

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“INFLUENCIA DEL TIEMPO DE COSECHA EN EL SECADO DEL
HONGO *Suillus luteus*”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

ANGEL GABRIEL MORENO ALIAGA

LIMA – PERÚ

2020

**La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**“INFLUENCIA DEL TIEMPO DE COSECHA EN EL SECADO DEL HONGO
Suillus luteus”**

Presentado por
ANGEL GABRIEL MORENO ALIAGA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

M.Sc. Walter F. Salas Valerio
PRESIDENTE

Dr. Edwin O. Baldeón Chamorro
MIEMBRO

M.Sc. Eduardo R. Morales Soriano
MIEMBRO

Dra. Bettit K. Salvá Ruiz
ASESORA

Dr. Marcial I. Silva Jaimes
CO-ASESOR

Lima – Perú
2020

DEDICATORIA

Para mi madre Martha y mi padre Augusto, fervientes creyentes de que la educación es la mejor herencia que se le puede dejar a un hijo. Los quiero y admiro mucho.

Y para todas las personas que mediante la investigación buscan contribuir a un Perú mejor.

AGRADECIMIENTO

- En primer lugar, agradezco a mi asesora Bettit Salvá por haber confiado en mí para sacar adelante esta investigación, hubieron muchos altibajos y siempre estuvo ahí para apoyarme hasta que el objetivo se logró.
- Gracias a mi co-asesor Marcial Silva, gran referente dentro de mi promoción de universidad, por las facilidades brindadas para desarrollar la investigación.
- Agradezco a la Asociación de Profesionales y Técnicos de Cutervo (APROTEC) que, junto al Fondo para la Innovación, la Ciencia y la Tecnología (FINCYT) apoyaron en el financiamiento de la presente investigación.
- Gracias a mi familia: Carlos, Jessica, Uriel, Yuri, Rocío y Juan, quienes directa o indirectamente me apoyaron en la etapa universitaria y posterior al egreso darme las facilidades para continuar con el desarrollo de la tesis.
- A mi gran amigo Esaú Echia, gracias por escucharme y soportarme tantos años, eres un gran referente de amistad y profesionalismo.
- También les doy las gracias a mis amigos Evelin Limaymanta, Jenny Trujillo, Sheyla Yali, Miguel Gómez, Augusto Sánchez, Milagros Condor, Roni Saldaña, con los que compartimos alegrías, tristezas, miedos, caídas, superación, más caídas, buenas vibras e hicieron más llevadero todo el proceso.
- No hubiese podido lograr este objetivo sin el gran apoyo de todo el personal técnico de los distintos laboratorios de la Facultad de Industrias Alimentarias de las UNALM. Estoy totalmente agradecido por las facilidades y consejos que me dieron para avanzar y no estancarme en algunos temas burocráticos, con su sabia experiencia me daban alternativas para seguir avanzando. De igual manera, agradezco al personal administrativo y profesores que, de una u otra manera, me dieron consejos en el desarrollo de la investigación, y valga verdades, con manuales o libros me hubiese costado entenderlos.
- Un agradecimiento especial al profesor Eduardo Morales, por el tiempo dedicado a entender el contexto de la investigación, que me ayudó a comprender hacía donde apuntaba esta tesis, es un gran profesor y referente.
- Finalmente, agradecer a mamá Martha y papá Augusto, por no cansarse conmigo, hubo momentos en los que dudaba y fallaba, gracias por creer y darme las mejores vibras.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN
ABSTRACT.....
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. HONGOS	3
2.1.1. ASPECTOS GENERALES SOBRE LOS HONGOS	3
2.1.2. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA Y BOTÁNICA DE LA ESPECIE	3
2.1.3. VALOR NUTRICIONAL	6
2.1.4. PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES EN EL PERÚ.....	7
2.2. DESHIDRATACIÓN DE LOS ALIMENTOS	8
2.2.1. GENERALIDADES	8
2.2.2. MECANISMO DEL SECADO	9
2.2.3. SECADO EN BANDEJAS.....	11
2.2.4. SECADO DE HONGOS COMESTIBLES	11
2.2.5. ACTIVIDAD DE AGUA	13
2.2.6. LA ACTIVIDAD DE AGUA Y LA ESTABILIDAD EN LOS ALIMENTOS	14
2.3. ANÁLISIS INSTRUMENTAL DE COLOR	17
2.4. EVALUACIÓN SENSORIAL.....	17
2.4.1. LAS PRUEBAS SENSORIALES	18
2.4.2. PRUEBAS AFECTIVAS	18
2.4.3. PRUEBA DE PREFERENCIA	19
III. METODOLOGÍA	21
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	21
3.2. MATERIA PRIMA.....	21
3.2.1. HONGOS COMESTIBLES	21
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS.....	21
3.3.1. MATERIALES E INSTRUMENTOS.....	21
3.3.2. EQUIPOS	22
3.3.3. REACTIVO	22
3.3.4. SOFTWARE.....	22
3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS	22

3.4.1. HUMEDAD	22
3.4.2. COLOR.....	22
3.4.3. DUREZA	23
3.4.4. CURVA DE SECADO	23
3.4.5. ACTIVIDAD DE AGUA	24
3.4.6. EVALUACIÓN SENSORIAL	24
3.5. DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DEL PROCESO	25
3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	27
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. ETAPA 1 - CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA (HONGOS FRESCOS)	30
4.1.1.DETERMINACIÓN DE HUMEDAD.....	30
4.1.2.DETERMINACIÓN DE LA DUREZA (N) EN BASE A LA FUERZA DE PUNCIÓN	32
4.1.3.DETERMINACIÓN DEL COLOR:.....	33
4.2. ETAPA 2 - CURVAS DE SECADO DE HONGOS	34
4.2.1.DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE AGUA (a_w)	46
4.3. ETAPA 3 - EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS HONGOS SECOS <i>Suillus</i> <i>luteus</i>	47
V. CONCLUSIONES.....	50
VI. RECOMENDACIONES.....	52
VII. BIBLIOGRAFIA.....	53
VIII. ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Proporción de los panelistas con respecto al total.....	25
Tabla 2: Esquema experimental de la investigación	29
Tabla 3: Resultados de contenido de humedad (%) por día de cosecha en hongo fresco ...	30
Tabla 4: Resultados de contenido de humedad (%) en hongos frescos <i>Suillus luteus</i> en diferentes zonas del Perú	31
Tabla 5: Resultados de dureza (N) por día de cosecha en hongo fresco	32
Tabla 6: Resultados del Color por día de cosecha en hongos frescos <i>Suillus luteus</i>	33
Tabla 7: Datos experimentales para calcular la humedad libre de los hongos en el secado de hongos cosechados el día 8.....	34
Tabla 8: Datos experimentales para calcular la humedad libre de los hongos en el secado de hongos cosechados el día 9.....	36
Tabla 9: Datos experimentales para calcular la humedad libre de los hongos en el secado de hongos cosechados el día 10.....	37
Tabla 10: Datos experimentales para calcular la humedad libre de los hongos en el secado de hongos cosechados el día 11	38
Tabla 11: Humedad final o de equilibrio para los tratamientos de secado de los hongos <i>Suillus luteus</i>	41
Tabla 12: Contenido de humedad crítica aproximada de los hongos <i>Suillus luteus</i> secados a diferentes tiempos de cosecha	43
Tabla 13: Resultados de los tiempos de duración de los periodos de secado para los hongos <i>Suillus luteus</i> cosechados a diferentes días	44
Tabla 14: Resultados de actividad de agua (a_w) por día de cosecha en hongos secos.....	46
Tabla 15: Resultados de la Prueba de Friedman para los diferentes atributos	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema del desarrollo del cuerpo frutal en <i>Suillus luteus</i>	4
Figura 2: Asociación simbiótica hongo-raíz identificado para el <i>Suillus luteus</i>	5
Figura 3: Curva típica de velocidad de secado constante (gráfica de datos de humedad libre en función al tiempo).....	9
Figura 4: Curva de velocidad de secado en función del contenido de humedad libre	10
Figura 5: Influencia de la a_w de un alimento en la velocidad de diversas reacciones químicas, enzimáticas y crecimiento microbiano.	15
Figura 6: Flujo de Operaciones para la obtención de hongos deshidratados.....	27
Figura 7: Curva de secado para los hongos cosechados el día 8.....	39
Figura 8: Curva de secado para los hongos cosechados el día 9.....	40
Figura 9: Curva de secado para los hongos cosechados el día 10.....	40
Figura 10: Curva de secado para los hongos cosechados el día 11.....	41

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS HONGOS FRESCOS A DIFERENTES DÍAS DE COSECHA	61
ANEXO 2: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA Y COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TUKEY PARA LOS VALORES DE DUREZA DE LOS HONGOS FRESCOS A DIFERENTES DÍAS DE COSECHA.....	62
ANEXO 3: CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO VS HUMEDAD LIBRE PARA LOS HONGOS COSECHADOS EL DÍA 8.....	63
ANEXO 4: CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO VS HUMEDAD LIBRE PARA LOS HONGOS COSECHADOS EL DÍA 9.....	64
ANEXO 5: CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO VS HUMEDAD LIBRE PARA LOS HONGOS COSECHADOS EL DÍA 10.....	65
ANEXO 6: CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO VS HUMEDAD LIBRE PARA LOS HONGOS COSECHADOS EL DÍA 11.....	66
ANEXO 7: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA Y COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TUKEY PARA LOS VALORES DE ACTIVIDAD DE AGUA DE LOS HONGOS SECOS A DIFERENTES DÍAS DE COSECHA.....	67
ANEXO 8: FORMATO DE EVALUACIÓN DE LOS HONGOS PROPORCIONADO A CONSUMIDORES.....	68
ANEXO 9: HIPÓTESIS PLANTEADA PARA EVALUAR LOS DATOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL POR ATRIBUTO	69
ANEXO 10: HIPÓTESIS PLANTEADA PARA REALIZAR LA COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE FRIEDMAN	70
ANEXO 11: DATOS DE LA EVALUACIÓN DE PREFERENCIA DE SABOR Y RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE LOS HONGOS SECOS A DIFERENTES DÍAS DE COSECHA.....	71
ANEXO 12: DATOS DE LA EVALUACIÓN DE PREFERENCIA DE COLOR Y RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE LOS HONGOS SECOS A DIFERENTES DÍAS DE COSECHA.....	74

