y proporcionan mucha información no sólo para la operación por lotes sino también para la continua, (Barbosa, 2000; Vega, 2000).

1.7.1. Pruebas de secado y curvas de secado

Con respecto a una muestra a secar, la rapidez de secado puede determinarse suspendiendo la muestra en un gabinete o tubería, por donde circula una corriente de aire. El peso de la muestra que se está secando debe medirse cada cierto tiempo y por un periodo determinado. Finalmente, se seca la muestra en una estufa hasta peso constante. Con esta información se elaboran las curvas características de secado (Ocón y Tojo, 1980; Instruction Manual, 1997).

Si m es el peso del sólido húmedo en kg totales de agua más sólido seco, y S es el peso del sólido seco en kg: $Y_r = (m - S) / S$. Usando los valores de Y_r calculados se hace una gráfica del contenido de humedad residual en función del tiempo. Para obtener la curva de velocidad de secado, se miden las pendientes de las tangentes de la curva, lo cual proporciona los valores de $-dY/dt$ para distintos contenidos de humedad.

CAPITULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material biológico

Hojas de Stevia (*Stevia rebaudiana*), de plantas provenientes de la Provincia de Bongará, Distrito de Jazán, colectadas antes de la floración y de primer corte.

2.2. Selección y acondicionamiento de la materia prima

Las plantas Stevia cosechadas previa clasificación, se lavaron y se deshojaron cuidando que estén en un buen estado sanitario, tal como se muestra en la Figura 2.

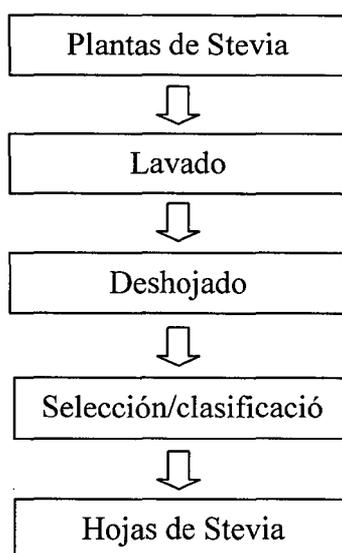


Figura 2. Obtención de hojas de Stevia listas para secar.

2.3. Determinación de la cinética de secado de hojas de *Stevia*

Se encendió el soplador del secador de bandejas y se giró la perilla del control de velocidad hasta la marca correspondiente de la velocidad de aire a trabajar, cuyo valor se confirmó con el anemómetro digital.

Se procedió a encender las resistencias eléctricas, previa regulación con el controlador electrónico de temperatura, luego se midió la temperatura a la entrada y a la salida de la cabina de secado, con un termómetro digital, para verificar que se alcance las temperaturas a evaluar, en la cabina de secado y que el proceso se realice a condiciones estacionarias.

El procedimiento se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 3.

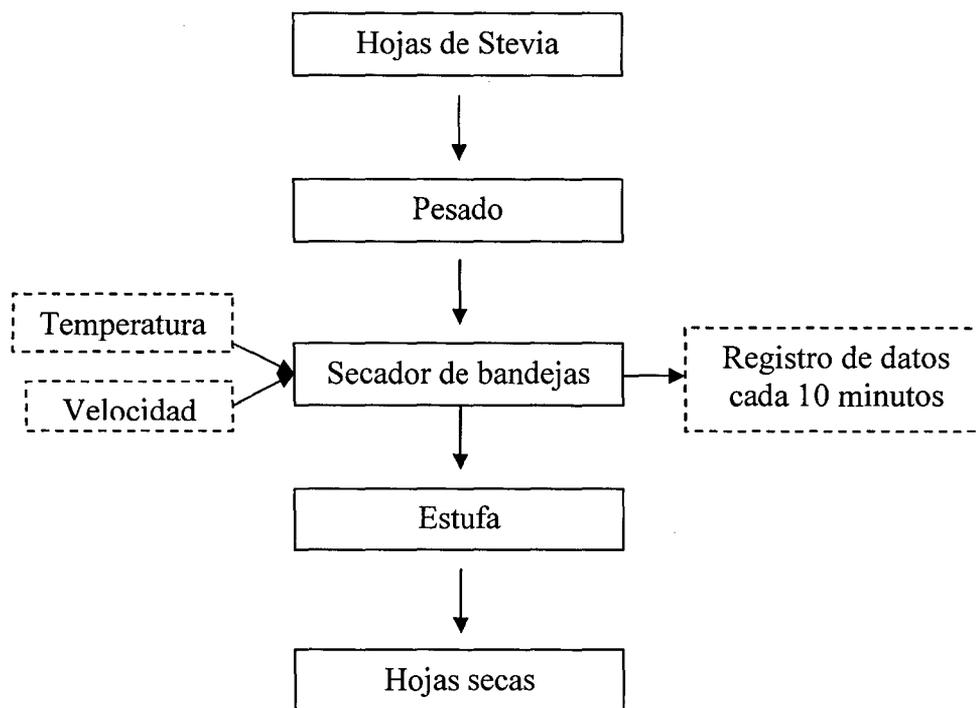


Figura 3. Diagrama de flujo para determinar la cinética de secado.

Simultáneamente se pesó las 3 bandejas y el soporte y se registró el dato. Se colocó 40 g de hojas de *Stevia* en cada una de las bandejas haciendo un total de 120 g entre las 3 bandejas y enseguida se introdujo en la cabina del secador.

Durante el tiempo de secado se midió la temperatura y la velocidad del aire con el anemómetro digital, cada 10 minutos, para verificar que el secado se realice a condiciones estacionarias de velocidad y temperatura especificadas.

Cada 10 minutos se pesó las 3 bandejas con su contenido, transcurrido el tiempo necesario de operación de secado, se apagó el secador de bandejas. Finalmente se puso las hojas a la estufa hasta peso constante, el mismo que representa su peso seco.

Descripción de las etapas de secado de hojas de *Stevia*

Hojas de *Stevia*: Las hojas se obtuvieron producto de la selección y acondicionamiento de la materia prima, logrando obtener hojas de características uniformes.

Pesado: se pesó 40 g de hojas de *Stevia* en cada bandeja haciendo un total de 120 g por cada tratamiento.

Secador de bandejas: Se utilizó el secador de bandejas con flujo de aire caliente del laboratorio de Ingeniería de la UNAT-A previa selección de los parámetros de temperatura y velocidad del aire de secado, como se muestra en la Figura 4.

Hojas secas de *Stevia*: para obtener hojas secas se realizaron diferentes repeticiones, con los mismos tratamientos (temperatura del aire de 40°C, 50°C, 60°C y velocidad del aire de 2,5 m/s; 3,5 m/s).

Secado en la estufa hasta peso seco: al final del secado, se colocó el contenido de las tres bandejas en la estufa a 100°C, hasta peso seco.

2.4. Análisis sensorial

Para la determinación del análisis sensorial se ha tenido que repetir el procedimiento de cinética de secado solo en el secador de bandejas hasta llegar a un

porcentaje de humedad final del 10% en base húmeda, esto se repitió para todos los tratamientos.

El análisis sensorial se realizó con 3 panelistas semi - entrenados, docentes de la Facultad de Ingeniería, todos ellos Ingenieros Agroindustriales de tal forma que al emitir sus resultados fueron de alta fidelidad.

2.5. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico Statgraphics Plus 5.1, utilizando un diseño factorial de 2A x 3B, para las cuatro repeticiones en base al esquema mostrado en la Figura 4.

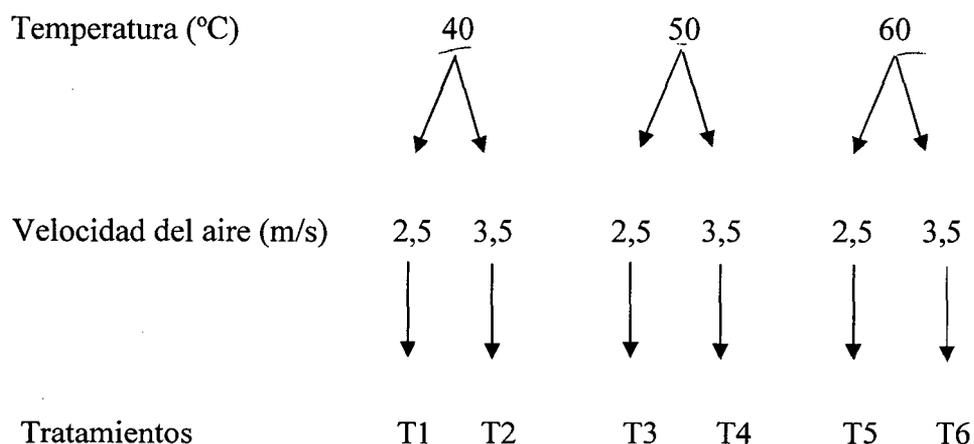


Figura 4. Esquema experimental para la determinación de la cinética de secado.

La hipótesis fue demostrar que la temperatura y la velocidad del aire de secado de un secador de bandejas, influye en la concentración de poder edulcorante de hojas de Stevia (*Stevia rebaudiana*), utilizando las pruebas de comparación de medias LSD y Tukey, con el fin de evaluar que tratamiento logra conservar mayor edulcorante, en los filtrantes de hojas secas de Stevia.

Modelo estadístico

El modelo estadístico de efectos para el diseño factorial 2A x 3B está dado por:

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

Donde:

Y_{ijk} = Optimización del poder edulcorante de las hojas secas de Stevia, obtenido con la i-ésima temperatura del aire, j-ésima velocidad del aire y la k-ésima repetición.

U = Efecto de la media general

A_i = Efecto de la i-ésima temperatura del aire.

B_j = Efecto de la j-ésima velocidad del aire.

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción de la i-ésima temperatura y j-ésima velocidad del aire.

E_{ijk} = Es el efecto del error experimental en la i-ésima temperatura, j-ésima velocidad del aire y k-ésima repetición.

$p = 2$, número de niveles del factor A (velocidad del aire)

$q = 3$, número de niveles del factor B (temperatura del aire)

$k = 4$, número de repeticiones

Hipótesis de interés

Para los tratamientos de la temperatura del aire de secado:

$$H_0 : A_1 = A_2 = 0$$

$$H_A : \text{Al menos un } A_i \neq 0$$

Para los tratamientos de la velocidad del aire de secado

$$H_0 : B_1 = B_2 = B_3 = 0$$

$$H_A : \text{Al menos un } B_j \neq 0$$

Interacción entre los tratamientos: temperatura del aire-velocidad del aire de secado

$$H_0 : (AB)_{ij} = 0 \text{ Para toda } i, j$$

$$H_A : \text{Al menos una } (AB)_{ij} \neq 0$$

El análisis de varianza (ANVA) para los factores A, B y AB se obtuvieron teniendo en cuenta que el factor A tiene dos niveles y el factor B tienen tres niveles, por lo que la correspondiente suma de cuadrados tienen 1, 2 y 2 grados de libertad, respectivamente.

Comparación de medias

El ANVA solo indica que al menos un par de niveles del factor significativo son diferentes entre sí, pero no dice cuales son diferentes, en tal sentido es necesario denotar los niveles del factor A (Velocidad del aire) como A1 y A2, y el factor B (temperatura del aire) como B1, B2 y B3. Entonces las comparaciones del factor velocidad del aire de secado son:

$$H_0 : U_{A1} = U_{A2}$$

$$H_A : U_{A1} \neq U_{A2}$$

Mientras que para el factor temperatura del aire de secado son:

$$H_0 : U_{B1} = U_{B2}$$

$$H_0 : U_{B1} = U_{B3}$$

$$H_0 : U_{B2} = U_{B3}$$

$$H_A : U_{B1} \neq U_{B2}$$

$$H_A : U_{B1} \neq U_{B3}$$

$$H_A : U_{B2} \neq U_{B3}$$

Prueba de diferencia mínima significativa

$$LSD_A = t_{\alpha/2, pq(k-1)} \sqrt{\frac{2CME}{qr}}$$

Donde:

$t_{\alpha/2, ab(r-1C)}$ es el punto porcentual $100(1-\alpha/2)$ de la distribución t-Student, los grados de libertad $pq(k-1)$ del cuadrado medio del error, k es el número de repeticiones de nuestros tratamientos.

Regla de decisión

Si $|T_i - T_j| \leq LSD$, entonces ACEPTAR H_0

Si $|T_i - T_j| > LSD$, entonces RECHAZAR H_0

Prueba de Tukey

Prueba estadística

$$T = q_{\alpha, (r, gl.error)} \sqrt{\frac{CME}{pr}}$$

Regla de decisión

Si $|T_i - T_j| \leq ALS^T$, entonces ACEPTAR H_0

Si $|T_i - T_j| > ALS^T$, entonces RECHAZAR H_0

CAPITULO III

RESULTADOS

3.1. Determinación del rendimiento de la Stevia

El rendimiento promedio de la planta de Stevia en un estado de madurez comercial para la obtención de sus hojas, es de 44 %. Y el restante 56 % es tallo, flores y/o botones y ramas.

3.2. Determinación experimental de la cinética de secado

Los resultados de las pruebas experimentales de secado de hojas de Stevia realizadas con aire a 40 °C y velocidad de 2,5 m/s se muestran en la Tabla 1; para la prueba experimental realizada con aire a 40 °C y velocidad de 3,5 m/s se muestra en la Tabla 2. Para la cual se ha tenido que realizar algunos calculo que a continuación describimos: Se calculó la humedad residual de la siguiente manera:

$$Y_r = (P - S)/S.$$

La velocidad de secado se calculó con la formula: $-dY/dt = (Y_i - Y_{i+1})/(t_i - t_{i+1})$.

Finalmente, se calculó la humedad promedio con la formula: $Y_m = (Y_i + Y_{i+1})/2$.

Los resultados se muestran en las Tablas del 1 a 6.

Tabla 1. Datos experimentales de la operación de secado de hojas de *Stevia rebaudiana*, en el secador de bandejas con aire a 40°C y a velocidad de 2,5 m/s.

°N	Tiempo (min)	Peso (g)	Humedad residual (g agua/g planta seca)	dy/dt (g agua/g ss. Min)	Ym (g agua /g planta seca)
	T	P	(P-S)/S		
1	0	120,0	4,00	0,050	3,750
2	10	108,0	3,50	0,040	3,300
3	20	98,4	3,10	0,036	2,919
4	30	89,7	2,74	0,032	2,577
5	40	82,0	2,42	0,027	2,279
6	50	75,4	2,14	0,027	2,008
7	60	69,0	1,88	0,022	1,765
8	70	63,7	1,65	0,020	1,556
9	80	59,0	1,46	0,019	1,365
10	90	54,5	1,27	0,015	1,198
11	100	51,0	1,13	0,015	1,052
12	110	47,5	0,98	0,012	0,921
13	120	44,7	0,86	0,011	0,806
14	130	42,0	0,75	0,008	0,708
15	140	40,0	0,67	0,008	0,627
16	150	38,1	0,59	0,007	0,554
17	160	36,5	0,52	0,006	0,490
18	170	35,0	0,46	0,005	0,435
19	180	33,9	0,41	0,004	0,394
20	190	33,0	0,38	0,004	0,356
21	200	32,1	0,34	0,003	0,321
22	210	31,3	0,30	0,003	0,292
23	220	30,7	0,28	0,003	0,265
24	230	30,0	0,25	0,002	0,240
25	240	29,5	0,23	0,011	0,173
26	250	29,1	0,21	0,021	0,106
27	260	28,7	0,20	0,020	0,098
28	270	28,3	0,18	0,018	0,090
29	280	28,0	0,17	0,017	0,083
30	290	27,7	0,15	0,015	0,077
31	300	27,3	0,14	0,014	0,069
32	310	27,0	0,13	0,013	0,063
33	320	26,8	0,12	0,012	0,058

Fuente: Elaboración propia

Peso seco: $S = 24 \text{ g}$

Tabla 2. Datos experimentales de la operación de secado de hojas de *Stevia rebaudiana*, en el secador de bandejas con aire de 40°C y a velocidad de 3,5 m/s.

°N	Tiempo (min)	Peso (g)	Humedad residual (g agua/g planta seca)	dy/dt (g agua/g ss. min)	Ym (g agua /g planta seca)
	T	P	(P-S)/S		
1	0	120,0	3,62	0,062	1,826
2	10	104,0	3,00	0,037	1,516
3	20	94,5	2,63	0,033	1,332
4	30	86,0	2,31	0,029	1,167
5	40	78,5	2,02	0,026	1,021
6	50	71,7	1,76	0,022	0,888
7	60	66,0	1,54	0,019	0,778
8	70	61,0	1,35	0,017	0,680
9	80	56,5	1,17	0,013	0,592
10	90	53,0	1,04	0,011	0,525
11	100	50,1	0,93	0,012	0,467
12	110	47,0	0,81	0,008	0,408
13	120	45,0	0,73	0,008	0,369
14	130	43,0	0,65	0,007	0,330
15	140	41,2	0,58	0,005	0,295
16	150	39,8	0,53	0,006	0,267
17	160	38,2	0,47	0,004	0,236
18	170	37,2	0,43	0,003	0,217
19	180	36,3	0,40	0,003	0,199
20	190	35,5	0,37	0,003	0,184
21	200	34,8	0,34	0,003	0,170
22	210	34,1	0,31	0,002	0,157
23	220	33,6	0,29	0,002	0,147
24	230	33,1	0,27	0,002	0,143
25	240	32,6	0,25	0,013	0,133
26	250	32,1	0,23	0,023	0,117
27	260	31,7	0,22	0,022	0,110
28	270	31,3	0,20	0,020	0,102
29	280	30,8	0,18	0,018	0,092
30	290	30,5	0,17	0,017	0,087
31	300	30,2	0,16	0,016	0,081
32	310	29,8	0,15	0,015	0,073
33	320	29,5	0,13	0,013	0,067
34	330	29,2	0,12	0,012	0,062

Fuente: Elaboración propia

Peso seco: S = 26 g

Donde:

Y_r = Humedad residual; P = Peso en gramos, al tiempo x; S = peso seco

dy = Diferencial de la humedad; dt = Diferencial del tiempo; Y_m = Humedad media

Los resultados de las pruebas experimentales de secado de hojas de Stevia realizadas con aire a 50 °C y velocidad de 2,5 m/s se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Datos experimentales de la operación de secado de hojas de *Stevia rebaudiana*, en el secador de bandejas con aire a 50°C y a velocidad de 2,5 m/s.

°N	Tiempo (min)	Peso (g)	Humedad residual (g agua/g planta seca)	dy/dt (g agua/g ss. min)	Ym (g agua /g planta seca)
	T	P	(P-S)/S		
1	0	120,0	3,49	0,071	3,139
2	10	101,0	2,78	0,030	2,633
3	20	93,0	2,48	0,041	2,277
4	30	82,0	2,07	0,035	1,897
5	40	72,7	1,72	0,031	1,569
6	50	64,5	1,42	0,022	1,303
7	60	58,5	1,19	0,021	1,088
8	70	53,0	0,99	0,019	0,891
9	80	48,0	0,80	0,013	0,732
10	90	44,5	0,67	0,011	0,610
11	100	41,5	0,55	0,010	0,506
12	110	38,9	0,46	0,009	0,412
13	120	36,5	0,37	0,006	0,337
14	130	34,9	0,31	0,005	0,281
15	140	33,5	0,25	0,004	0,234
16	150	32,4	0,21	0,002	0,202
17	160	31,8	0,19	0,004	0,170
18	170	30,7	0,15	0,001	0,142
19	180	30,3	0,13	0,002	0,125
20	190	29,8	0,12	0,012	0,058

Fuente: Elaboración propia

Peso seco: S = 26,7 g

Para la prueba experimental realizada con aire a 50 °C y velocidad de 3,5 m/s se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Datos experimentales de la operación de secado de hojas de *Stevia rebaudiana*, en el secador de bandejas con flujo de aire a 50°C y a velocidad de 3,5 m/s.

°N	Tiempo (min)	Peso (g)	Humedad residual (g agua/g planta seca)	dy/dt (g agua/g ss. min)	Ym (g agua /g planta seca)
	T	P	(P-S)/S		
1	0	120,0	4,00	0,083	3,583
2	10	100,0	3,17	0,042	2,958
3	20	90,0	2,75	0,040	2,552
4	30	80,5	2,35	0,035	2,177
5	40	72,0	2,00	0,031	1,844
6	50	64,5	1,69	0,025	1,563
7	60	58,5	1,44	0,021	1,333
8	70	53,5	1,23	0,019	1,135
9	80	49,0	1,04	0,015	0,969
10	90	45,5	0,90	0,015	0,823
11	100	42,0	0,75	0,010	0,698
12	110	39,5	0,65	0,008	0,606
13	120	37,6	0,57	0,009	0,523
14	130	35,5	0,48	0,004	0,458
15	140	34,5	0,44	0,006	0,406
16	150	33,0	0,38	0,005	0,348
17	160	31,7	0,32	0,005	0,296
18	170	30,5	0,27	0,004	0,250
19	180	29,5	0,23	0,002	0,219
20	190	29,0	0,21	0,003	0,194
21	200	28,3	0,18	0,002	0,171
22	210	27,9	0,16	0,002	0,154
23	220	27,5	0,15	0,001	0,142
24	230	27,3	0,14	0,001	0,133
25	240	27,1	0,13	0,001	0,125
26	250	26,9	0,12	0,012	0,060

Fuente: Elaboración propia

Peso seco: $S = 24 \text{ g}$

Los resultados de las pruebas experimentales de secado de hojas de *Stevia* realizadas con aire a 60 °C y velocidad de 2,5 m/s se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Datos experimentales de la operación de secado de hojas de *Stevia rebaudiana*, en el secador de bandejas con flujo de aire a 60°C y a velocidad de 2,5 m/s.

°N	tiempo (min)	peso (g)	Humedad residual (g agua/g planta seca)	dy/dt (g agua/g ss. Mín)	Ym (g agua /g planta seca)
	T	P	(P-S)/S		
1	0	120,0	3,76	0,077	3,375
2	10	100,5	2,99	0,058	2,700
3	20	86,0	2,41	0,050	2,165
4	30	73,5	1,92	0,038	1,728
5	40	64,0	1,54	0,032	1,381
6	50	56,0	1,22	0,026	1,093
7	60	49,5	0,96	0,022	0,855
8	70	44,0	0,75	0,014	0,675
9	80	40,4	0,60	0,013	0,536
10	90	37,0	0,47	0,010	0,419
11	100	34,5	0,37	0,005	0,345
12	110	33,3	0,32	0,005	0,298
13	120	32,1	0,27	0,004	0,256
14	130	31,2	0,24	0,003	0,224
15	140	30,5	0,21	0,002	0,198
16	150	29,9	0,19	0,002	0,179
17	160	29,5	0,17	0,002	0,163
18	170	29,1	0,15	0,002	0,147
19	180	28,7	0,14	0,001	0,133
20	190	28,4	0,13	0,001	0,123
21	200	28,2	0,12	0,001	0,115
22	210	28,0	0,11	0,011	0,056

Fuente: Elaboración propia

Peso seco: S = 25,2 g

Para la prueba experimental realizada con aire a 60 °C y velocidad de 3,5 m/s se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Datos experimentales de la operación de secado de hojas de *Stevia rebaudiana*, en el secador de bandejas con flujo de aire a 60°C y a velocidad de 3,5 m/s.

°N	Tiempo (min)	Peso (g)	Humedad residual (g agua/g planta seca)	dy/dt (g agua/g ss. min)	Ym (g agua /g planta seca)
	T	P	(P-S)/S		
1	0	120,0	4,15	0,097	3,667
2	10	97,5	3,18	0,077	2,800
3	20	79,6	2,42	0,060	2,118
4	30	65,7	1,82	0,050	1,569
5	40	54,0	1,32	0,038	1,129
6	50	45,2	0,94	0,023	0,824
7	60	39,8	0,71	0,021	0,605
8	70	35,0	0,50	0,009	0,459
9	80	33,0	0,42	0,009	0,373
10	90	31,0	0,33	0,006	0,303
11	100	29,7	0,27	0,004	0,255
12	110	28,8	0,24	0,003	0,221
13	120	28,1	0,21	0,002	0,197
14	130	27,7	0,19	0,002	0,180
15	140	27,3	0,17	0,002	0,163
16	150	26,9	0,15	0,002	0,146
17	160	26,5	0,14	0,002	0,129
18	170	26,1	0,12	0,001	0,114
19	180	25,8	0,11	0,011	0,054

Fuente: Elaboración propia

Peso seco: 23,3 g

3.2. Determinación experimental de las curvas de cinética de secado

Los resultados de las pruebas experimentales de secado de hojas de *Stevia* con aire a 40°C y velocidad de 2,5 y 3,5 m/s se muestran en la Figura 5, donde se aprecia que la humedad crítica (Y_c) fue 1,60 g de agua/ g *Stevia* seca y la humedad de equilibrio (Y_{eq}) fue 0,12 g de agua/ g *Stevia* seca, valores que no han

variado a pesar de aplicar dos diferentes velocidades del aire de secado, lo que no ocurre con el tiempo crítico (T_c) que si varia conforme aumenta la velocidad del aire de secado.

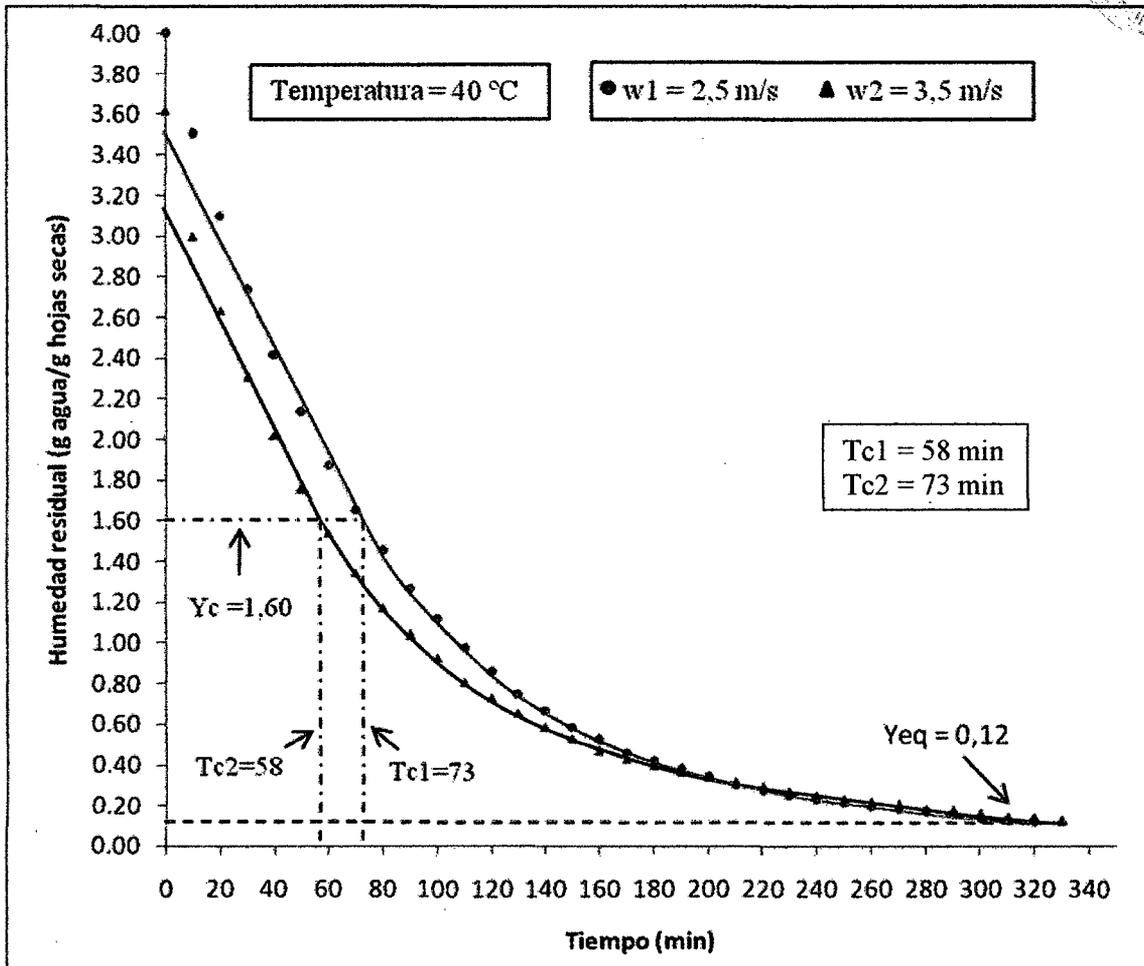


Figura 5. Humedad residual en función del tiempo
($T = 40 \text{ °C}$; $W_1 = 2,5 \text{ m/s}$; $W_2 = 3,5 \text{ m/s}$).