ANEXO 13: DATOS DE LA EVALUACIÓN DE PREFERENCIA DE TEXTURA Y RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE LOS HONGOS SECOS A DIFERENTES DÍAS DE COSECHA.....	77
ANEXO 14: DATOS DE LA EVALUACIÓN DE ACEPTABILIDAD GENERAL Y RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE LOS HONGOS SECOS A DIFERENTES DÍAS DE COSECHA.....	80

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar, mediante una evaluación sensorial, la preferencia de los consumidores, en cuanto a las características de color, textura, sabor y aceptabilidad general, sobre hongos secos comestibles *Suillus luteus* cosechados a diferentes días (8, 9, 10 y 11) con un pre-tratamiento de escaldado en agua (100°C) y disolución de ácido cítrico (0.5 por ciento), para luego ser secados a una temperatura de 55°C con una velocidad de 1.5 m/s. En la primera etapa se caracterizó los hongos a diferentes días de cosecha en cuanto a humedad, dureza y color. Para humedad no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos; para color se determinaron los valores de luminosidad (L*), croma (C*) y valor b*; para textura se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos del día 8 y 9 con los días 10 y 11; para dureza se evidenció que disminuye conforme avanza la maduración del hongo. En la segunda etapa, se secaron los hongos bajo los parámetros mencionados, se realizó las gráficas de curvas de secado para cada tratamiento, se obtuvieron los valores de humedad de equilibrio y valores de humedad crítica. Posterior al secado, se determinó la actividad de agua (a_w) para todos los tratamientos y se obtuvo un valor menor de 0.6, en la cual no se presenta proliferación de bacterias. En la tercera etapa se realizó la evaluación sensorial de los hongos secos para los atributos ya mencionados: para el color se obtuvo una mayor preferencia en el tratamiento del día 8; para la textura la preferencia fue para los tratamientos del día 9 y 10; para el sabor los tratamientos del día 10 y 11; finalmente para la aceptabilidad general se obtuvo una mayor preferencia por los tratamientos del día 8 y 9.

Palabras claves: *Suillus luteus*, humedad, color, curvas de secado, actividad de agua, evaluación sensorial.

ABSTRACT

The aim of the present investigation was to determine the preference of the consumers by means of a sensorial evaluation, in terms of the characteristics of color, texture, flavor and general acceptability on dry edible fungi *Suillus luteus* harvested at different days (8, 9, 10 and 11) with a pre-treatment of blanching in water (100°C) and a solution of citric acid (0.5%), then be dried at a temperature of 55°C with a speed of air 1,5 m/s. In the first stage, the fungi were characterized at different harvest days in terms of moisture, hardness, and color. For moisture, no significant differences were found between the treatments; for color the luminosity values (L^*), chroma (C^*) and b^* value were determined; for texture, significant differences were found between treatments on day 8 and 9 with days 10 and 11; for hardness it was evidenced that it decreases as the maturation of the fungus progresses. In the second stage, the fungi were dried under the mentioned parameters, the graphs of drying curves were made for each treatment, the equilibrium moisture values, and critical moisture values were obtained. After drying, the water activity (a_w) was determined for all the treatments and a value of less than 0.6 was obtained, in which there is no proliferation of bacteria. In the third stage, the sensory evaluation of the dried mushrooms was carried out for the mentioned attributes: for color, a greater preference was obtained in the treatment of day 8; for the texture the preference was for the treatments of day 9 and 10; for the flavor the treatments of day 10 and 11; finally, for general acceptability, a greater preference was obtained for the treatments on day 8 and 9.

Keywords: *Suillus luteus*, moisture, color, drying curves, water activity, sensory evaluation.

I. INTRODUCCIÓN

Más de 200 especies de hongos han sido largamente usados como alimentos funcionales alrededor del mundo (Kalac, 2013), pero solo cerca de 35 especies han sido comercialmente cultivados (Aida *et al.*, 2009). Estos son ricos en nutrientes, particularmente en proteínas, minerales como la vitamina B, C y D (Panjikaran y Mathew, 2013). Los hongos contienen 20-35 por ciento de proteína (peso seco), son bajos en lípidos y contienen los nueve aminoácidos esenciales (Kalac, 2009). Los hongos son alimentos delicados valorados por su textura característica al ser mordido y de sabor agradable. Estos han recibido una atención abrumadora por los investigadores de alimentos y farmacéuticos debido a sus componentes bioactivos (Sheu *et al.*, 2007; Mariga *et al.*, 2014).

Los beneficios económicos producidos por los hongos silvestres comestibles son una fuente importante de ingresos económicos para las comunidades rurales, especialmente para los países en desarrollo. En Europa, los hongos son una especialidad alimenticia, un artículo para gastronomos para saborear con poca frecuencia, sobre todo por sus altos precios demandados. Éstos se pueden convertir en buenos ingresos económicos para los menos adinerados de las zonas rurales (FAO, 2005).

Canchanya (2009) señala la importancia y nicho de mercado que tiene el *Suillus luteus* para mercados potenciales, puesto que este producto puede ser una buena alternativa de inclusión en la dieta alimenticia. Según lo mencionado por Mendoza-Fernández (2014), a nivel mundial se están cultivando unas 30 especies de hongos comestibles diferentes, produciéndose aproximadamente 2 millones de toneladas de hongos al año, a esto se le agrega un millón de toneladas de hongos silvestres, sumando así 3 millones de toneladas de hongos consumidos en el mundo, cifra que va en aumento. El mismo autor comenta que en este contexto, en el Perú se debe ahondar más en el tema, pues es de suma importancia satisfacer la demanda mundial creciente de hongos comestibles.

Dado que los hongos silvestres son altamente perecederos por la alta humedad que tienen, se busca procesos que brinden mayor tiempo de vida útil, sin que pierdan sus propiedades nutricionales y sensoriales. El secado es un método muy antiguo de preservación de alimentos, proporciona un alto grado de estabilidad microbiológica y química debido a la eliminación de agua contenido en los alimentos (Bonauí *et al.*, 1996). El secado se utiliza a menudo en el procesamiento de hongos comestibles porque permite conservar grandes cantidades de hongos frescos altamente perecederos, haciéndolos estar disponibles durante el año (Bernás *et al.*, 2006). Al mismo tiempo, causa una serie de cambios en el producto, especialmente en la textura, sabor y valor nutricional (Perera, 2005; Lin *et al.*, 1998).

Para mejorar la calidad de los hongos muchos tratamientos son frecuentemente utilizados, que implican soluciones líquidas de inhibidores enzimáticos como el ácido cítrico a escala industrial (Bernás *et al.*, 2006). El blanqueo en agua o en soluciones líquidas que contienen sustancias antioxidantes a temperatura de 90-98 °C es otro tratamiento usado antes del secado de los hongos. Las razones principales para el blanqueo en agua incluyen la inactivación de enzimas y una reducción del conteo microbiológico; sin embargo, la calidad de los hongos como su valor nutritivo, color y textura son afectados por los tratamientos térmicos (Martínez-Soto *et al.*, 2001; Kotwaliwale *et al.*, 2007).

La Asociación de Profesionales y Técnicos de Cutervo hace pocos años comenzaron con el procesamiento de hongos *Suillus luteus* que crecen en sus terrenos de pinos y buscan darle un valor agregado lo cual ayude como beneficioso económico para la comunidad; sin embargo, ello aún se encuentra en un nivel poco técnico en cuanto a su cosecha y posteriores tratamientos. De lograr lo indicado, la comunidad tendrá mayor información técnica y podrá ofrecer a sus clientes hongos secos de mejor calidad, con buenas características sensoriales y mejorar su productividad, beneficiando de manera económica a la comunidad y abriéndole camino a un mercado competitivo. Es por ello que la presente investigación tiene como objetivo determinar el día de cosecha de los hongos *Suillus luteus* para que presenten buenas características sensoriales después del secado de las mismas, asimismo proveer información para la mejora en la cadena productiva conllevando el aprovechamiento a mayor escala; para ello se determinará mediante análisis sensorial, con consumidores habituales, el hongo seco que tenga mayor preferencia en cuanto a sus características de color, textura, sabor y aceptabilidad general por día de cosecha.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. HONGOS

2.1.1. ASPECTOS GENERALES SOBRE LOS HONGOS

Los hongos son un grupo diferente de organismos más emparentados con los animales que con las plantas. Basándonos en un conocimiento preciso de su estructura bioquímica y genética, constituido especialmente en los últimos treinta años, los hongos se dividen actualmente en tres reinos separados y distintos (FAO, 1998).

A pesar de las diferencias fundamentales, los hongos son clasificados generalmente como plantas. La comprensión del estatus taxonómico de los hongos tiene aparentemente poca importancia para la gente que recolecta y vende hongos silvestres comestibles, pero es de importancia crucial para el establecimiento de un sistema de clasificación seguro y eficaz. Esto garantiza que cuando dos personas utilizan el mismo nombre de una especie, saben que están hablando del mismo hongo comestible (FAO, 2005).

2.1.2. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA Y BOTÁNICA DE LA ESPECIE

La descripción taxonómica del hongo *Suillus luteus* (L.) Roussel es la siguiente:

Sinónimos: *Boletus luteus* (L. ex Fr.) Kummer, *Suillus luteus* (Fr.) Gray, *Ixocomus luteus* Quéll.

División: Mycota

Sub División: Eumicota

Clase: Basidiomycetos

Sub clase: Homobasidiomycetidae.

Orden: Boletales.

Familia: Suilloideae

Género: *Suillus*

Especie: *luteus*

El hongo *Suillus luteus* presenta un sombrero carnoso de 60-120 mm de diámetro, hemisférico de joven, luego plano convexo, finalmente plano, a veces ligeramente mamelonado, liso, muy viscoso en tiempo húmedo, de color pardo-amarillento a pardo oscuro, con el margen enrollado de joven, luego plano, algo excedente (Figura 1). Poros muy pequeños, de color amarillo a amarillo-citrino, pardo-oliváceos en la madurez. Pie de 40-80 x 10-25 mm, blanco, amarilleando en la madurez, cubierto de granulaciones de color amarillento a pardo, sobre todo por encima del anillo, que es membranoso, un poco viscoso, de color blanquecino en la parte superior, blanco con reflejos pardo-violáceos en la inferior. Carne espesa, blanca a algo amarillenta, pardo-violácea en la base del pie, con olor y sabor agradables (Campos y Arregui, 2010).

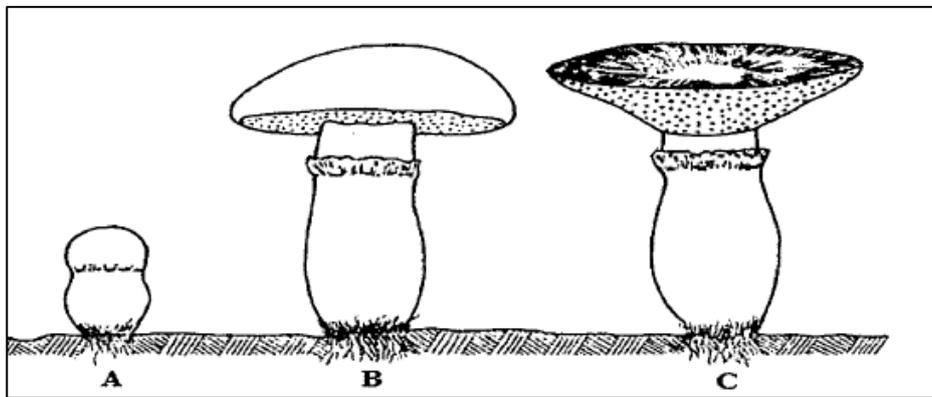


Figura 1: Esquema del desarrollo del cuerpo frutal en *Suillus luteus*

(A: primordio; B: adulto; C: senescente)

FUENTE: Donoso (1989)

El hongo *Suillus luteus* es el único boletal con evidente anillo membranoso, de color blanco, tornando a violáceo y con textura superior granulosa. Cutícula muy viscosa, mucilaginosa, lisa, fácil de separar de la carne, color pardo o marrón chocolate. Tubos amarillentos (“*luteus*”), después oliváceos. Poros pequeños, amarillos. Pie corto, color rojizo amarillento. Carne de textura tierna, banca-amarilla, no azulea (Campos y Arregui, 2010).

Es conocido comúnmente como Boletto pegajoso en España, Slippery Jack o Buttermushroom en EEUU., Boletto en Italia y Bolet en Francia. Su nombre viene del latín “*lutum*”, que significa gualda, la cual es una hierba que en la antigüedad se usaba para teñir de amarillo a las telas (Pacioni, 1982).

Los “Suillus” son hongos micorrizicos en simbiosis con diferentes especies de pino, principalmente *Pinus patula*, *Pinus radiata*, etc. (Figura 2). Son miembros de un gran grupo de hongos caracterizados principalmente por la formación de esporas en estructuras altamente especializadas y microscópicas conocidas como basidios. Este basidio para el caso de los “Suillus” es unicelular, llamados así Homobasidiomycetos (García, 1999).

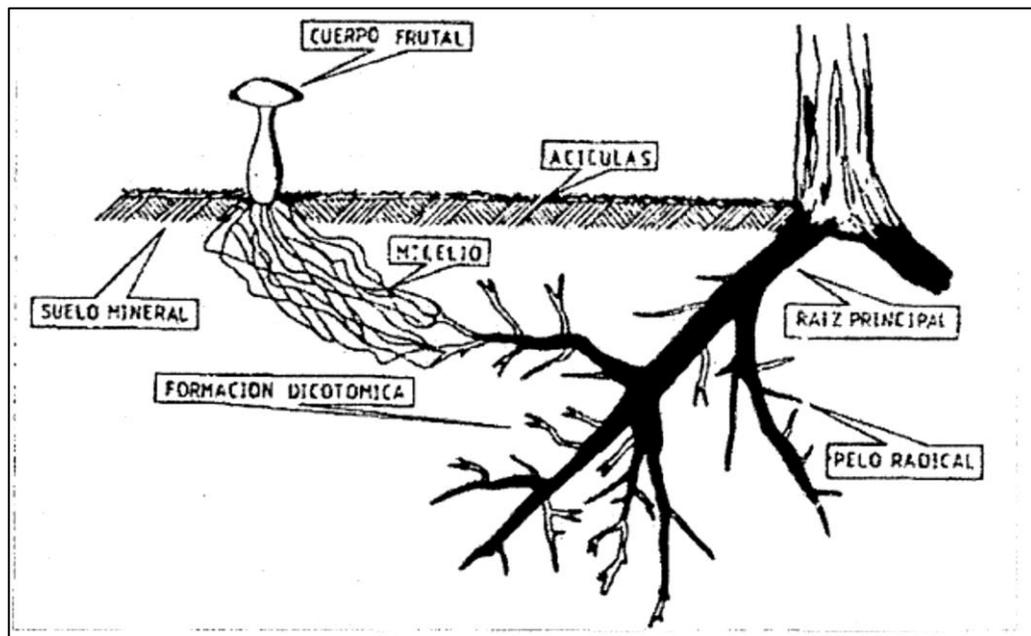


Figura 2: Asociación simbiótica hongo-raíz identificado para el *Suillus luteus*

FUENTE: Donoso (1989).

Chung (2005) menciona que las micorrizas funcionan como un sistema de absorción que se extiende por el suelo y es capaz de proporcionar agua y nutrientes como son el nitrógeno y fósforo, y proteger las raíces contra algunas enfermedades. El hongo por su parte recibe de la planta azúcares y carbohidratos provenientes de la fotosíntesis.

Infor (2015) indica que los hongos *Suillus* se desarrollan sobre la superficie del suelo, principalmente en plantaciones de *Pinus radiata* con los que forma micorrizas. Crece en plantaciones jóvenes de 8 a 10 años, con empastadas y abundante luminosidad. La aparición de cuerpos frutales está marcada por el inicio regular de las lluvias de otoño, hasta primavera declinando con el inicio de las lluvias persistentes, caso en el que son reemplazados por otras especies como *Lactarius deliciosus* (comestible), *Russula sordoma* (comestible), *Amanita gemata* (muy tóxica) y *Rocholoma myomyces* (comestible).

2.1.3. VALOR NUTRICIONAL

Los elementos constitutivos de un hongo comestible no son necesariamente un buen guía de su valor nutritivo (Breene, 1990). La facilidad de digestión de los diferentes elementos cambia, mientras los métodos analíticos no son siempre utilizados fielmente en los estudios (Lau, 1982 citado por FAO, 2005).

Fabián (2012) mostró los resultados del análisis físico-químico que realizó a los hongos silvestres comestibles *Suillus luteus* en estado deshidratado de la zona de Tingo Paccha y El Mantaro: 10,93 por ciento de humedad; 13 por ciento de fibra; 14,26 por ciento de proteína; 6,67 por ciento de cenizas; 6,67 por ciento de grasas y 50,98 por ciento de carbohidratos. También señala que el mes con mayor producción de hongos ha sido en febrero en los dos lugares estudiados.

Por otro lado, Chávez y Valdez (2014) en la investigación que realizan en Chachapoyas mencionan la caracterización físico/química del hongo *Suillus luteus* en estado fresco: 3,48 por ciento de carbohidratos; 0,78 por ciento de ceniza; 24,66 Kcal de energía total; 0,14 por ciento de grasa; 93,23 por ciento de humedad; 2,37 por ciento de proteína.

Sobre la “comestibilidad”, Campos y Arregui (2010) indican que los hongos *Suillus luteus* son una especie comestible, de inferior calidad al *Boletus edulis*. Para su consumo hay que quitarle los poros y la cutícula y comerlos con moderación porque son laxantes.

Las buenas prácticas de recolección son imprescindibles para la sostenibilidad de los recursos naturales, por lo tanto se debe de seguir las siguientes normas con el fin de preservar este recurso natural tan importante: restringir el uso de vehículos lo más posible, en el caso de circular por una pista autorizada, se debe hacer a una velocidad prudente y sin afectar la flora y fauna del lugar; nunca circular campo a través; cuando se vaya a pie debe caminar por los sendas de esta manera evitar dañar el entorno, nunca atravesar el sembrado; no abandonar los restos o basura, tampoco aquellos biodegradables, se debe llevar la basura y depositarlos en los contenedores correspondientes; extremar la precaución con todo aquello que pueda provocar un incendio, evitar fumar. Normalmente, cuando se recolectan setas son medios naturales poco alterados por el ser humano, se debe alterar lo menos posible la zona sin provocar ningún daño

(Campos y Arregui, 2010).

2.1.4. PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES EN EL PERÚ

Según Gonzales (2010) en el Perú el cultivo de hongos comestibles se inició en el año 1995 con la producción de champiñones (*Agaricus bisporus*) y posteriormente en Ayacucho y Trujillo los pobladores y agricultores de esas localidades iniciaron de manera artesanal el cultivo de hongos comestibles, entre ellos el *Pleurotus ostreatus* llamado hongo ostra.

Asimismo, González (2010) menciona que existe una gran demanda por los productos orgánicos que posean propiedades nutricionales que mejoran la calidad de vida del consumidor, por ello en el Perú se está realizando una fuerte campaña de producción de hongos comestibles en las localidades alto andinas de Lambayeque y Ayacucho, esta primera con mayor y mejor producción.