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las pruebas experimentales de secado de hojas de Stevia con aire a 50 °C y velocidad de 2,5 y 3,5 m/s se muestran en la Figura 6, donde se aprecia que la humedad crítica (Y_c) fue 1,70 g de agua/ g Stevia seca y la humedad de equilibrio (Y_{eq}) fue 0,12 g de agua/ g Stevia seca, valores que no han variado a pesar de aplicar dos

diferentes velocidades del aire de secado, lo que no ocurre con el tiempo crítico (T_c) que si varia con forme aumenta la velocidad del aire de secado.

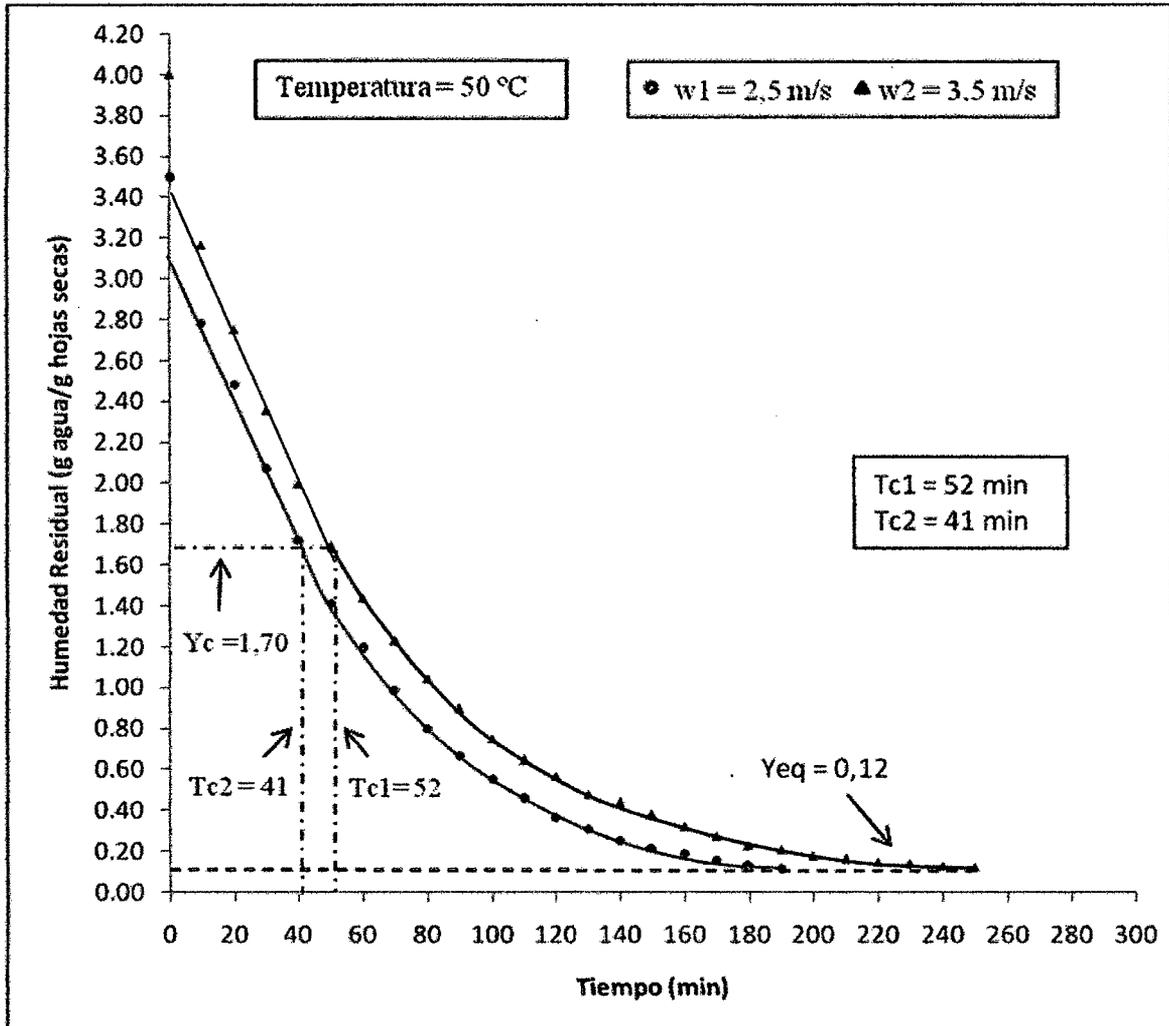


Figura 6. Humedad residual en función del tiempo
($T = 50 \text{ }^\circ\text{C}$; $W_1 = 2,5 \text{ m/s}$; $W_2 = 3,5 \text{ m/s}$).

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de las pruebas experimentales de secado de hojas de Stevia con aire a 60°C y velocidad de 2,5 y 3,5 m/s se muestran en la Figura 7, donde se aprecia que la humedad crítica (Y_c) fue 1,80 g de agua/ g Stevia seca y la humedad de equilibrio (Y_{eq}) fue 0,12 g de agua/ g Stevia seca, valores que no han variado a pesar de aplicar dos

diferentes velocidades del aire de secado, lo que no ocurre con el tiempo crítico (T_c) que si varia conforme aumenta la velocidad del aire de secado.

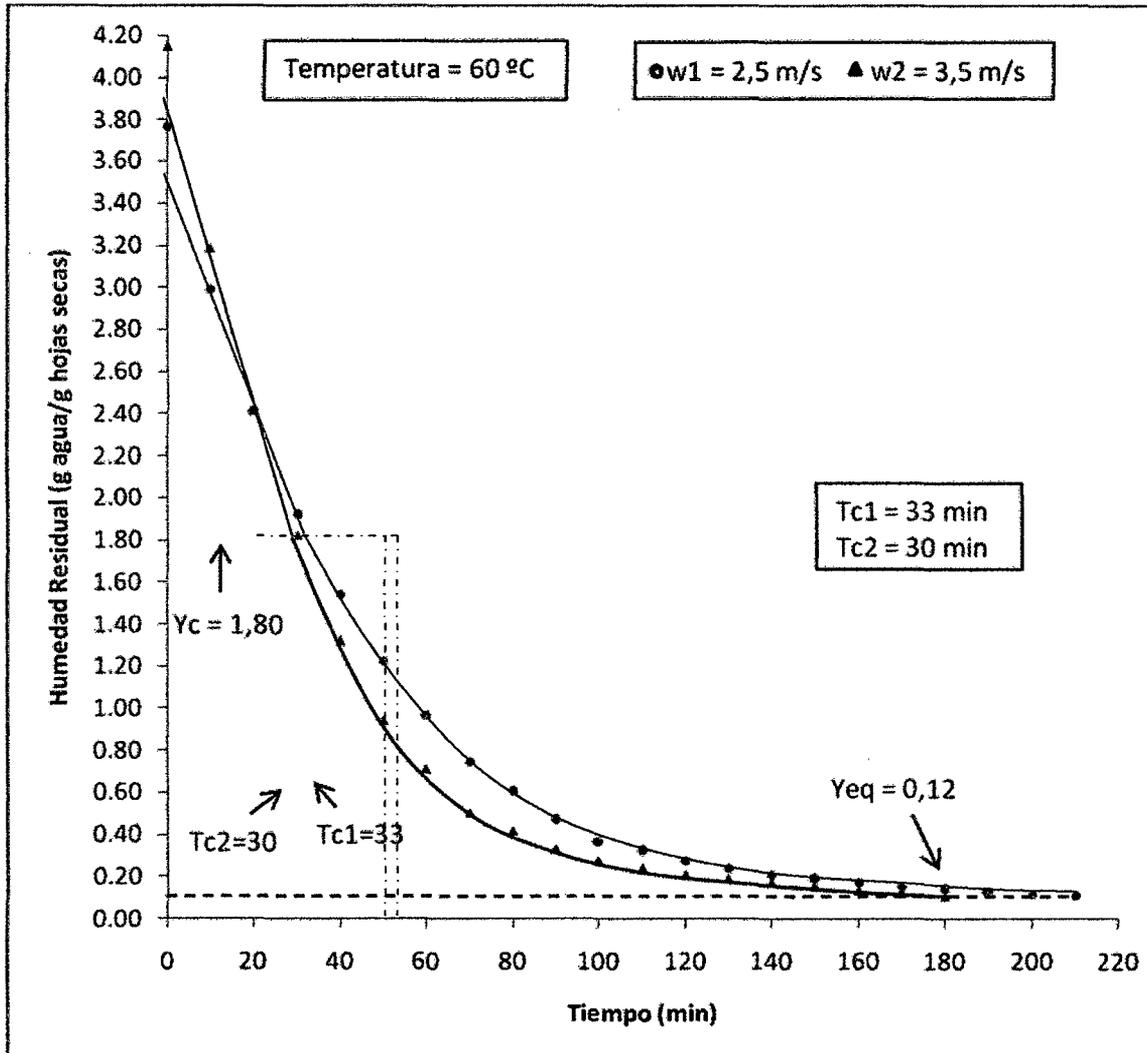


Figura 7. Humedad residual en función del tiempo
($T = 60 \text{ }^\circ\text{C}$; $W_1 = 2,5 \text{ m/s}$; $W_2 = 3,5 \text{ m/s}$).

Fuente: Elaboración propia

Otra forma de evaluar el efecto de la temperatura y la velocidad del aire de secado para la determinación del tiempo de secado, es mediante el uso de las curvas de velocidad de secado (dy/dt) en función del contenido de humedad libre. Dichas curvas se muestran en las Figuras 8, 9 y 10 para las temperaturas y velocidades del aire de secado establecidas en el experimento.

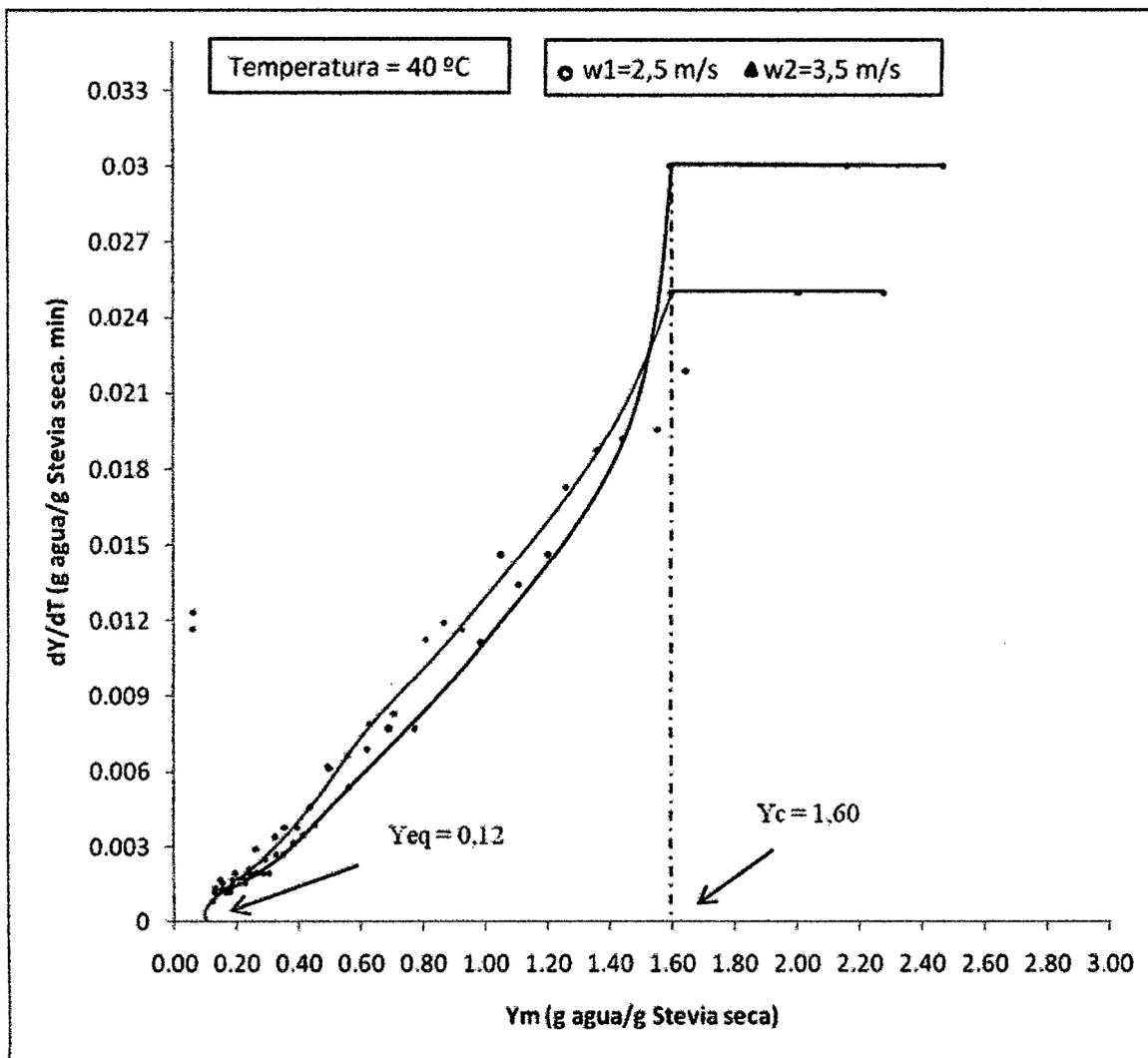


Figura 8: Variación de la humedad con el tiempo en función de la Humedad residual promedio ($T=40^{\circ}\text{C}$; $W=2,5$ y $3,5$ m/s)