García *et al.* (2015) indican que en su investigación de diferentes tipos de hongos: de las especies identificadas 23 son de interés comestible, 13 son de interés medicinal, 2 de interés mágico religioso, 2 tóxicas, 2 micorrizógenas y de 30 especies no se conocen sus usos para la ciencia. Así mismo, se identificó a 6 especies promisoras para el cultivo con fines alimenticios de autoconsumo y la posible comercialización a pequeña y gran escala, puesto que estas especies promisoras transforman los residuos lignocelulósicos en alimento. Se ha confeccionado una guía de campo para la identificación de los macrohongos, sus usos y recomendaciones para su consumo, con lo cual queda abierta otra puerta de nuestra biodiversidad al interés científico, gastronómico y turístico.

Paredes *et al.* (2006) comentan que en la actualidad se conocen cerca de 2000 especies comestibles; sin embargo, solamente unos pocos se cultivan y comercializan. Cerca de 80 especies se han logrado cultivar en forma experimental, 22 han sido cultivadas comercialmente y solo 10 se producen a escala industrial.

2.2. DESHIDRATACIÓN DE LOS ALIMENTOS

2.2.1. GENERALIDADES

Schulery Schuler (1973) citados por Dib Taxi (2001), menciona que el secado fue uno de los primeros métodos de preservación de alimentos utilizados por el hombre. Las ventajas de su uso son diversas: reducción del peso y volumen del producto, el que es muy importante en la disminución de los costos de transporte, embalaje y almacenamiento; con la disminución de la actividad de agua se prolonga la vida útil del producto, pues se crean condiciones adversas para la multiplicación de los microorganismos y el desenvolvimiento de reacciones enzimáticas.

El secado es un procedimiento de conservación que, al eliminar la totalidad de agua libre del alimento, impide toda actividad microbiana y reduce la actividad enzimática. Además, con el secado de un producto se consigue un incremento de las posibilidades de conservación y una gran reducción del peso hasta la quinta parte cuando se trata de raíces o tubérculos y hasta quince veces menor en frutas y vegetales de hoja. La presencia de agua en los alimentos contribuye de forma importante a su deterioro, por tanto, la disminución del contenido de agua reduce a posibilidad de alteración biológica y también, de forma apreciable, las velocidades de otros mecanismos de deterioro (Casp y Abril, 1999).

La eliminación de agua presenta dos problemas importantes, por una parte, el riesgo de alteración de la calidad nutricional y sobre todo organoléptica del producto tratado y por otra, un consumo notable de energía. La falta de selectividad de la eliminación de agua puede permitir pérdidas de aromas, más volátiles que el agua, sobre todo si se realiza al vacío (Casp y Abril, 1999). La remoción total o parcial de agua del alimento es el principio del método de conservación por el control de humedad. En ese sentido, Camargo *et al.* (1984) mencionan que la eliminación de agua puede ser efectuada de varias maneras: secado natural, solar, por uso de azúcar y por secado artificial o deshidratación.

Travaglini *et al.* (1999) reportaron que los secadores más utilizados industrialmente son: secadores de bandejas, secadores neumáticos y los de torre de secado por atomización, secadores de lecho fluidizado, secadores de cilindro rotativo, secadores al vacío y los

secadores por microondas. Los factores condicionantes para la elección del tipo de secador a ser utilizado son: la naturaleza del producto, las condiciones de operación y factores económicos.

2.2.2. MECANISMO DEL SECADO

Al secar un sólido húmedo con el aire caliente, el aire aporta al producto tanto calor sensible como calor latente de evaporación, y también actúa como acarreador de la humedad que se está evaporando del sólido. Cuando se coloca un producto sólido húmedo en contacto con una corriente de aire caliente y se mantienen constantes la temperatura, humedad, velocidad y dirección del flujo sobre el sólido de dicha corriente de aire, se logrará deshidratar el sólido.

Si el cambio en el contenido de humedad del producto (expresado en base seca) se va registrando a intervalos pequeños de tiempo durante todo el proceso de deshidratación, puede obtenerse, según el dato graficado las curvas que se muestran en las Figuras 3 y 4.

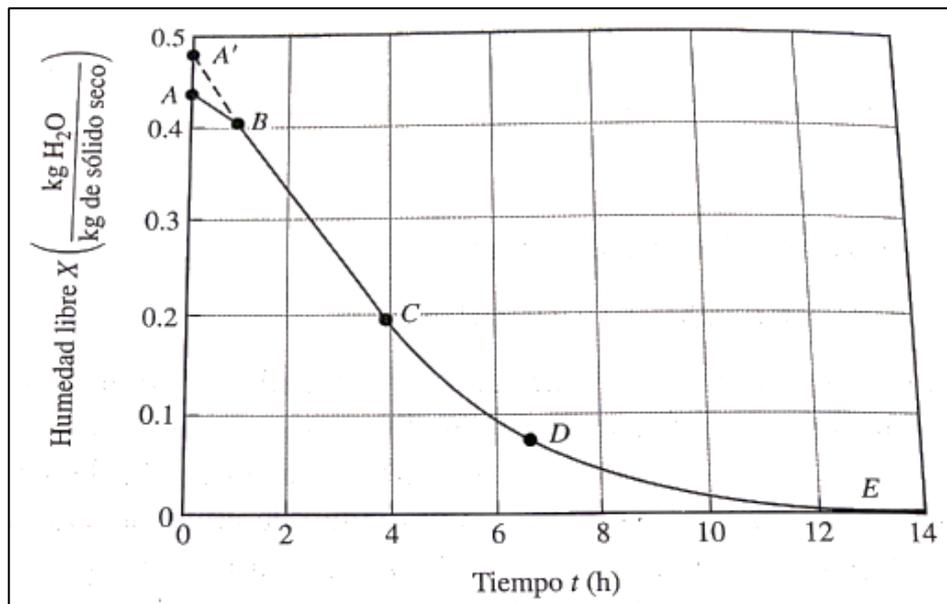


Figura 3: Curva típica de velocidad de secado constante (gráfica de datos de humedad libre en función al tiempo)

FUENTE: Geankoplis (2006)

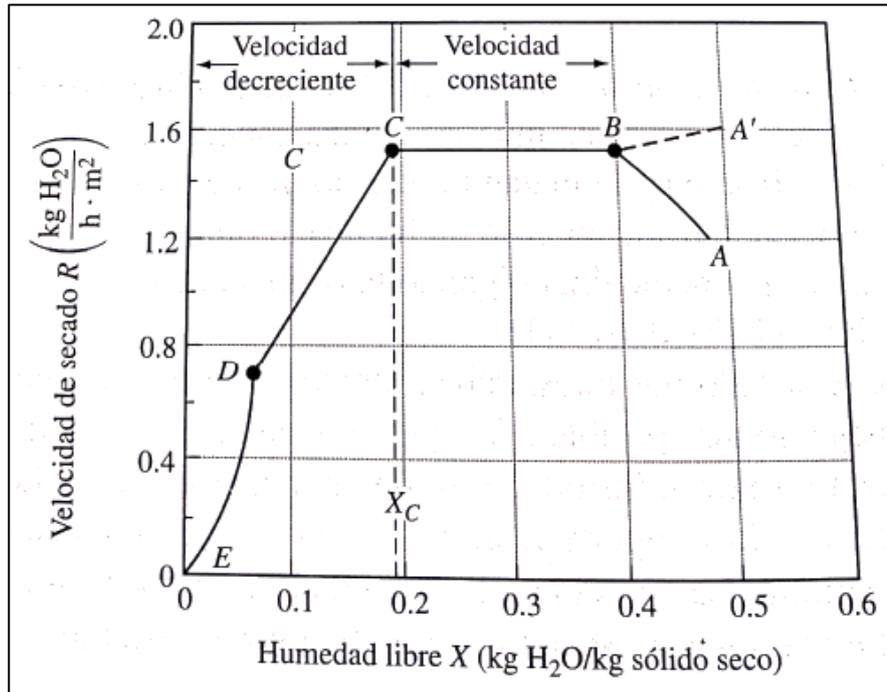


Figura 4: Curva de velocidad de secado en función del contenido de humedad libre

FUENTE: Geankoplis (2006)

Etapa A-B: Periodo de estabilización de las condiciones, en la que la superficie del sólido se equilibra con el aire de secado y alcanza su temperatura de evaporación

Etapa B-C: también llamada etapa de velocidad constante. La fuerza motriz que determina el movimiento de vapor durante esta etapa es el gradiente de la presión de vapor de agua de la superficie del producto y la del aire empleado para la deshidratación, que expresado en términos de humedades, equivale al gradiente entre la humedad de la superficie del producto y la humedad del aire.

Etapa C-D y D-E: Debido a que muchas veces no se distinguen entre sí, se les consideraba como una sola etapa, llamada etapa de velocidad decreciente. Conforme avanza la deshidratación se alcanza un punto en el que la velocidad del movimiento de la humedad desde el interior del producto hasta la superficie se reduce en grado tal, que la superficie del producto comienza a researse. Como lo que se elimina en esta etapa es agua débilmente ligada, el proceso es cada vez más lento y su velocidad depende del movimiento de la humedad dentro del sólido (capilaridad o difusión).

2.2.3. SECADO EN BANDEJAS

El secador de bandejas, también llamado secador de anaqueles, de gabinete o de compartimiento (Geankoplis, 2006), consiste en una pila de bandejas o varias pilas de bandejas colocadas en una cámara aislada en la que el aire caliente se hace circular con ventiladores apropiadamente diseñados y paletas de guía (Mujumdar, 2011).

El aire caliente es calentado mediante un calentador a la entrada y es forzado a pasar a través del conjunto de bandejas y sobre el producto (Heldman y Singh, 1997; citados por Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000). Los calentadores de aire pueden ser quemadores de gas directo, serpentines de vapor, intercambiadores o calentadores eléctricos y la velocidad de aire es de 2 a 5 m/s (Brennan *et al.*, 1990; citados por Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000). Más o menos del 10 al 20 por ciento del aire que pasa sobre las bandejas es nuevo y el resto es aire recirculado (Geankoplis, 2006).

El aire caliente y seco se utiliza para suministrar el calor necesario tanto para la evaporación como para eliminar el vapor de agua de la superficie del alimento. Ambos intercambios de calor y masa entre el gas y la partícula son esencialmente transferencias de convección, aunque la conducción y radiación también puede estar implicadas en cierta medida (Berk, 2013).

2.2.4. SECADO DE HONGOS COMESTIBLES

Los hongos frescos son productos muy perecibles, su consumo o procesamiento se debe realizar entre los primeros cinco días luego de su recolección. El secado por flujo de aire caliente es un método muy común para preservar hongos, otros métodos de preservación utilizados son la congelación, liofilización y la producción de conservas.

El método de secado por congelación o liofilización permite obtener un producto de altísima calidad organoléptica ya que casi no se ve afectado el color ni el sabor del hongo, pero es sumamente costoso. Una vez recolectado el hongo se hace un proceso para que estos puedan ser consumidos, en primer lugar, se deben de limpiar en el mismo bosque con la ayuda de un cuchillo limpio retirando la cutícula del sombrero que es de un color café o pardo hasta llegar al color natural (blanco amarillento), del pie se eliminan todas las impurezas. Después

los recolectores deben de transportar desde el bosque hasta donde se encuentren los modulares de secado o hacia la planta de secado, en baldes limpios y exclusivos para el transporte de hongos así evitaremos contaminaciones cruzadas, el tiempo de máximo desde el bosque hasta el lugar donde se va a deshidratar los hongos debe ser de 4 horas y así evitar cualquier cambio organoléptico. Por último, se rebanan los hongos frescos de un grosor entre 3-5 mm, el espesor influye directamente con el tiempo de deshidratado, siendo de suma importancia realizar los cortes lo más uniforme posible (López *et al.*, 2009).

En lo que se refiere a presencia de microorganismos en el producto seco, Komanowsky (1970) determinó que para tratamientos con altas temperaturas (82-88 °C) no era necesario un pre-tratamiento. También obtuvo buenos resultados utilizando soluciones cloradas y sulfitadas a menores temperaturas.

Al evaluar el color, Komanowsky (1970), encontró que el cambio de color en ambas variedades era directamente proporcional al incremento de la temperatura, obteniendo los mejores productos a temperaturas más bajas. Otro aspecto interesante fue que entre batch y batch el color iba variando, ya que no podía conseguir una materia prima de calidad uniforme, porque el índice de madurez y la procedencia de los hongos variaba mucho, cosa que influye notoriamente en el color del producto final. El blanqueado y los tratamientos químicos tampoco influyen mucho en la estabilidad del color durante el secado, lo más importante según el citado Komanowsky para obtener un producto de buena calidad en lo que a color refiere, es la calidad del hongo, el índice de madurez, y la variedad, estableciendo que, con los hongos blancos, jóvenes y de textura firme y compacta, se obtienen mejores resultados. El mejor tratamiento de secado para obtener el producto más claro fue el método de dos etapas, a 43 °C la primera y a 77-82 °C la segunda. El producto final tenía una humedad de entre 4 y 8 por ciento, concluyendo que los hongos secados hasta un porcentaje de humedad menor de 4 por ciento eran muy pobres en sabor, especialmente los que son secados a altas temperaturas.

Talledo (1999a) realizó pruebas de secado para la especie *Lentinus edodes*, evaluó el efecto del escaldado, temperatura de secado y su almacenamiento, concluyendo que los hongos no escaldados, secados a 60 °C, tienen mayor difusividad másica. En los resultados organolépticos también mostraron mayor aceptabilidad en lo concerniente a textura y sabor,

teniendo además mayor capacidad de rehidratación. Estos resultados los obtuvo comparando hongos escaldados en soluciones de ácido ascórbico, ácido cítrico y cloruro de sodio a diferentes concentraciones y secados a 60 y 70 °C.

Talledo (1999b) evaluó el secado de hongos de diferentes especies, destinados a la elaboración de polvo de hongos. Recomendó laminar los hongos para permitir su rápida deshidratación durante el proceso de secado. Los hongos laminados deben colocarse en las bandejas de tal manera que no haya espacios de separación, ya que durante el secado su tamaño se irá reduciendo, dejando espacio suficiente para que el aire caliente circule. Sugirió que la temperatura inicial sea de 30 °C, la cual deberá incrementarse a razón de 20 °C por hora hasta alcanzar los 60-70 °C y que la humedad final deberá ser de 9 por ciento.

Juárez (1993) evaluó diferentes métodos de inactivación enzimática y el secado por flujo de aire caliente de *Pleurotus ostreatus* para lo cual utilizó tres tratamientos de inactivación, un tratamiento térmico a 80 °C por 30 segundos, un tratamiento químico utilizando una solución de agua con ácido cítrico al 0,3 y 0,5 por ciento, y por último un tratamiento combinado con ácido cítrico a 0,3 y 0,5 por ciento a 80 °C por 30 segundos. Evaluó también diferentes temperaturas de secado a 40 y 60 °C. La muestra que secó más rápidamente fue la tratada con ácido cítrico al 0,5 por ciento y la más lenta la del tratamiento térmico para ambas temperaturas. La de mayor aceptabilidad fue la muestra que tuvo un tratamiento con ácido cítrico a 0,5 por ciento de concentración y se secó a una temperatura de 40 °C, obteniendo el color más cercano a la muestra fresca.

2.2.5. ACTIVIDAD DE AGUA

Fennema (2000), indica que los procesos de concentración y deshidratación se aplican para reducir el contenido de agua de un alimento, aumentando simultáneamente la concentración del soluto y reduciendo su alterabilidad o perecibilidad. No obstante, también se ha observado que diferentes tipos de alimentos con el mismo contenido de agua difieren significativamente en su estabilidad o vida útil. En consecuencia, el contenido de agua por sí solo no es un indicador real de la estabilidad. Esta situación se atribuye, en parte, a diferencias en la intensidad con que el agua se asocia con los constituyentes no acuosos, el agua implicada en asociaciones fuertes es menos susceptible o propensa para las actividades

degradativas, tales como el crecimiento de microorganismos y las reacciones químicas de hidrólisis, que el agua no asociada. El término “actividad de agua” (a_w) se implantó para tener en cuenta la intensidad con que el agua se asocia a los diferentes componentes no acuosos.

Las propiedades coligativas, reológicas y de textura de un alimento dependen de su contenido de agua, aun cuando este influye definitivamente en las relaciones físicas, químicas, enzimáticas y microbiológicas. Solo para efectos de simplificación, el agua se dividió en libre y en ligada; la primera sería la única disponible para el crecimiento de microorganismos y para intervenir en las otras transformaciones, ya que la segunda está unida a la superficie sólida y no actúa por estar no disponible o inmóvil (Badui, 2006).

2.2.6. LA ACTIVIDAD DE AGUA Y LA ESTABILIDAD EN LOS ALIMENTOS

La estabilidad, sanidad y otras propiedades de los alimentos pueden predecirse de forma más realista a partir de la actividad de agua que en función al contenido de agua. Aun así, la actividad de agua no es un índice predictivo totalmente exacto. A pesar de eso, la actividad de agua se correlaciona suficientemente bien con las velocidades de crecimiento microbiano y muchas reacciones degradativas, por lo que es un indicador útil y práctico de la estabilidad del producto y de la seguridad microbiana (Fennema, 2000).

Colina (2010) menciona que la actividad de agua de los alimentos desempeña una función muy importante en su estabilidad y, por ende, su comportamiento tanto durante el proceso de deshidratación, como durante el almacenamiento del producto deshidratado, ya que muchas reacciones dañinas ocurren de acuerdo con el valor de este factor, como puede apreciarse en la Figura 5.

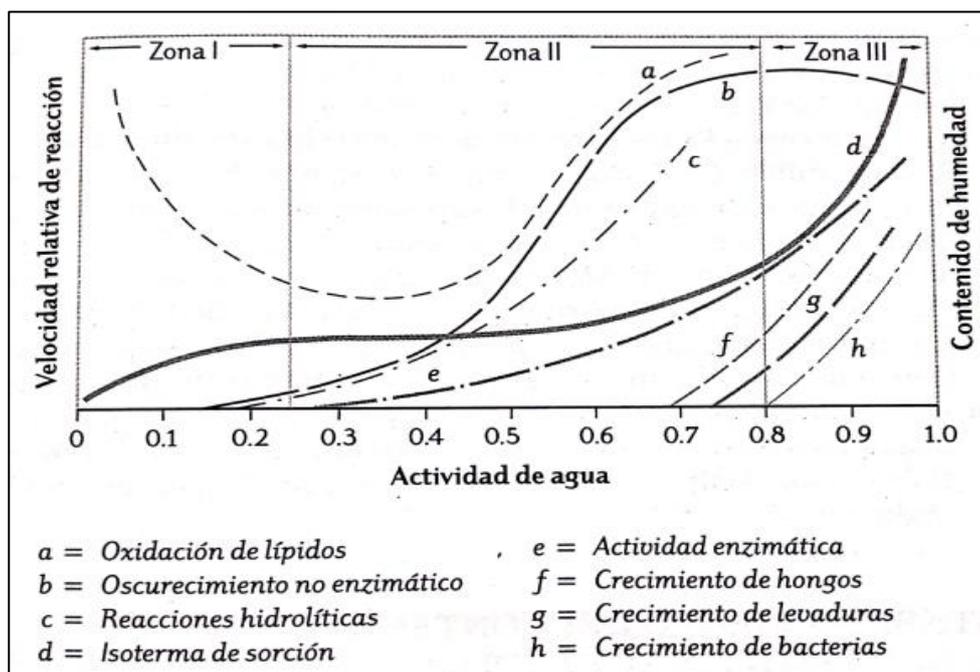


Figura 5: Influencia de la a_w de un alimento en la velocidad de diversas reacciones químicas, enzimáticas y crecimiento microbiano.