Fuente: Elaboración propia

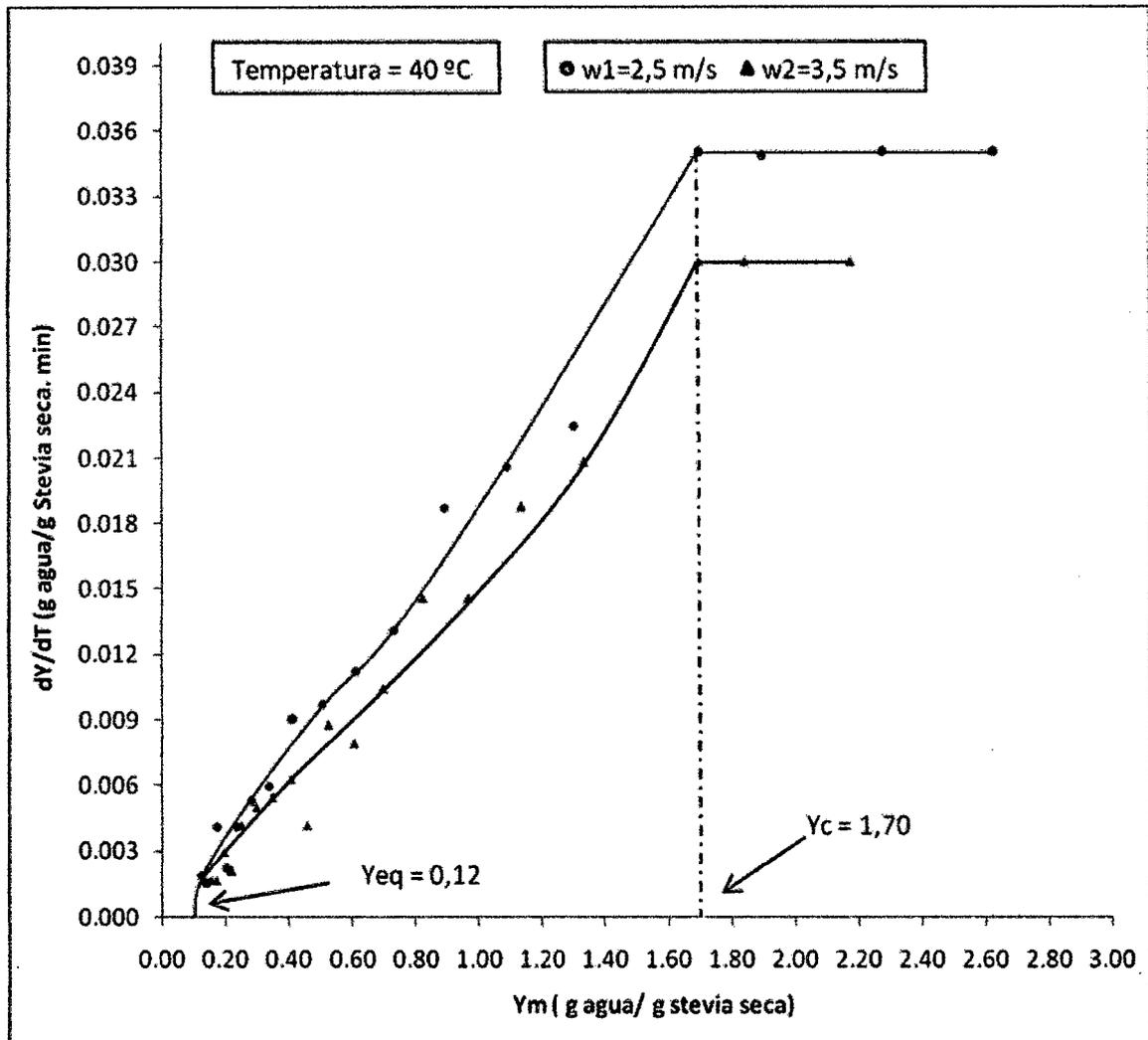


Figura 9: Variación de la humedad con el tiempo en función de la humedad residual promedio ($T=50^{\circ}\text{C}$; $W=2,5$ y $3,5$ m/s)

Fuente: Elaboración propia

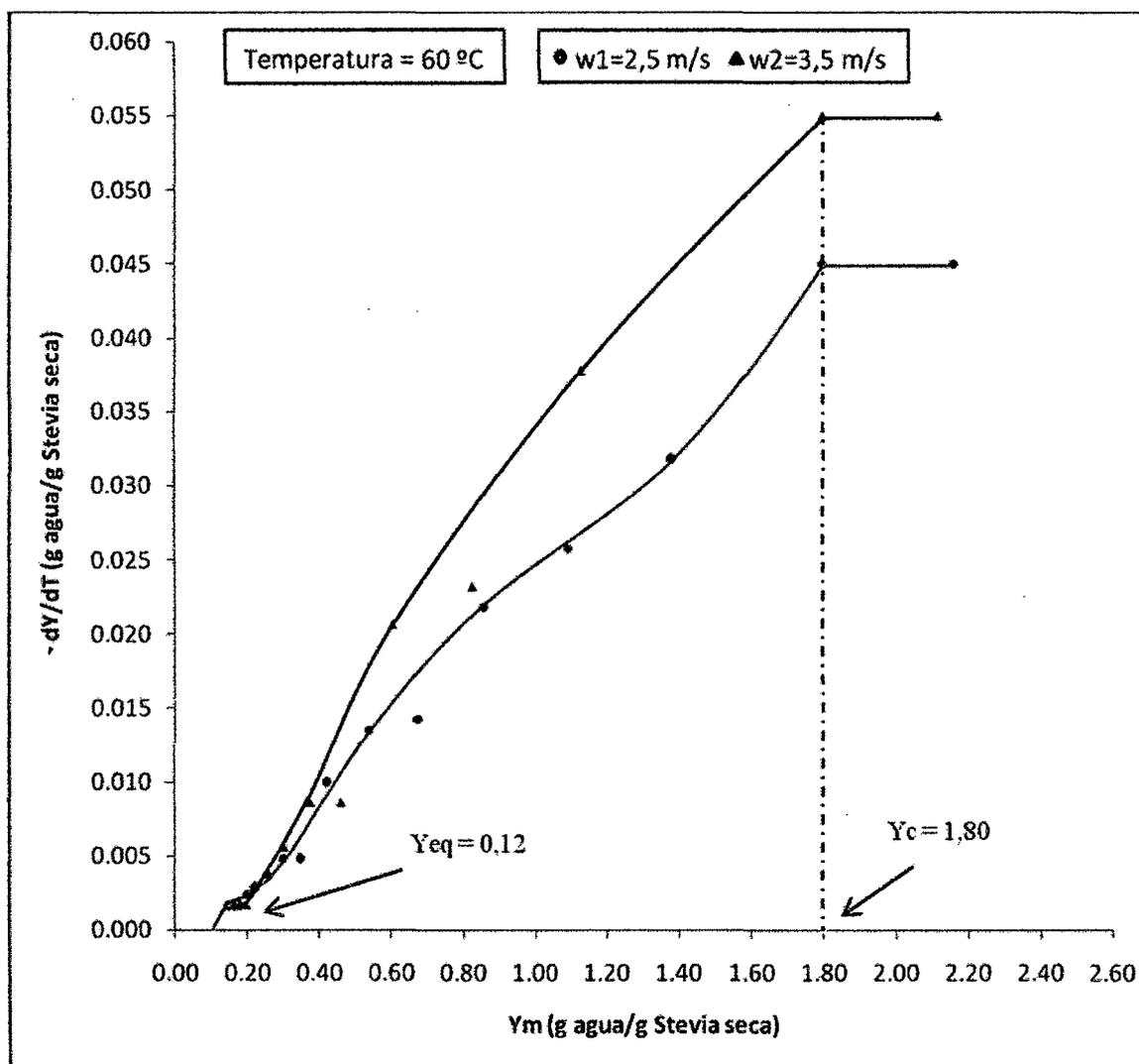


Figura 10: Variación de la humedad con el tiempo en función de la humedad residual promedio ($T=60^{\circ}\text{C}$; $W=2,5$ y $3,5$ m/s)

Fuente: Elaboración propia

3.3. Análisis estadístico de la cinética de secado

Tabla 7. Tiempos de secado de hojas de Stevia por tratamiento

REPETICION	A1 (2,5 m/s)			A2 (3,5 m/s)		
	B1 (40°C)	B2 (50°C)	B3 (60°C)	B1 (40°C)	B2 (50°C)	B3 (60°C)
1	4,33	3,17	3,67	4,17	3,83	2,83
2	3,83	3,00	3,17	4,33	4,00	3,33
3	4,17	3,33	3,67	4,50	4,00	3,00
4	4,17	3,50	3,50	4,00	3,83	2,67
Promedio	4,13	3,25	3,50	4,25	3,92	2,96

Fuente: Elaboración propia

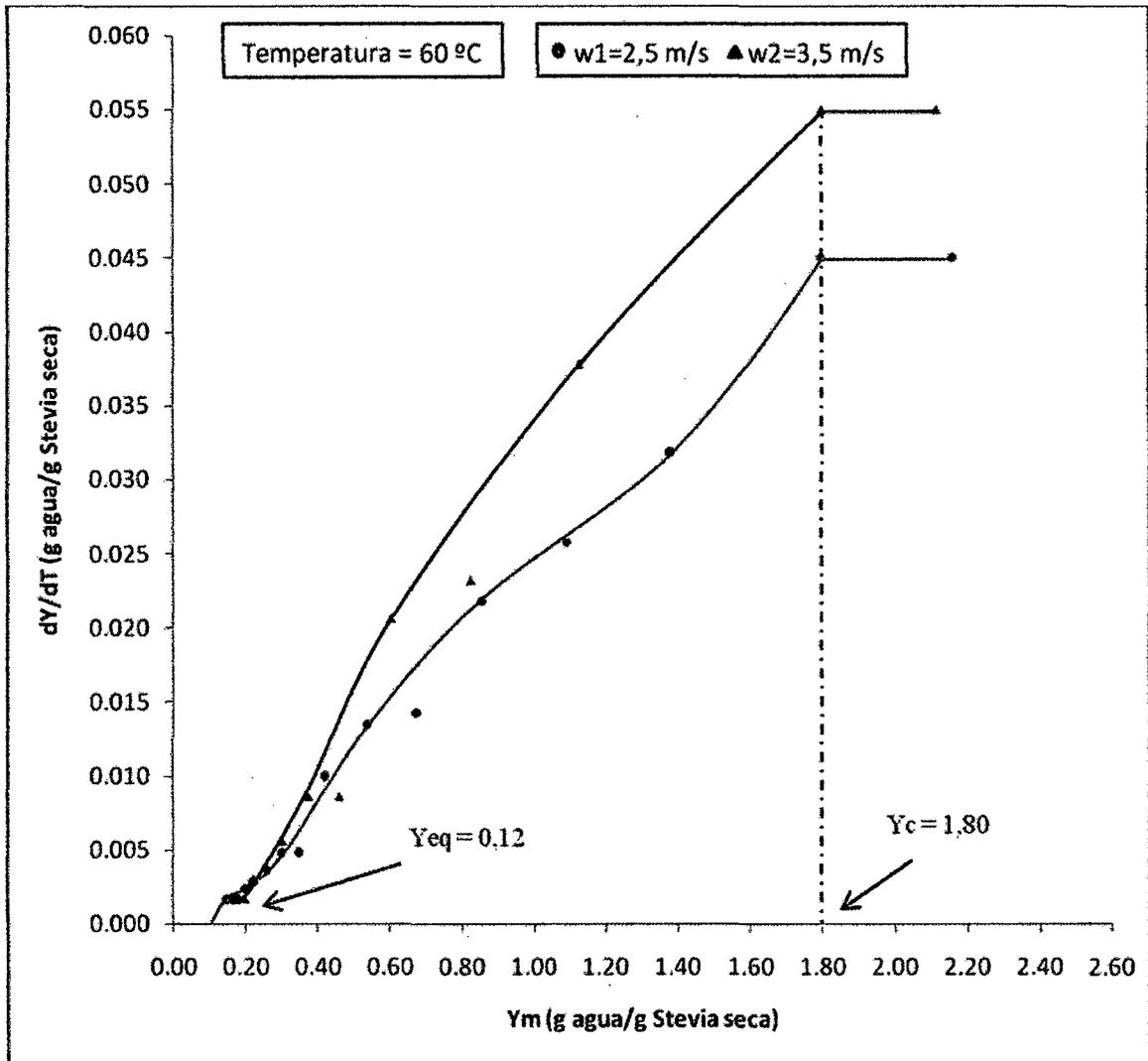


Figura 10: Variación de la humedad con el tiempo en función de la humedad residual promedio ($T=60^{\circ}\text{C}$; $W=2,5$ y $3,5$ m/s)

Fuente: Elaboración propia

3.3. Análisis estadístico de la cinética de secado

Tabla 7. Tiempos de secado de hojas de Stevia por tratamiento

REPETICION	A1 (2,5 m/s)			A2 (3,5 m/s)		
	B1 (40°C)	B2 (50°C)	B3 (60°C)	B1 (40°C)	B2 (50°C)	B3 (60°C)
1	4,33	3,17	3,67	4,17	3,83	2,83
2	3,83	3,00	3,17	4,33	4,00	3,33
3	4,17	3,33	3,67	4,50	4,00	3,00
4	4,17	3,50	3,50	4,00	3,83	2,67
Promedio	4,13	3,25	3,50	4,25	3,92	2,96

Fuente: Elaboración propia

A: Velocidad del aire de secado; B: Temperatura del aire de secado

Análisis de Varianza (ANVA)

Para el análisis de varianza se calculó la suma de cuadrados obteniendo los valores totales por nivel de cada factor y en combinación de niveles, utilizando el paquete estadístico Statgraphics Plus 5.1, con el cual se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 8.