FUENTE: Colina (2010)

En la Figura 5 se observa una división de la a_w en tres zonas: la zona III representa el agua libre y corresponde a la mayor parte del agua de los tejidos vegetales y animales de los alimentos. Esta agua se elimina con facilidad durante la deshidratación y es la más disponible para el crecimiento de microorganismos y las reacciones químicas y enzimáticas. La zona II constituye el agua débilmente ligada, que es más difícil de eliminar que el agua libre. La eliminación de una pequeña cantidad de este tipo de agua reduce de modo notable la a_w del producto. Al inicio de esta etapa, algunas reacciones como la oxidación de lípidos y el oscurecimiento no enzimático se desarrolla con una velocidad muy alta, pero conforme se va desapareciendo este tipo de agua se imposibilita el crecimiento microbiano y se reduce sustancialmente la velocidad de la mayoría de reacciones químicas y enzimáticas. La zona I corresponde al agua ligada, por lo que su eliminación es sumamente difícil. En la mayoría de los alimentos deshidratados no se elimina esta agua, ya que no sólo supondría exponer el alimento a un tratamiento intenso y prolongado para su eliminación, sino que esto conduciría a un deterioro marcado e irreversible en las características físicas, químicas y sensoriales del producto en cuestión (Colina, 2010).

Los valores de actividad de agua varían desde 1,0 para el agua pura, hasta cero para un producto totalmente seco (Badui, 2006). En la mayoría de reacciones químicas que se dan en alimentos las máximas velocidades ocurren típicamente en el rango de alimentos de humedad intermedia, es decir, entre 0,7 y 0,9 de a_w , lo que es claramente indeseable. En cambio, las velocidades mínimas de reacción ocurren entre el límite de las zonas I y II, a excepción de las reacciones oxidativas, las cuales se incrementan a valores bajos de actividad de agua (Fennema, 2000).

Los diversos métodos de conservación se basan en el control de una o más variables que influyen en la estabilidad. En ese sentido, la actividad de agua es de fundamental importancia, y con base en ella se puede conocer el comportamiento de un alimento. En general, mientras más alta sea la actividad de agua y más se acerque a 1,0; menor será su estabilidad, por ejemplo, en carnes, frutas y vegetales frescos que requieren refrigeración por esta causa. Por el contrario, los alimentos estables a temperatura ambiente (excepto los tratados térmicamente y comercialmente estériles, como los enlatados) son bajos en actividad de agua, como sucede con los de humedad intermedia en los que el crecimiento microbiano es retardado (Badui, 2006).

Colina (2010) indica que en los productos deshidratados no se elimina la totalidad del agua que contienen, quedando siempre un remanente que puede ir de 1 al 15 por ciento (que corresponde a valores de a_w entre 0.05 y 0.45), dependiendo de factores como:

- La composición química del producto: cuando contiene gran cantidad de carbohidratos especialmente polisacáridos y otros hidrocoloides que poseen gran capacidad para retener agua, el alimento puede contener un porcentaje relativamente alto de agua (8 a 12 por ciento), pero con reducidos valores de a_w .
- Las características del envase que determinan la protección del producto a factores como humedad del medio ambiente, contacto con el oxígeno, etc.
- Las condiciones de almacenamiento: si el contenido de humedad del alimento corresponde a su humedad de equilibrio, bastará una pequeña modificación en la temperatura y/o humedad relativa del medio circundante para que el alimento absorba agua, lo cual es muy riesgoso para su almacenamiento y distribución comercial.

2.3. ANÁLISIS INSTRUMENTAL DE COLOR

Francis (1983) citado por Dib Taxi (2001), menciona que las alteraciones de los pigmentos pueden ser determinadas por la medida del color, utilizada como una forma indirecta de análisis de su contenido. La medida instrumental es un método más simple y rápido en comparación con el análisis químico.

La normalización de las unidades de luz y color fue decidida en Paris en 1931, en una reunión de la Comisión Intenationale d'Eclairage (CIE), donde fue establecida una nomenclatura en un espacio de color (método para expresar al color de un objeto o fuente de luz) basados en los valores triestímulos XYZ. Un colorímetro triestímulo simple es formado, básicamente, por una luz blanca de una fuente patrón establecida por la CIE, que incide sobre la muestra y sufre una reflexión difusa en un ángulo de 45°, donde es medida en una fotocélula, después pasa por filtros (X, Y, Z) que simulan las curvas de un observador patrón (a un ángulo de 2 o 10°). La luz incidente en la fotocélula es modificada y proporciona lecturas que simulan lo que los ojos ven (Francis y Clydesdale, 1975, citado por Dib Taxi, 2001).

El espacio de color CIElab (L^* , a^* y b^*) es una de las modificaciones del sistema del colorímetro triestímulos, juntamente con el sistema Hunter (L , a y b). Este fue definido en 1971 con el objetivo de uniformizar las diferencias de color determinadas instrumentalmente con las diferencias visuales. En este espacio de color, se hace las lecturas de los valores de L^* (luminosidad), de las coordenadas deromaticidad: a^* (intensidad de los colores rojo y verde) y b^* (intensidad de los colores amarillo y azul) y de los valores ΔE (diferencia total del color). Los valores de esas variaciones se refieren a las diferencias entre la muestra que está siendo analizada, en determinado tiempo y la muestra considerada como patrón (Hunter, 1975).

2.4. EVALUACIÓN SENSORIAL

El análisis sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. Esta disciplina comprende un conjunto de técnicas para la medida de la respuesta humana a los alimentos e intenta aislar

las propiedades sensoriales y aportar información útil para el desarrollo de productos, control durante la elaboración, vigilancia durante el almacenamiento, entre otras.

2.4.1. LAS PRUEBAS SENSORIALES

Las pruebas de análisis sensorial permiten traducir las preferencias de los consumidores en atributos bien definidos para un producto. La información sobre los gustos y aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad, se obtienen empleando métodos de análisis denominados pruebas orientadas al consumidor. Estas pruebas deben realizarse exclusivamente con consumidores y no con evaluadores entrenados. Las consultas a consumidores, se manejan con un enfoque diferente al perfil sensorial descriptivo, pretendiendo estimar la respuesta de la población potencial de consumidores del producto respecto al gusto. El catador evalúa simplemente el grado de aceptabilidad del producto y su preferencia (Ramírez-Navas, 2012; citado por Lavy, 2016).

Existen dos clasificaciones principales de las pruebas sensoriales, las Analíticas y las Afectivas. Las pruebas analíticas son usadas por los laboratorios de evaluación de productos en términos de diferencias o similitudes y para identificación y cuantificación de características sensoriales. Hay dos tipos de pruebas analíticas: Discriminativas y Descriptivas. Ambas pruebas emplean panelistas entrenados rigurosamente en los procedimientos de las pruebas y sus habilidades para reconocer, identificar y evocar características sensoriales (Núñez, 1999).

Las pruebas afectivas son usadas para evaluar la preferencia y/o aceptación de productos. Generalmente se requiere un gran número de respuestas para estas evaluaciones, los panelistas no son entrenados, pero son seleccionados de un conjunto amplio de tal manera que representen a una población (Núñez, 1999).

2.4.2. PRUEBAS AFECTIVAS

Las pruebas afectivas se refieren al grado de preferencia y aceptabilidad de un producto. Este tipo de pruebas nos permiten no solo establecer si hay diferencias entre muestras, sino el sentido o magnitud de la misma. Esto nos permite mantener o modificar la característica diferencial. Dentro de las pruebas afectivas podemos encontrar: pruebas de preferencia y

pruebas de aceptabilidad, muchas veces se confunde el término preferencia con aceptabilidad, sin embargo, son terminologías diferentes. Aceptabilidad se refiere al grado de gusto o disgusto de una persona sobre un producto y se basa en una escala de medición de una persona y su comportamiento. Mientras que preferencia se refiere a la elección entre varios productos sobre la base del gusto o disgusto, es decir, se basa en la elección de una persona entre dos o más productos (Liria, 2007).

2.4.3. PRUEBA DE PREFERENCIA

El objetivo de esta prueba es ordenar, según las opiniones de un grupo de consumidores, un par o una serie de muestras de acuerdo con un aprecio personal o una preferencia (Pedrero y Pangborn, 1996). Se requieren entre 75 a 150 panelistas por prueba, los cuales son reclutados por ser usuarios del producto. Dentro de las limitaciones es que los resultados pueden no ser claros y pueden dar un pobre diagnóstico, debido a que se trata de la apreciación en relación a los gustos y preferencias de panelistas. Puede resultar ser difícil obtener un panel representativo de la población objetivo y finalmente los datos o categorías de preferencia pueden ser ambiguos. Las pruebas de preferencia ayudan a identificar un producto elegido entre dos o más alternativas, decidir cuál será la mejor opción entre la elaboración de diversos productos y para medir factores psicológicos o factores que influyen en el sabor del alimento (Liria, 2007).

a. Los jueces

Es importante escoger jueces que sean los consumidores habituales del producto a probar, o en el caso de un producto totalmente nuevo, que sean los consumidores potenciales de dicho alimento (Anzaldúa – Morales, 1994). El juez afectivo no debe conocer la problemática del estudio, sino solamente entender la metodología de la prueba y responder a ella (Pedrero y Pangborn, 1996).

b. Las muestras

La cantidad de muestra dada a cada juez frecuentemente está limitada por la cantidad disponible de material experimental. Anzaldúa – Morales (1994), recomienda 25 g de muestra en el caso de alimentos sólidos a granel como verduras cocidas, y entre 15 y 50 ml para muestras líquidas. El número máximo de muestras recomendadas es seis, teniendo en

cuenta el tipo de muestra a evaluar, ya que a veces es preferible utilizar menor número para evitar la saturación o el cansancio de los panelistas puesto que se verían influenciados los resultados.

c. El procedimiento

En este análisis las muestras son presentadas a la vez para que sean ordenadas por el juez de acuerdo al grado de preferencia que asigne a cada muestra según el análisis de un determinado atributo, pudiéndose hacer a continuación, con la misma muestra, otro análisis utilizando un atributo diferente, exigiéndosele que necesariamente otorgue una posición para cada muestra. Es recomendable incluir en la ficha de evaluación instrucciones para que los jueces prueben las muestras en un determinado orden, ya que algunos alimentos dejan impresiones en la lengua u olfato, pudiendo interferir con la apreciación de la segunda muestra que sea probada (Anzaldúa – Morales, 1994).

Sedano (2014) en base al procedimiento señalado por Anzaldúa – Morales (1994) realizó una evaluación sensorial a hongos *Suillus luteus* secados a 60 °C con flujo de aire caliente con 30 personas semi-entrenadas (consumidores habituales) con diferentes velocidades de secado (1, 2 y 3 m/s), y obtuvo que se preferían los hongos secados a 1m/s para la característica de color, para la textura se prefirieron los hongos secados a 2m/s y para el sabor no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($\alpha = 0.01$). De igual manera, Pérez-Garland (2001) realizó una evaluación sensorial del hongo *Suillus luteus* con 30 panelistas que eran consumidores habituales del hongo mencionado, y los comparó con tratamientos a diferentes temperaturas de secado (45, 50, 55 y 60 °C), concluyó que la preferencia por el sabor fue manifestada por los hongos rodajeados y secados a 60 y 55 °C, siendo el de menor preferencia el de 45 °C, en cuanto a la textura el tratamiento más preferido por los panelistas fue el que se secó a 60 °C.

III. METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El trabajo de cosecha de los hongos a diferentes días se realizó en los campos de cultivo de la Asociación de Profesionales y Técnicos de Cutervo (Cajamarca) y el trabajo de investigación se realizó en los siguientes laboratorios de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina:

- Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Alimentos.
- Laboratorio de Ingeniería de Alimentos.
- Laboratorio de Investigación e Instrumentación de Alimentos.

3.2. MATERIA PRIMA

3.2.1. HONGOS COMESTIBLES

Se emplearon hongos comestibles *Suillus luteus* cosechados en la provincia de Cutervo-Cajamarca, proporcionados por la Asociación de Profesionales y Técnicos de Cutervo.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. MATERIALES E INSTRUMENTOS

- Materiales de vidrio diversos (pipetas, probetas, matraz Erlenmeyer, fioles, etc., para los análisis fisicoquímicos).
- Material para análisis sensorial (platos, cucharas, vasos, servilletas, tarjetas de evaluación y lápices).
- Materiales de acero Inoxidable (cuchillos, pinzas, etc.)
- Bolsas Ziploc de polietileno

3.3.2. EQUIPOS

- Secador de bandejas por aire caliente Reter – Industrias Fraclen.
- Estufa Memmert Universal
- Balanza de precisión cap. 1kg con exactitud de 0,1 g
- Balanza analítica con capacidad de 1kg con exactitud de 0,001 g
- Colorímetro Konica Minolta ®, modelo CR400
- Texturómetro Instrom®
- Medido de actividad de agua AquaLab ®, modelo 3TE
- Refrigeradora, Congeladora General Electric 18,2 CUF No Frost.

3.3.3. REACTIVO

- Ácido cítrico

3.3.4. SOFTWARE

- Minitab 18 Statistical Software ®

3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1. HUMEDAD

Se realizó la determinación de humedad del hongo *Suillus luteus* en su estado fresco:

- Humedad: Según el Método por pérdida de peso con la estufa descrito por la AOAC (2000).

3.4.2. COLOR

El color del hongo *Suillus luteus* se midió con el Colorímetro Minolta modelo CR-400, siguiendo las recomendaciones propuestas por Argyropoulos *et al.* (2011). El instrumento fue calibrado con una lámina blanca estándar en iluminación D65 antes de tomar las medidas. Se realizó tres lecturas (disparos) por superficie de hongo fresco colocando la cabeza del colorímetro directamente sobre la tajada de hongo. Se tomó el valor promedio de 5 mediciones por experimento.

Los parámetros de color se expresaron como L* describiendo luminosidad (L*= 0 para negro, L*= 100 para blanco), a* describiendo intensidad en verde-rojo (a*< 0 para verde, a*> 0 para rojo), b* describiendo intensidad en azul-amarillo (b*< 0 para azul, b*> para amarillo). Además se determinó el valor de C* (Croma) para todos los tratamientos de hongos en estado fresco.

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

3.4.3. DUREZA

La fuerza de perforación cuantifica el grado de endurecimiento del casco durante el secado. El test se realizó a temperatura ambiente usando el texturómetro Instron Universal Testing Machine. Se utilizó un punzón de aguja de 6 mm para medir la dureza como la fuerza requerida para perforar una tajada del hongo puesto en un plato con un hueco de diámetro 8 mm. La velocidad de punzón fue de 100 mm/min, la metodología es mencionada por Argyropoulos *et al.* (2011). Se registró el valor medio de 3 mediciones para cada ensayo.

3.4.4. CURVA DE SECADO

Para trazar las curvas de secado se utilizó la metodología propuesta por Geankoplis (2006). Los datos que se obtienen de un experimento de secado por lotes, generalmente se expresan como peso total W del sólido húmedo (sólido seco más humedad) a diferentes tiempos de t horas en el periodo de secado. Estos valores se pueden convertir en datos de velocidad de secado por los siguientes procedimientos. Primero se recalculan los datos. Si W es el peso del sólido húmedo en kilogramos totales de agua más sólido seco y W_S es el peso del sólido seco en kilogramos,

$$X_t = \frac{W - W_S \text{ (kg total de agua)}}{W_S \text{ (kg de sólido seco)}}$$

Después de haber establecido las condiciones de secado constante, se determina el contenido de humedad de equilibrio X* kg de humedad de equilibrio/kg de sólido seco. Con él se procede a calcular el valor del contenido de humedad libre X en kg de agua libre/kg de sólido seco para cada valor de X_t:

$$X = X_t - X^*$$

Al sustituir los datos calculados en la ecuación mostrada, se traza una gráfica de contenido de humedad libre X en función del tiempo t en h , como se mostró en la Figura 3. Para obtener una curva de velocidad de secado a partir de esta gráfica, se miden las pendientes de las tangentes a la curva en la Figura 3 lo cual proporciona valores de dX/dt para ciertos valores de t . Se calcula entonces la velocidad R para cada punto con la expresión

$$R = -\frac{L_S}{A} \frac{dX}{dt}$$

Donde R es la velocidad de secado en $kg_{agua}/h.m^2$, L_S es kg de sólido seco usado y A es el área superficial expuesta al secado en m^2 , entonces la curva de velocidad de secado se obtiene al graficar el valor R en función del contenido de humedad libre.

Los resultados de la medición de tiempo de secado para la presente investigación fueron expresados en minutos, ya que los tiempos hallados no fueron prolongados, además que los valores son más apreciables si son expresados en minutos.

3.4.5. ACTIVIDAD DE AGUA

La actividad de agua de los hongos se determinó mediante el equipo AquaLab Water Activity Meter, para ello las muestras secas de cada uno de los tratamientos fueron molidas para que pueda ingresar a la cápsula del equipo una cantidad aproximada de dos gramos, se esperó a que la temperatura se estabilice con la del equipo y se procedió a la medición, dicho procedimiento se realizó con tres repeticiones, las medidas se efectuaron a temperatura ambiente (aproximadamente $25\text{ }^{\circ}C$) (Rebatta, 2014). La medición tuvo como objetivo corroborar que los resultados de los hongos secos para cada tratamiento estén por debajo del valor de actividad que nos garantiza el no crecimiento microbiano.

3.4.6. EVALUACIÓN SENSORIAL

Se realizó la Prueba Afectiva de Preferencia, siguiendo la metodología descrita por Pedrero y Pangborn (1996), en la cual se evaluó la preferencia por el color de las muestras deshidratadas, y la preferencia por el sabor, la textura y la aceptabilidad general en el producto hidratado, el cual se presentó sin ningún tipo de acompañamiento a los panelistas. Los panelistas eran consumidores habituales del producto y/o consumidores potenciales de

dicho alimento o usuarios del producto (Liria, 2007; Anzaldúa-Morales, 1994) como cocineros, estudiantes de gastronomía, amas de casa, cocineros aficionados o consumidores de productos similares. La cantidad de panelistas fueron 110 según lo indicado por Liria (2007) en la que recomienda que sean una cantidad entre 75 y 150 consumidores. La proporción en base al tipo de panelistas se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Proporción de los panelistas con respecto al total

Panelistas	Cantidad	Porcentaje (%)
Cocineros o Encargados de cocina	18	16.36
Estudiantes de cocina	22	20
Amas de casa	46	41.82
Cocineros aficionados	24	21.82
Total	110	100

Las muestras fueron entregadas respetando la presentación y rotulación recomendadas por Pedrero y Pangborn (1996), se brindaron a los consumidores las muestras de hongos en estado seco para la evaluación de color y hongos en estado rehidratado con agua caliente para la evaluación de textura y sabor, ya que esas presentaciones son las que se utilizan normalmente en su consumo. Luego de ser realizada la prueba sensorial, los datos fueron tratados con la Prueba No Paramétrica de Friedman, la cual es descrita por Ureña (1999).

3.5. DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DEL PROCESO

A continuación, se describe el flujo de operaciones que se siguió para la obtención de hongos comestibles *Suillus luteus* deshidratados por flujo de aire caliente:

- Cosecha: Se recolectaron el mismo día los hongos que fueron marcados previamente según su tiempo de crecimiento (8, 9, 10 y 11 días) separándolos en canastas de mimbre.
- Selección: Se eliminaron los ejemplares visiblemente deteriorados, abiertos, rotos o muy deformes.