Tabla 8. Análisis de varianza para la cinética de secado

Fuente	gl	Sum. Cuad.	Cuad. Med.	Coefficiente F	P-Valor
Efectos principales					
A	1	0,0400167	0,0400167	0,854	0,3677 ns
B	2	3,7522300	1,8761200	40,020	0,0000 *
Interacciones					
AB	2	1,4697300	0,7348670	15,680	0,0001 *
Error	18	0,8437500	0,0468750		
TOTAL	23	6,1057300			

Fuente: Elaboración propia

A: Velocidad del aire de secado B: Temperatura del aire de secado

AB: Interacción del factor A y B *: Significativo ns: No significativo

Interpretación:

Para el efecto principal A, resulta ser no significativo; es decir, que por sí sola la velocidad del aire no ejerce diferencia significativa en la optimización de edulcorante en las hojas secas de Stevia. De igual forma para el efecto principal B, resulta significativo; es decir, que la temperatura por sí sola sí ejerce influencia significativa sobre la optimización de edulcorante de hojas secas de Stevia. Finalmente decimos que en la interacción entre el factor A (velocidad del aire de secado), con el factor B (temperatura del aire de secado), resulta ser significativo, por lo que nos interesa ver los efectos simples de la interacción, para poder ver de qué tratamiento proviene la interacción.

Tabla 9. Análisis de los efectos simples de la interacción

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Cuadrados medios	Coficiente F	P-Valor
A	0,04002	1	0,04002	00.854	0.368 ns
B	3,75223	2	1,87612	40.020	0.000 *
A*B	1,46973	2	0,73487	15.680	0.000 *
A Dentro de B1	0.03125	1	0.03125	00.690	0.437 ns
A Dentro de B2	0.88445	1	0.88445	18.809	0.000 *
A Dentro de B3	0.59405	1	0.59405	12.638	0.002 *
B Dentro de A1	1.62252	2	0.81126	17.255	0.000 *
B Dentro de A2	3.59945	2	1.79972	38.298	0.000 *
Error	0,84375	18	0,04688		
Total corregido	6.106	23			

Fuente: Elaboración propia

*: Significativo ns: No significativo

Interpretación.

En el análisis de los efectos simples de la interacción, todos resultan significativos; es decir que, todos estos tratamientos son diferentes entre sí. Excepto, A dentro de B1 que resulta no significativo es decir que no existe diferencia significativa para optimización de edulcorante de hojas secas de Stevia.

Tabla 10. Comparación de los tratamientos del factor A (velocidad del aire de secado) con un nivel de significancia de 0,05 por el método de LSD.

Comparación	Diferencia	Hipótesis	Signif. $\alpha=0,05$
$ T_{A1} - T_{A2} $	0,98	$U_{A1} \neq U_{A2}$	ns

Fuente: Elaboración propia; *: Significativo

Interpretación.

En la comparación de tratamientos del factor A (velocidad del aire), resulta no significativo; es decir que, este factor no ejerce diferencia significativa en la optimización del edulcorante de las hojas secas de Stevia.

Tabla 11. Comparación de los tratamientos del factor B (temperatura del aire de secado) con un nivel de significancia de 0,05 por el método de LSD.

Comparación	Diferencia	Hipótesis	Signif $\alpha=0,05$
$ T_{B1} - T_{B2} $	4,84	$U_{B1} = U_{B2}$	*
$ T_{B1} - T_{B3} $	7,66	$U_{B1} \neq U_{B2}$	*
$ T_{B2} - T_{B3} $	2,82	$U_{B2} \neq U_{B3}$	*

Fuente: Elaboración propia

*: Significativo

Interpretación.

En la comparación de tratamientos del factor B (temperatura del aire), resulta significativo; es decir que, este factor ejerce diferencia significativa en la optimización del edulcorante de las hojas secas de Stevia.

Tabla 12. Comparación de los tratamientos del factor A (velocidad del aire de secado) con los niveles de significancia de 0,05 por el método de tukey.

Comparación	diferencia	Hipótesis	Sognif $\alpha=0,05$
$ T_{A1} - T_{A2} $	0,98	$U_{A1} \neq U_{A2}$	ns

Fuente: Elaboración propia; *: Significativo

Tabla 13. Comparación de los tratamientos del factor B (temperatura del aire de secado) con un nivel de significancia de 0,05 por el método de Tukey.

Comparación	Diferencia	Hipótesis	Signf $\alpha=0,05$
$ T_{B1} - T_{B2} $	4,84	$U_{B1} \neq U_{B2}$	*
$ T_{B1} - T_{B3} $	7,66	$U_{B1} \neq U_{B2}$	*
$ T_{B2} - T_{B3} $	2,82	$U_{B2} \neq U_{B3}$	*

Fuente: Elaboración propia; *: Significativo

Interpretación:

En la interpretación para la Tabla 12 y 13, decimos que los resultados son los mismos que hemos encontrado por el método de prueba de LSD, por lo tanto la interpretación es la misma hecha para la Tabla 10 y 11.

3.4. Análisis estadístico para la evaluación sensorial**Tabla 14.** Evaluación sensorial respecto al color

Juez	P	Q	R	Z
J1	6	7	6	4
J2	7	7	7	4
J3	7	6	6	7
Total	20	20	19	15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Evaluación sensorial respecto al olor

Juez	P	Q	R	Z
J1	5	6	7	8
J2	6	6	6	5
J3	8	7	6	5
Total	19	19	19	18

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Evaluación sensorial respecto al sabor dulce

Juez	P	Q	R	Z
J1	7	7	6	5
J2	6	7	7	5
J3	7	8	8	5
Total	20	22	21	15

Fuente: Elaboración propia

Donde:

P = Muestra a 50°C y 2,5 m/s

Q = Muestra a 60°C y 2,5 m/s

R = Muestra a 60°C y 3,5 m/s

Z = Testigo (ofertado comercialmente en el mercado).

Análisis de varianza (ANVA)

Tabla 17. Análisis de varianza para el color

Fuente	GL	Sum. Cuad.	Cuad. Med.	Cociente-F	P-Valor
Muestras	3	5,66667	1,888890	1,66	0,2735 ns
Jueces	2	1,16667	0,583333	0,51	
Error	6	6,83333	1,138890		
TOTAL	11	13,6667			

Fuente: Elaboración propia; *: Significativo

Tabla 18. Comparación de muestras por color con un nivel de significancia de 0,05 por el método de Tukey.

Comparación	Diferencia	Hipótesis	Signf $\alpha=0,05$
P-Q	0,0	$U_P \neq U_Q$	ns
P-R	0,333333	$U_P \neq U_R$	ns
P-Z	1,666670	$U_P \neq U_Z$	ns
Q-R	0,333333	$U_Q \neq U_R$	ns
Q-Z	1,666670	$U_Q \neq U_Z$	ns
R-Z	1,333330	$U_R \neq U_Z$	ns

Fuente: Elaboración propia; ns: No significativo

Interpretación:

En la tabla de análisis de varianza para el color de las muestras (filtrante de Stevia) resulta no significativo; es decir que, no existe diferencia significativa entre muestras con respecto al color tal como podemos apreciar en la Tabla 17 y 18.

Tabla 19. Análisis de varianza para el olor

Fuente	GL	Sum. Cuad.	Cuad. Med.	Cociente-F	P-Valor
Muestras	3	0,25	0,0833333	0,05 0,43	0,6699 ns
Jueces	2	1,50	0,7500000		
Error	6	10,500	1,7500000		
TOTAL	11	12,25			

ns: No significativo

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Comparación de muestras por olor con un nivel de significancia de 0,05 por el método de Tukey.

Comparación	diferencia	Hipótesis	Signf $\alpha=0,05$
P-Q	0,0	$U_P \neq U_Q$	ns
P-R	0,0	$U_P \neq U_R$	ns
P-Z	0,333333 0,0	$U_P \neq U_Z$	ns
Q-R	0,333333	$U_Q \neq U_R$	ns
Q-Z	0,333333	$U_Q \neq U_Z$	ns
R-Z		$U_R \neq U_Z$	ns

Fuente: Elaboración propia; ns: No significativo

Interpretación.

En la tabla de análisis de varianza para el olor de las muestras (filtrante de Stevia) resulta no significativo; es decir que, no existe diferencia significativa entre muestras con respecto al color tal como podemos apreciar en la Tabla 19 y 20.

Tabla 21. Análisis de varianza para el sabor dulce

Fuente	GL	Sum. Cuad.	Cuad. Med.	Cociente-F	P-Valor
Muestras	3	9,66667	3,22222	10,55	0.0083 *
Jueces	2	1,50	2,45	0,1664	
Error	6	1,83333	0,305556		
TOTAL	11	13,0			

Fuente: Elaboración propia, *: Significativo

Tabla 22. Comparación de muestras por sabor dulce con un nivel de significancia de 0,05 por el método de Tukey.

Comparación	Diferencia	Hipótesis	Signf $\alpha=0,05$
P-Q	-0,666667	$U_P \neq U_Q$	ns
P-R	-0,333333	$U_P \neq U_R$	ns
P-Z	1,66667	$U_P \neq U_Z$	*
Q-R	0,333333	$U_Q \neq U_R$	ns
Q-Z	2,333330	$U_Q \neq U_Z$	*
R-Z	2,0	$U_R \neq U_Z$	*

Fuente: Elaboración propia; *: Significativo; ns: No significativo

Interpretación.

En la Tabla de comparación de muestras para el sabor dulce de hojas secas de Stevia (filtrante de Stevia) resultan: las que no son significativas; es decir que, no existe diferencia entre comparaciones de estas muestras con respecto al sabor dulce. De igual manera aquellas que resultan significativas; quiere decir que, si existe diferencia significativas entre muestras con respecto al sabor dulce.

CAPITULO IV

DISCUSIÓN

- Se puede observar que con temperaturas de 40 °C y 50 °C a una velocidad de 3,5 m/s, no se logró llegar al 10 % de humedad final en base húmeda, empleando muestras de hojas de Stevia con una humedad inicial de 79 % en promedio en base húmeda. Esto se pudo deber al equilibrio que se establece entre la humedad del aire de secado y la humedad de las hojas de Stevia. Según Montellano (2004), el secado de alimentos se podrá realizar hasta llegar a un equilibrio entre la interacción de la temperatura y la velocidad del aire de secado, y producto de esto resultará un peso constante.

- De igual manera se puede observar en la cinética de secado, el tratamiento que resultó más óptimo es el que se trabajó a temperatura de 60°C y a una velocidad de 3,5 m/s, demorando un tiempo de secado de 2,96 horas en promedio, lo cual resulta ventajoso en costo de operación, tiempo y condiciones de secado. Pero frente al análisis sensorial que se realizó el tratamiento que resultó más eficiente es el de 60°C y una velocidad de aire de secado de 2,5 m/s; esto con respecto al máximo nivel de puntuación.

- Asignado por los panelistas para este tratamiento frente a los otros tres tratamientos. Pero Eyzaguirre (2006), menciona que cuando se trabaja con 2 o más efectos de análisis hay que realizar una interrelación entre estas variables dependientes, para afirmar la influencia de interacción que ejerce sobre la variable de estudio, en tal sentido producto de la interrelación de los efectos de la cinética de secado y el análisis sensorial resulta más eficiente el tratamiento que se trabajó a temperatura del aire de 60 °C y a una velocidad de aire de secado de 2,5 m/s, demorando un total de 3,5 horas para llegar al 10% de humedad en base húmeda.

- Se puede decir en base a las Figuras 5, 6 y 7 que si aumenta la velocidad del aire de secado, manteniendo constante la temperatura del aire, la humedad crítica y la humedad de equilibrio se mantienen constantes. Si se incrementa la temperatura del aire de secado, la humedad crítica aumenta mientras que la humedad de equilibrio se mantiene constante, esto se debe a que a mayor temperatura, la humedad superficial es retirada más rápido de lo que migra del interior del cuerpo a la superficie, esto concuerda con lo encontrado por Vernon (2000).

- Las curvas de secado tienen función lineal y exponencial en el periodo de velocidad constante y decreciente, respectivamente; para cada una de las temperaturas ensayadas y los diferentes valores de velocidad del aire evaluado, es similar a lo encontrado por Vega y Lemus (2006).

- El análisis de varianzas (ANVA), con un nivel de significancia del 95%, reporta para los factores lo siguiente:

Velocidad del aire: No es significativo en los diferentes tratamientos; es decir, que considerando únicamente la velocidad del aire de secado, esta no influye en la optimización del poder edulcorante de las hojas secas de Stevia.

Temperatura del aire: es altamente significativo, en los diferentes tratamientos; es decir, que la temperatura por si sola si ejerce significado en la optimización del poder edulcorante en las hojas secas de Stevia.

Interacción de la velocidad del aire de secado con su temperatura: ejerce una influencia significativa entre la temperatura del aire y la velocidad del aire de secado en los diferentes tratamientos; es decir, que la interacción tanto de la velocidad del aire y la temperatura del aire de secado ejercen una influencia significativa en la optimización del poder edulcorante de las hojas secas de Stevia.

- La comparación de muestras (a diferentes tratamientos) del análisis sensorial con respecto a su color y olor, en el análisis estadístico resulta no significativa; es decir que, no existen grandes diferencias entre comparaciones de las muestras, tal como podemos apreciar en las Tablas 17 y 19, aun cuando los jueces hayan asignado diferente puntuación a cada muestra.

- En el análisis estadístico para la comparación de muestras respecto al sabor dulce resulta no significativo en la comparación de muestras obtenidas en el presente trabajo de investigación, pero estas mismas muestras en comparación con el testigo resulta significativo; es decir que, las muestras obtenidas en el presente trabajo de investigación resultan tener mayor concentración de edulcorante frente al filtrante de Stevia ofertados comercialmente en el mercado, tal como podemos apreciar en la Tabla 21.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- Las mejores condiciones de secado de hojas de Stevia para optimizar su sabor dulce fueron:
 - Temperatura del aire de secado de 60 °C.
 - Velocidad del aire de secado de 2,5 m/s.
 - Tiempo de secado de 3,5 horas.
 - Humedad final en base húmeda de 10%.

- A mayor velocidad y temperatura del aire de secado en el secador de bandejas, se reducirá el tiempo de secado, pero hay que tener cuidado de que a esos parámetros se logre llegar al porcentaje de humedad deseado, y de igual forma deberá tenerse cuidado pues una temperatura muy alta puede afectar la calidad de las hojas secas de Stevia y por consecuencia reducir la concentración de edulcorante presente en las hojas.

- Con respecto al análisis sensorial se puede afirmar que la comparación de las muestras obtenidas en el presente trabajo de investigación no tienen diferencia significativa entre muestra-muestra. Lo que no ocurre al comparar muestra-muestra con el testigo; es decir, si existe una diferencia significativa en lo que respecta al sabor dulce. Pudiendo decir que hemos logrado obtener muestras que concentren mayor edulcorante que la muestra testigo (ofrecida comercialmente en el mercado).

- Para la temperatura del aire de 40°C y una velocidad del aire de secado de 2,5 m/s, se tarda un total de 4,13 horas por lo que resulta totalmente costoso realizar esta operación, por tal motivo se ha descartado esta muestra para el análisis sensorial. De igual forma, para la temperatura de 40°C y 50°C a una velocidad del aire de 3,5 m/s, solo logramos llegar hasta el 18% de humedad, por lo que se ha descartado estas opciones para el análisis sensorial debido a que no llegaron al porcentaje de humedad requerida que es comercialmente el 10%.

- A menor velocidad del aire implica mayor tiempo de secado; por tanto, mayor consumo de energía eléctrica para el funcionamiento del soplador y de las resistencias eléctricas para calentar el aire hasta la temperatura de trabajo. Pero también a mayor velocidad del aire de secado con temperaturas bajas de secado no se logrará llegar al 10 % de humedad en las hojas de Stevia, por lo que para lograr optimizar el sabor dulce en las hojas secas de Stevia, se debe trabajar a 60 °C y velocidad del aire de 2,5 m/s.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de optimización de energía empleada en el secador de bandejas del laboratorio de Ingeniería, y los puntos recomendados para iniciar este estudio serian el calor perdido por falta de aislante adecuado en el ducto de aire donde están las resistencias eléctricas, de igual forma en la reducción del margen de error de fluctuaciones tanto para la temperatura como la velocidad del aire de secado.

- Investigar qué cantidad de edulcorante se pierde en comparación del primer corte con el segundo y sucesivamente en la cosecha de la Stevia. Durante la floración y los tipos de suelo donde estas crecen, especialmente analizar en Bongará donde se recolectaron las plantas para su respectivo análisis en el presente trabajo de investigación.

Determinar en las muestras finales de filtrantes de Stevia, que glicósido perdura, el Steviosido y/o el Rubioside y cuál es más vulnerable durante los tratamientos.

- Evaluar la pérdida de glicósidos y el tipo de glicósido que se pierde durante la operación de secado de manera convencional es decir expuestas al sol, como lo realizan la mayoría de los productores actuales de Stevia, teniendo como referencia que en el presente trabajo de investigación se logró obtener mayor concentración de glicósidos en comparación a los filtrantes ofrecidos comercialmente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Asociación de Diabéticos. 2006. Publicaciones especializadas (apoyo al cultivo y consumo). España.
- Barrena Gurbillón, M. A., J. L. Maicelo Q., O. A. Gamarra T. y R. D. Cárdenas A. 2009. Cinética de secado de lúcuma (*Pouteria lucuma* L.). Aporte Santiaguino, V. 2, N°. 2, julio-diciembre.
- Bridel, M. y R. Lavielle. 1931. Le principe a saveur sucre du Ka'a He'e (*Stevia rebaudiana* Bert.).
- Carranza J. y M. Sánchez. 2002. Cinética de secado de *Musa paradisiaca* L. plátano y *Manihot esculenta* Grantz Yuca. Revista amazónica de investigación. Iquitos: Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Volumen 2.
- CEPEX. 1982. Ka'a he'e Serie: Identificación de nuevos proyectos de exportación. Ministerio de Industria y Comercio. Serie 33 Dic. Asunción, Paraguay.
- CEPEX. 1989. Hierbas Medicinales CAA HEE Ministerio de Industria y Comercio. Asunción, Paraguay
- Cook. E. M. y H. D. DuMont 1991. Process Drying Practice. Editorial Mc Graw Hill. New York.
- Cruzalegui Fernandez R. J. 2008. Efecto de la temperatura y velocidad del aire de un secador de bandejas en la cinética de secado de hojuelas de plátano (*Musa acuminata*) variedad Inguiri. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial. Perú: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- De Montellano, V. 2004. Análisis y simulación de procesos de secado de culantro, perejil y zapote bajo condiciones de temperaturas cambiantes. Tesis presentada para

optar el grado Académico de licenciatura en Ingeniería de Alimentos. México: Universidad de las Américas Puebla. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos.

- Eyzaguirre R. 2006. Métodos estadísticos para la investigación I. Primera edición. Editorial La Molina. Lima-Perú.
- Felipe, G.M. 1977. Stevia rebaudiana Bert. uma revisao. Ciencia y Cultura-II Seminario Brasileiro sobre Stevia rebaudiana
- Fujita, H. 1979. Safety and utilization of Stevia sweetener. Khokuhin Kogyo
- Fujita, T. 1979. Use of Stevia sweeteners in foods. New Food Ind (Japan).
- Geankoplis, C. 2003. Procesos de transportes y operaciones unitarias. Editorial C.E.C.S.A. Segunda edición. México.
- Gutiérrez, H. y R. De La Vara. 2004. Análisis y diseño de experimentos. Editorial Mc Graw Hill. Primera Edición. México.
- Gustavo V. Barbosa y Cánovas. 2000. Deshidratación de alimentos. Editorial Acribia S.A. Primera Edicion. España.
- Ibarz, A. 2005. Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. Editorial Mundi Prensa. Última edición. México.
- Instruction Manual Tray Drier UOP8. Issue 11. March 1997. Armfield Limited.
- Ishima Katayama. 1976. Ministerio de Agricultura y Ganadería. En Victoriano Cardozo, Informe viaje a Japón para observar la producción, comercialización e industrialización de la Stevia Rebaudiana Bertoni 1980, Asunción.
- Juan M. C. Geuns. 2006. Laboratorio de biología funcional de la Universidad de Lovaina. Bélgica.
- Kohda, H. 1976. New sweet diterpene glucosides from *Stevia rebaudiana* Bert.

-
- Midmore, D. J. y A. H. Rank. 2002. A new rural industry —Stevia— to replace imported chemical sweeteners *RIRDC Report*. Vol. 022. n.º 02.
 - Muños, D. y G. Cabrera. 2006. El secado directo e indirecto de la piña en: <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vo14/7.pdf>.
(Consulta el 15 de marzo de 2010).
 - Ocón G. J y G. Tojo B. 1980. Problemas de Ingeniería Química. Tomo II. Editorial Aguilar S.A. 5ta Reimpresión. España.
 - Perry J. y C. Chilton. 1982. Manual del Ingeniero Químico. Editorial Mc Graw-Hill. 2da Edición. Bogotá.
 - Schmeling Amaral. 1967. Edulcorante natural no calórico, Centro de investigación de la Stevia. Vol.XXIX - N 5º, San Paulo.
 - Shock Clinton. 1982. Rebaudi's Stevia: Natural non Caloric Sweteners California Agricultural, California, U.S.A.
 - UNIFEM. 1998. Técnicas de secado. Segunda Edición. ITDG. Perú.
 - Vernon C. J. 2000. Laboratorio de Operaciones Unitarias. Universidad Autonoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Mexico.

ANEXOS

FORMATO PARA EVALUACIÓN SENSORIAL

FORMATO TEST DE ESCALA HEDÓNICA PARA EVALUAR OLOR

Nombre.....Fecha.....

Producto: **Filtrante de hojas de Stevia secas**

Por favor pruebe cada uno de las muestras y califique usted el olor de acuerdo a la siguiente escala:

- Me gusta muchísimo = 9
- Me gusta mucho = 8
- Me gusta moderadamente = 7
- Me gusta ligeramente = 6
- No Me gusta ni me disgusta = 5
- Me disgusta ligeramente = 4
- Me disgusta moderadamente = 3
- Me disgusta mucho = 2
- Me disgusta muchísimo = 1

MUESTRAS	OLOR	Describa su olor
P		
Q		
R		
Z		

FORMATO PARA EVALUACIÓN SENSORIAL**FORMATO TEST DE ESCALA HEDÓNICA PARA EVALUAR COLOR**

Nombre.....Fecha.....

Producto: Filtrante de hojas de Stevia secas

Por favor pruebe cada uno de las muestras y califique usted el color de acuerdo a la siguiente escala:

- Me gusta muchísimo = 9
- Me gusta mucho = 8
- Me gusta moderadamente = 7
- Me gusta ligeramente = 6
- No Me gusta ni me disgusta = 5
- Me disgusta ligeramente = 4
- Me disgusta moderadamente = 3
- Me disgusta mucho = 2
- Me disgusta muchísimo = 1

MUESTRAS	COLOR	Describa su color
P		
Q		
R		
Z		

FORMATO PARA EVALUACIÓN SENSORIAL**FORMATO TEST DE ESCALA HEDÓNICA PARA EVALUAR SABOR DULCE**

Nombre.....Fecha.....

Producto: Filtrante de hojas de Stevia secas

Por favor pruebe cada uno de las muestras y califique usted el sabor dulce de acuerdo a la siguiente escala:

- Me gusta muchísimo = 9
- Me gusta mucho = 8
- Me gusta moderadamente = 7
- Me gusta ligeramente = 6
- No Me gusta ni me disgusta = 5
- Me disgusta ligueramente = 4
- Me disgusta moderadamente = 3
- Me disgusta mucho = 2
- Me disgusta muchísimo = 1

MUESTRAS	SABOR	Describe su sabor
P		
Q		
R		
Z		

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS PARA LA CINÉTICA DE SECADO

Análisis de varianza (ANOVA)

Análisis de la Varianza para Tiempo de secado - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:A	0.0400167	1	0.0400167	0.85	0.3677
B:B	3.75223	2	1.87612	40.02	0.0000
INTERACCIONES					
AB	1.46973	2	0.734867	15.68	0.0001
RESIDUOS	0.84375	18	0.046875		
TOTAL (CORREGIDO)	6.10573	23			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Tiempo de secado en las contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha elegido la suma de cuadrados Tipo III (valor por defecto), se ha medido la contribución de cada factor eliminando los efectos del resto de los factores. Los P-valores comprueban la importancia estadística de cada uno de los factores. Dado que 2 p-valores son inferiores a 0.05, estos factores tienen efecto estadísticamente significativo en Tiempo de secado para un 95.0%.

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS SIMPLES DE LA INTERACCIÓN

A en B1

Tabla ANOVA para Tiempo de secado según A

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0.03125	1	0.03125	0.69	0.4373
Intra grupos	0.2709	6	0.04515		
Total (Corr.)	0.30215	7			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de Tiempo de secado en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de los grupos. El F-ratio, que en este caso es igual a 0.692137, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es superior o igual a 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las Tiempo de secado medias de un nivel de A a otro para un 95.0%.

A en B2

Tabla ANOVA para Tiempo de secado según A

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0.88445	1	0.88445	31.83	0.0013
Intra grupos	0.1667	6	0.0277833		
Total (Corr.)	1.05115	7			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de Tiempo de secado en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de los grupos. El F-ratio, que en este caso es igual a 31.8338, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las Tiempo de secado medias de un nivel de A a otro para un nivel de confianza del 95.0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, seleccione los Tests de Rangos Múltiples en la lista de Opciones Tabulares.

A en B3

Tabla ANOVA para Tiempo de secado según A

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0.59405	1	0.59405	8.78	0.0252
Intra grupos	0.40615	6	0.0676917		
Total (Corr.)	1.0002	7			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de Tiempo de secado en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de los grupos. El F-ratio, que en este caso es igual a 8.77582, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las Tiempo de secado medias de un nivel de A a otro para un nivel de confianza del 95.0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, seleccione los Tests de Rangos Múltiples en la lista de Opciones Tabulares.

B en A1

Tabla ANOVA para Tiempo de secado según B

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	1.62252	2	0.811258	16.69	0.0009
Intra grupos	0.437575	9	0.0486194		
Total (Corr.)	2.06009	11			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de Tiempo de secado en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de los grupos. El F-ratio, que en este caso es igual a 16.6859, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las Tiempo de secado medias de un nivel de B a otro para un nivel de confianza del 95.0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, seleccione los Tests de Rangos Múltiples en la lista de Opciones Tabulares.

B en A2

Tabla ANOVA para Tiempo de secado según B

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	3.59945	2	1.79972	39.88	0.0000
Intra grupos	0.406175	9	0.0451306		
Total (Corr.)	4.00562	11			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de Tiempo de secado en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de los grupos. El F-ratio, que en este caso es igual a 39.8782, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las Tiempo de secado medias de un nivel de B a otro para un nivel de confianza del 95.0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, seleccione los Tests de Rangos Múltiples en la lista de Opciones Tabulares.

Comparación de tratamientos con el factor B
(Temperatura del aire de secado: 40°C, 50°C y 60°C), por método de Tukey.

Contraste Múltiple de Rangos para Tiempo de secado según Temperatura				
Método: 95.0 porcentaje HSD de Tukey				
Temperatura	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	8	3.23	0.0765466	X
2	8	3.5825	0.0765466	X
1	8	4.1875	0.0765466	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			*0.605	0.27641
1 - 3			*0.9575	0.27641
2 - 3			*0.3525	0.27641

* indica una diferencia significativa.

Comparación de tratamientos con el factor A
(Velocidad del aire de secado: 2,5 m/s; 3,5 m/s), por el método de Tukey.

Contraste Múltiple de Rangos para Tiempo de secado según Velocidad de aire				
Método: 95.0 porcentaje HSD de Tukey				
Nivel	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	12	3.62583	0.0625	X
2	12	3.7075	0.0625	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			-0.0816667	0.185697

* indica una diferencia significativa.

Comparación de tratamientos con el factor A (Velocidad del aire de secado: 2,5 m/s; 3,5 m/s), por el método de LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Tiempo de secado según Velocidad de aire				
Método: 95.0 porcentaje LSD				
Nivel	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1	12	3.62583	0.0625	X
2	12	3.7075	0.0625	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			-0.0816667	0.185697

* indica una diferencia significativa.

Comparación de tratamientos con el factor B
(Temperatura del aire de secado: 40°C, 50°C y 60°C), por método de LSD.

Contraste Múltiple de Rangos para Tiempo de secado según Temperatura				
Método: 95.0 porcentaje LSD				
Temperatura	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	8	3.23	0.0765466	X
2	8	3.5825	0.0765466	X
1	8	4.1875	0.0765466	X
Contraste		Diferencias		+/- Límites
1 - 2		*0.605		0.227432
1 - 3		*0.9575		0.227432
2 - 3		*0.3525		0.227432

* indica una diferencia significativa.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL

Análisis ANOVA para el análisis sensorial del olor.

Análisis de la Varianza para Olor - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Juez	1.5	2	0.75	0.43	0.6699
B: Muestra	0.25	3	0.0833333	0.05	0.9849
RESIDUOS	10.5	6	1.75		
TOTAL (CORREGIDO)	12.25	11			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Comparaciones de las muestras del análisis sensorial para el olor

Contraste Múltiple de Rangos para Olor según Muestra				
Método: 95.0 porcentaje HSD de Tukey				
Muestra	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	3	6.0	0.763763	X
3	3	6.33333	0.763763	X
2	3	6.33333	0.763763	X
1	3	6.33333	0.763763	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			0.0	3.72673
1 - 3			0.0	3.72673
1 - 4			0.333333	3.72673
2 - 3			0.0	3.72673
2 - 4			0.333333	3.72673
3 - 4			0.333333	3.72673

* indica una diferencia significativa.

Análisis ANOVA para el análisis sensorial del color.

Análisis de la Varianza para Color - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	5.66667	3	1.88889	1.66	0.2735
B:Juez	1.16667	2	0.583333	0.51	0.6232
RESIDUOS	6.83333	6	1.13889		
TOTAL (CORREGIDO)	13.6667	11			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

Comparaciones de las muestras del análisis sensorial para el color

Contraste Múltiple de Rangos para Color según Muestra				
Método: 95.0 porcentaje HSD de Tukey				
Muestra	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	3	5.0	0.616141	X
3	3	6.33333	0.616141	X
2	3	6.66667	0.616141	X
1	3	6.66667	0.616141	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			0.0	3.00642
1 - 3			0.333333	3.00642
1 - 4			1.66667	3.00642
2 - 3			0.333333	3.00642
2 - 4			1.66667	3.00642
3 - 4			1.33333	3.00642

* indica una diferencia significativa.

Análisis ANOVA para el análisis sensorial por el sabor dulce

Análisis de la Varianza para Sabor dulce - Sumas de Cuadrados de Tipo III					
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Muestra	9.66667	3	3.22222	10.55	0.0083
B:Juez	1.5	2	0.75	2.45	0.1664
RESIDUOS	1.83333	6	0.305556		
TOTAL (CORREGIDO)	13.0	11			

Los cocientes F están basados en el error cuadrático medio residual.

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Sabor dulce en las contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha elegido la suma de cuadrados Tipo III (valor por defecto), se ha medido la contribución de cada factor eliminando los efectos del resto de los factores. Los P-valores comprueban la importancia estadística de cada uno de los factores. Dado que un p-valor es inferior a 0.05, este factor tiene efecto estadísticamente significativo en Sabor dulce para un 95.0%.

Comparaciones de las muestras del análisis sensorial para el sabor dulce

Contraste Múltiple de Rangos para Dulce según Muestra				
Método: 95.0 porcentaje HSD de Tukey				
Muestra	Recuento	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	3	5.0	0.319142	X
1	3	6.66667	0.319142	X
3	3	7.0	0.319142	X
2	3	7.33333	0.319142	X
Contraste			Diferencias	+/- Límites
1 - 2			-0.666667	1.55724
1 - 3			-0.333333	1.55724
1 - 4			*1.66667	1.55724
2 - 3			0.333333	1.55724
2 - 4			*2.33333	1.55724
3 - 4			*2.0	1.55724

* indica una diferencia significativa.

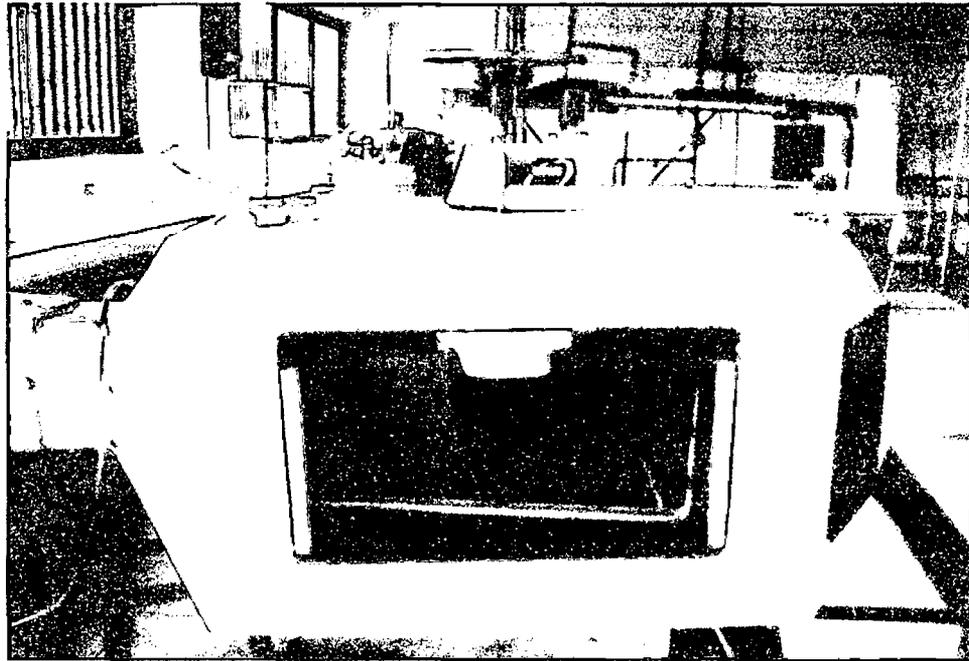
FIGURAS RESPECTO A LA CINÉTICA DE SECADO DE HOJAS DE STEVIA

Figura1. Secador de Bandejas (cámara de secado).



Figura 2. Secador de bandejas (ducto de calefacción).

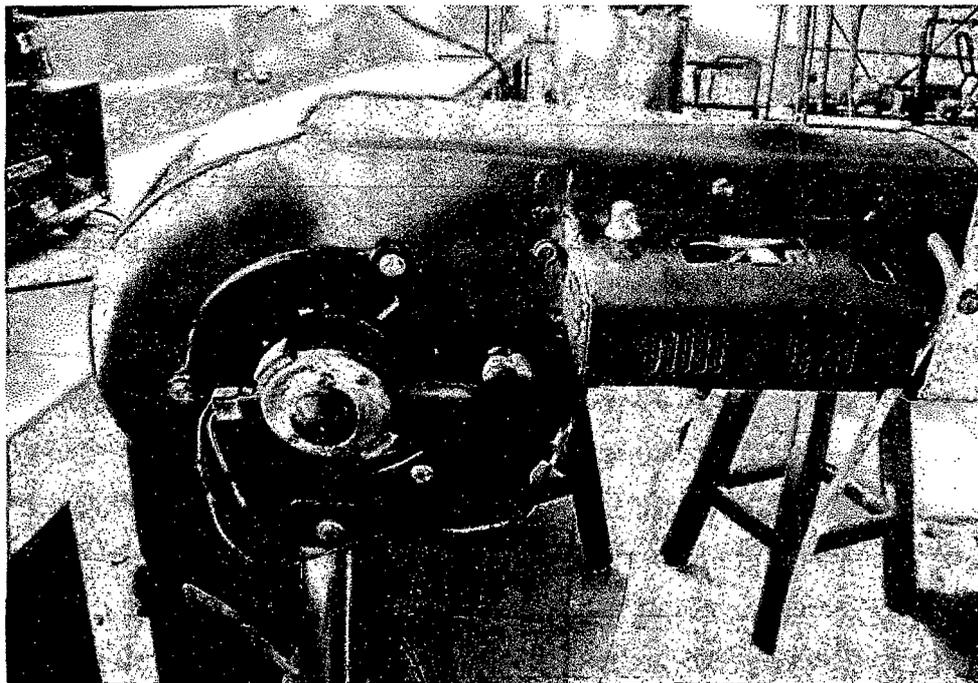


Figura 3. Secador de bandejas (sistema de ventilacion).

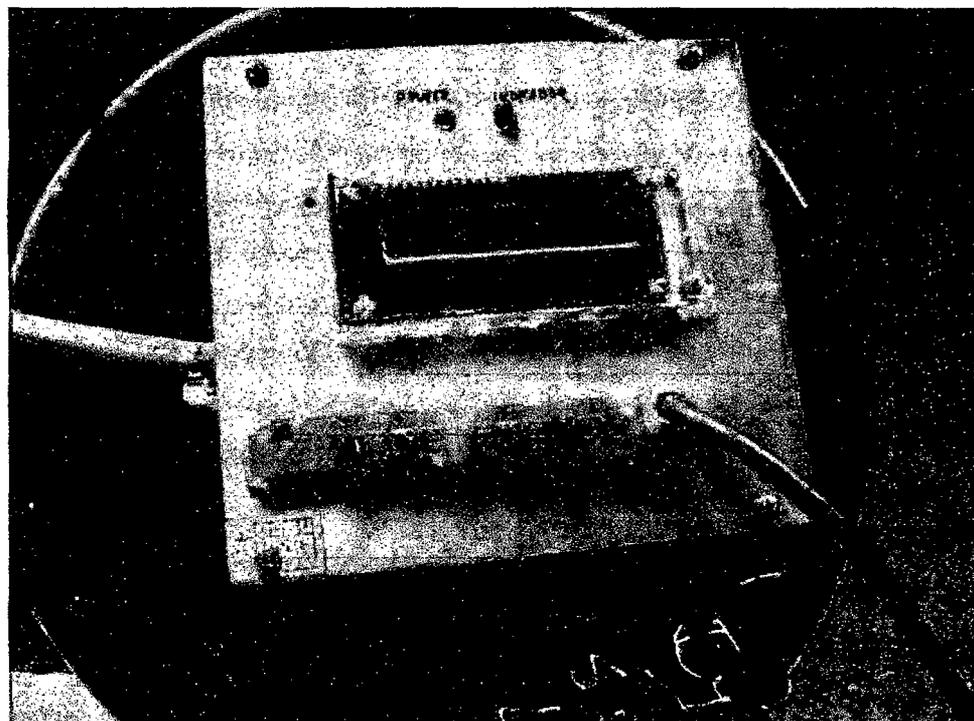


Figura 4. Secador de bandejas (Controlador de temperatura).



Figura 5. pesado de hojas frescas de Stevia.

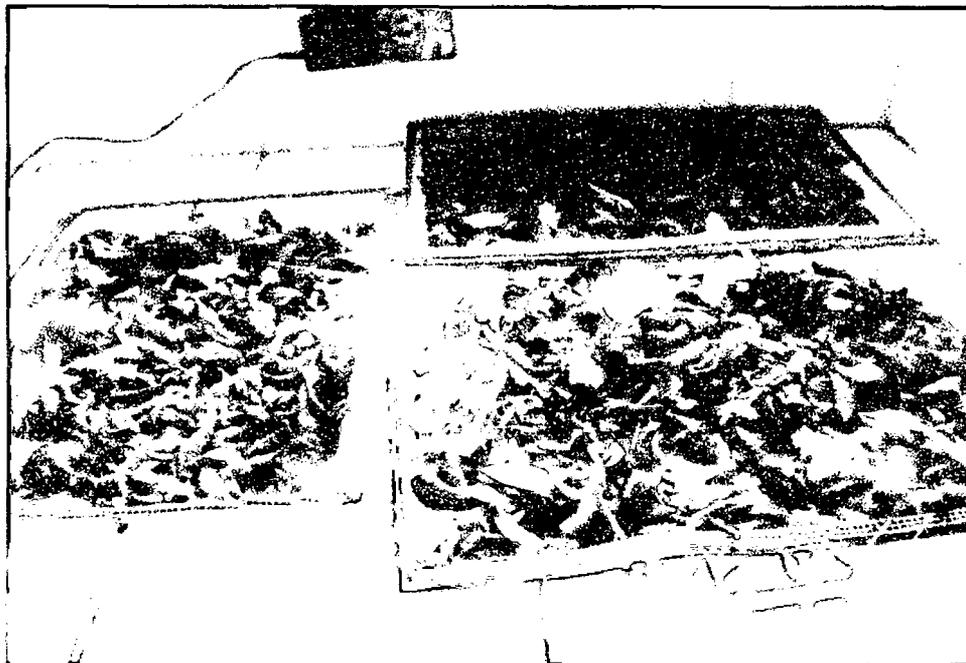


Figura 6. Hojas de Stevia en las bandejas listas para secar.



Figura 7. Toma de lectura del peso de las hojas de Stevia cada 10 minutos.



Figura 8. Verificación de la velocidad del aire de secado con el anemometro digital.

FIGURAS RESPECTO AL ANÁLISIS SENSORIAL DE FILTRANTES DE STEVIA

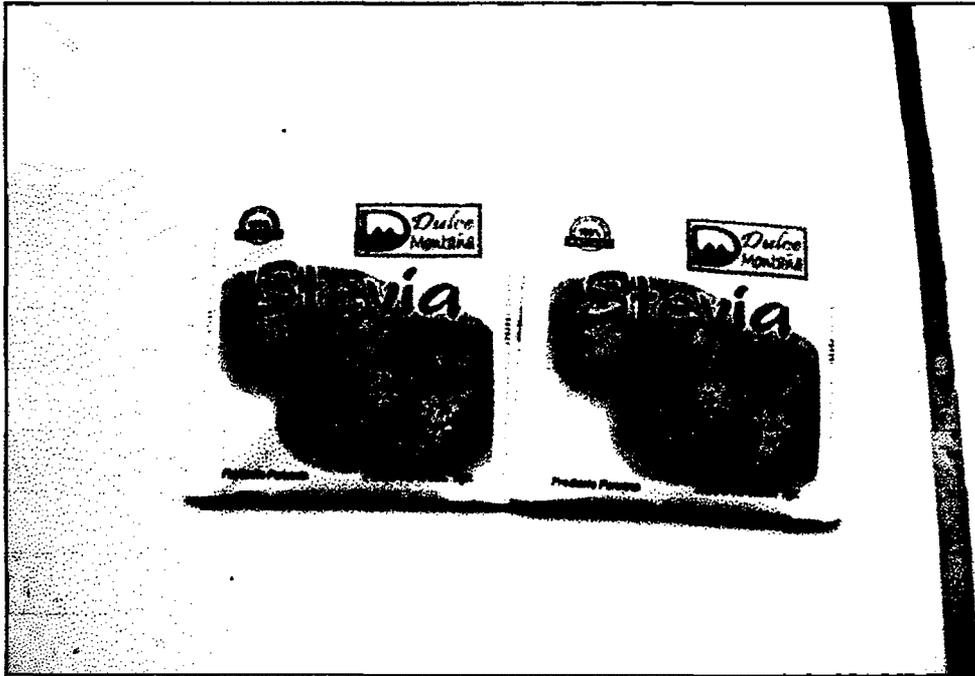


Figura 9. Presentación de filtrantes de Stevia ofertados en el mercado (testigo).

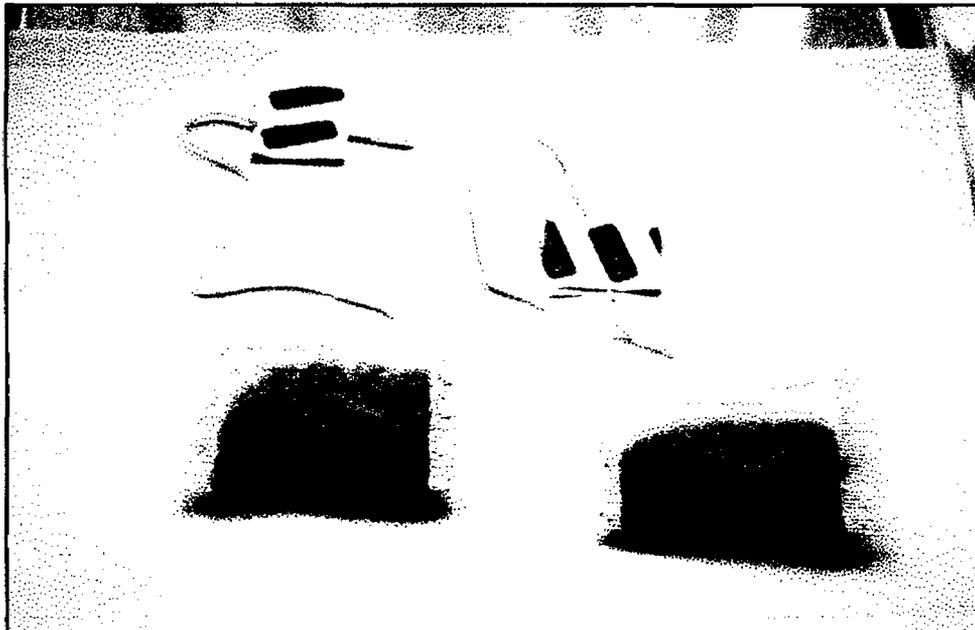


Figura 10. Presentación de filtrantes de Stevia obtenidas en la investigación.



Figura 11. Preparacion de muestras con filtrantes de Stevia para el analisis sensorial.



Figura 12. Muestras listas con filtrantes de Stevia para ser analizadas sensorialmente.



Figura 13. Juez 1-analizando sensorialmente las muestras.

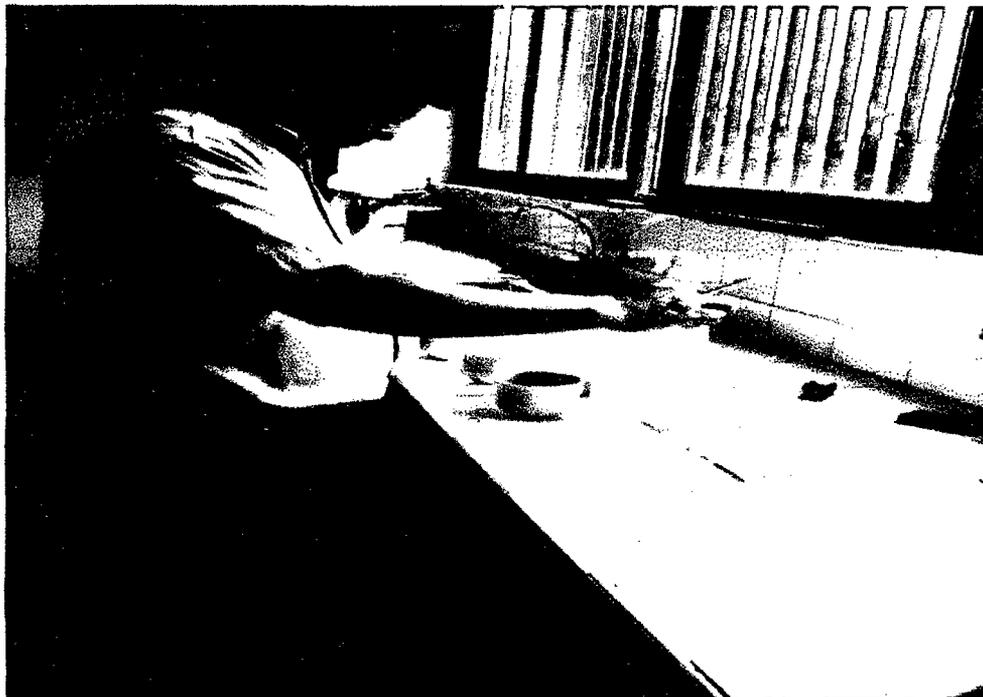


Figura 14. Juez 1-analizando sensorialmente las muestras.



Figura 15. Juez 2- analizando sensorialmente las muestras.

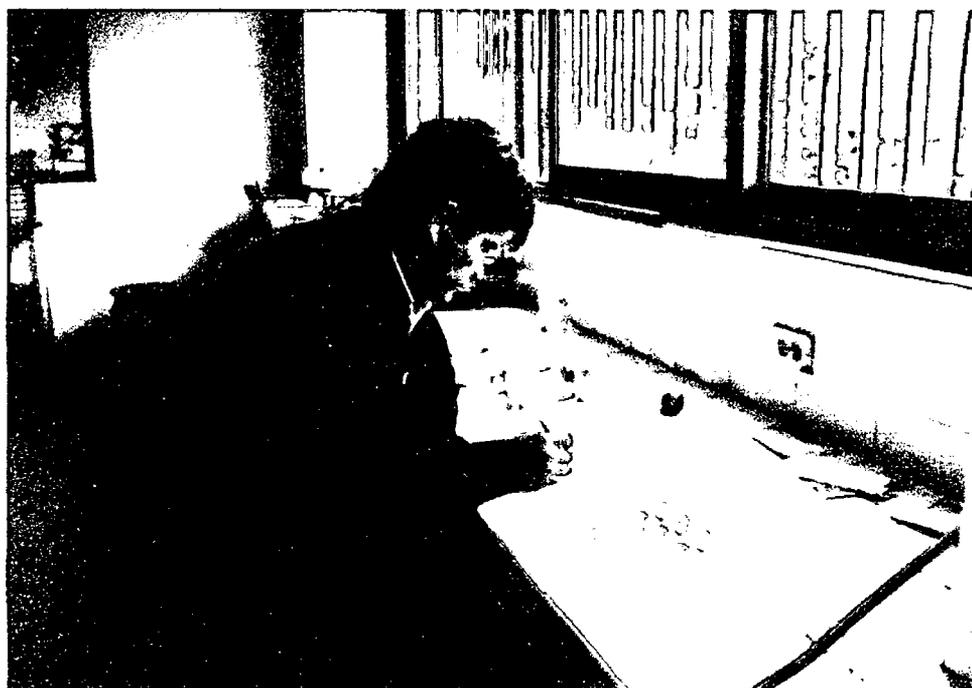


Figura 16. Juez 2-analizando sensorialmente las muestras.



Figura 17. Juez 3-analizando sensorialmente las muestras.

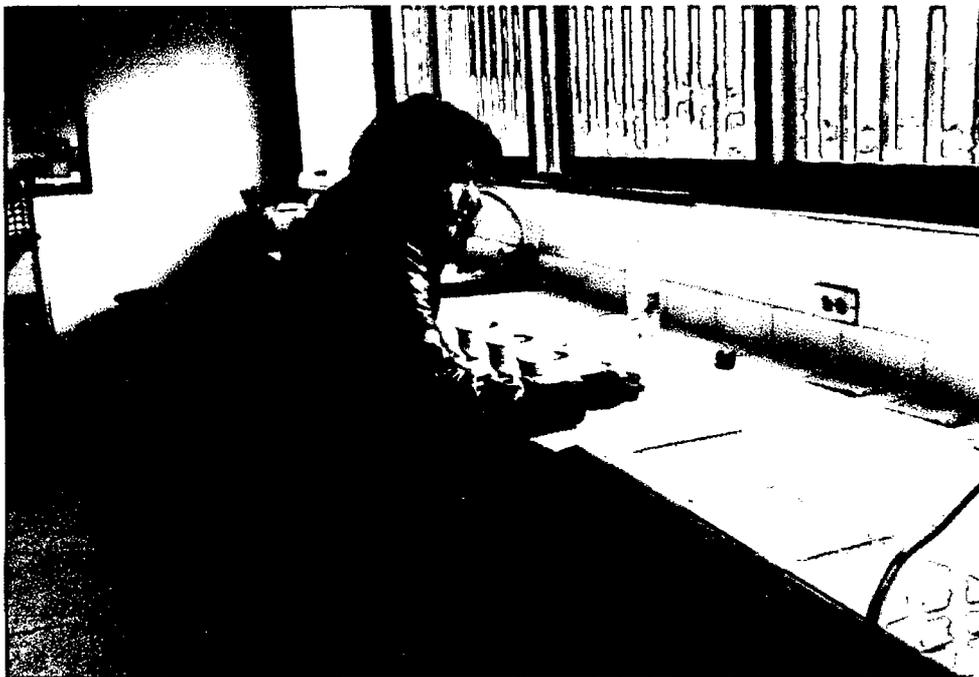


Figura 18. Juez 3- analizando sensorialmente las muestras.