- Clasificación: Se clasificó según el tiempo de crecimiento del hongo (8, 9, 10 y 11 días).
- Limpieza, pelado y corte de pies: Es esta etapa se procedió a eliminar las ramas y hojas adheridas a la cutícula pegajosa de los hongos, luego se pela la piel cutícula que cubre el sombrero del hongo, y posterior se corta el tallo o pie del hongo para eliminar materias extrañas procedentes de la cosecha e ir igualando el corte de los hongos. Las actividades escritas se realizan manualmente con personal entrenado.
- Desinfectado: Se utilizó agua clorada (hipoclorito de sodio) a una concentración de 50 ppm por 3 minutos, se sumergen y agitan los hongos manualmente tratando de no exceder en el manipuleo.
- Escaldado: Se disolvió ácido cítrico (0.5 por ciento de concentración) en el agua a ebullición (100 °C) y se sumergió los hongos por el tiempo de 3 minutos.
- Oreo y escurrido: Se efectuó para eliminar el agua procedente del escaldado.
- Secado: Los hongos escaldados fueron secados a una temperatura de 55 °C y una humedad relativa entre 49 por ciento y con una velocidad del aire de secado de 1.5 m/s, para obtener un producto con 13-15 por ciento de contenido de humedad final (porcentaje en b.h.).
- Envasado: Los hongos deshidratados se envasaron en bolsas de polietileno de alta densidad y sellados al calor .
- Almacenamiento: Se almacenó el producto a temperatura ambiente (25-30 °C), hasta realizar los análisis respectivos.

Las flujo de operaciones descrito para la obtención de hongos deshidratados se muestra a continuación (Figura 6):

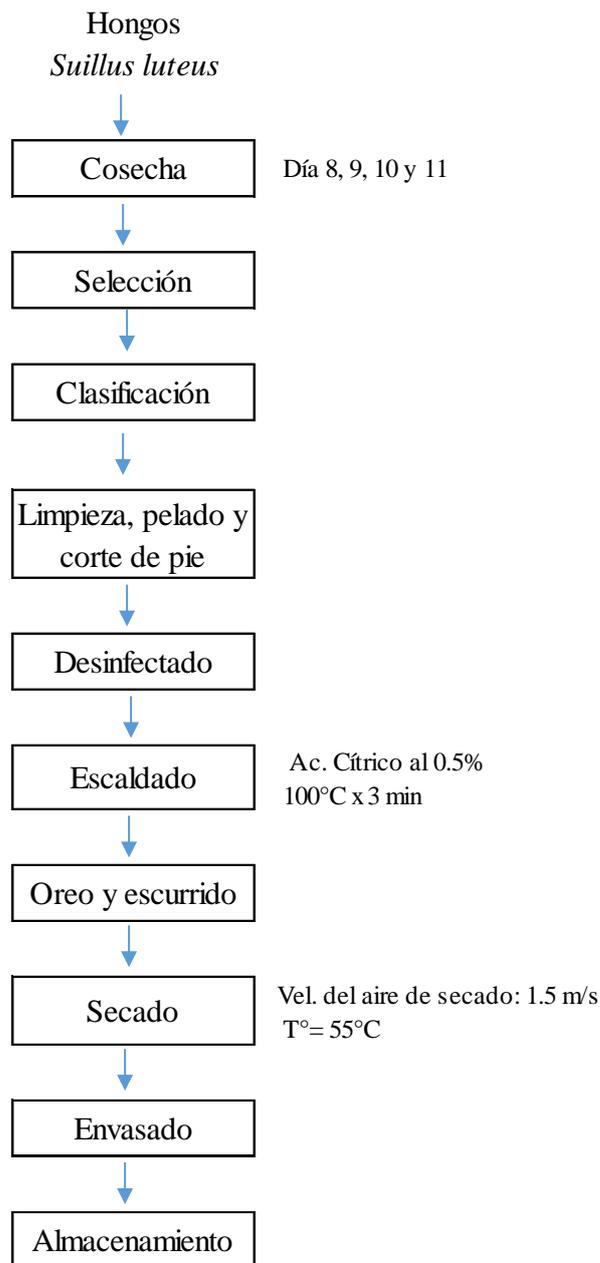


Figura 6: Flujo de Operaciones para la obtención de hongos deshidratados

3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La presente investigación se dividió en tres etapas que son mostradas en la Tabla 2 y descritas a continuación:

Etapa 1: Se realizó la caracterización de los hongos frescos cosechados a diferentes días (8, 9, 10 y 11) en cuanto a sus propiedades físicas (humedad, dureza y color) para entender con qué características llegan dichos hongos y si existen diferencias significativas entre ellos.

Etapa 2: Se realizó el secado de los hongos por cada día de cosecha en la que se obtuvieron los valores de humedad libre en base al tiempo transcurrido, dichos datos fueron utilizados para graficar y describir las curvas de secado, determinar la humedad libre y crítica para cada tratamiento. Posterior a ello, se procedió con la determinación de la actividad de agua para todos los tratamientos de hongos secos con el objetivo de evaluar que se encuentren fuera del rango del crecimiento microbiano.

Etapa 3: Se realizó al evaluación sensorial de los hongos secos cosechados a diferentes días para determinar la preferencia de los panelistas en cuanto a las características de color, sabor, textura y aceptabilidad general.

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Etapa 1: Para evaluar si existen diferencias significativas entre las características físicas de los tratamientos, se utilizó el análisis estadístico ANVA a un nivel de significancia de 0.05 por ciento, en caso se encontrasen diferencias significativas entre alguno de los tratamientos se procedió a realizar la prueba de comparación de Tukey.

Etapa 3: Los resultados de la evaluación sensorial fueron analizados mediante la Prueba no paramétrica de Friedman para cada atributo sensorial, y en caso existiesen diferencias significativas entre los tratamientos se procedió a realizar la comparación múltiple de Friedman para conocer qué tratamientos presentan mayor preferencia ente los panelistas.

Tabla 2: Esquema experimental de la investigación

	ETAPA I	ETAPA II	ETAPA III
Operaciones	Caracterización de la materia prima	Escaldado y secado	Evaluación sensorial
Parámetros	<p>Días de cosecha:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Octavo día - Noveno día - Décimo día - Onceavo día 	<p>Escaldado: Ac. Cítrico al 0.5% $T^{\circ} = 100^{\circ}\text{C} \times 3 \text{ min}$</p> <p>Secado: $T^{\circ} = 55^{\circ}\text{C}$ Vel. Secado = 1.5 m/s</p>	<p>Comparación de los cuatro *tratamientos mediante Prueba de preferencia.</p>
Controles	<ul style="list-style-type: none"> . Caracterización física de los hongos cosechados del día 8 al día 11 (Humedad, Dureza, Color). . Análisis estadístico ANVA usando el diseño DCA y comparación entre los tratamientos con Prueba de Tukey a un nivel de significancia de 0.05%. 	<ul style="list-style-type: none"> - Descripción de curvas de secado de los hongos por día de cosecha. - Determinación de la humedad de equilibrio y humedad crítica para cada tratamiento. - Determinación de la actividad de agua por día cosecha en el producto seco. 	<ul style="list-style-type: none"> . Análisis de resultados mediante Prueba no paramétrica de Friedman (color, sabor, textura y aceptabilidad general). . Comparación múltiple de Friedman entre tratamientos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta investigación se usó hongos frescos de la variedad *Suillus luteus* cosechados a diferentes días (8,9,10 y 11), desinfectados, escaldados y secados con flujo de aire caliente para obtener los hongos secos y estos puedan ser evaluados sensorialmente por consumidores potenciales. A continuación se muestran los resultados obtenidos por etapas experimentales:

4.1. ETAPA 1 - CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA (HONGOS FRESCOS)

4.1.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

A continuación se presentan los resultados sobre el contenido de humedad en los hongos frescos por días de cosecha. En la Tabla 3 podemos observar que la humedad promedio varía entre 93-95 por ciento, se realizó el análisis de varianza (Anexo 1) y se determinó que no existen diferencias significativas entre los resultados de humedad de los diferentes días de cosecha ($p > 0.05$). Además se observó que la menor humedad en el hongo cosechado el día 8 (93.88 por ciento) y la mayor humedad en el hongo cosechado el día 10 (94.68 por ciento).

Tabla 3: Resultados de contenido de humedad (%) por día de cosecha en hongo fresco

Tratamiento	Humedad (%)
Día 8	93.883 \pm 0.376 ^a
Día 9	94.550 \pm 0.223 ^a
Día 10	94.677 \pm 0.354 ^a
Día 11	94.633 \pm 0.319 ^a

En la Tabla 4 se muestra diferentes valores de humedad para los hongos *Suillus luteus* cosechados en diferentes zonas del Perú. En la investigación de Chávez y Valdez (2014), usaron hongos en estado adulto de la región Amazonas y obtuvieron una humedad de 93.23 por ciento, dicho valor es cercano a lo obtenido en nuestras mediciones a diferentes días de cosecha.

Tabla 4: Resultados de contenido de humedad (%) en hongos frescos *Suillus luteus* en diferentes zonas del Perú

Región	Humedad del hongo fresco (%)	Fuente
Luya – Amazonas	93.23	Chávez y Valdez (2014)
Jauja – Junín	89.05	Villagaray (2010)
Huancavelica	91.32	Sedano (2014)
Cajamarca	90.03	Pérez-Garland (2001)

Pérez-Garland (2001) menciona que en el bosque de pinos de la región Cajamarca, se pueden hongos con contenido de humedad desde 85 por ciento hasta 98 por ciento para los maduros, teniendo una humedad promedio de 90 por ciento, además indica que esa humedad está en función a las condiciones climáticas. Los hongos utilizados en la presente investigación son de la región Cajamarca, por lo que el rango mencionado por el autor coincide con los valores obtenidos.

Existen numerosos factores que podrían cambiar la composición química del hongo que es cosechado de los bosques de pinos, como por ejemplo la lluvia de las semanas anteriores a la cosecha, las características del suelo, las características de podado, etc.; ante ello es adecuado especificar que para los presentes resultados se usaron de hongos cosechados durante los meses de enero a mayo con un alta incidencia de lluvias en la zona de Cutervo, además se realizó un podado direccionado en las zonas en las que se tenían los hongos para la evaluación. Es por ello que se puede tener la variación en cuanto a los resultados obtenidos por Villagaray (2010) y Sedano (2014), que no especifican las condiciones específicas de cosecha de los hongos que utilizaron, sin embargo, se encuentran dentro del rango mencionado por Pérez-Garland (2001).

4.1.2. DETERMINACIÓN DE LA DUREZA (N) EN BASE A LA FUERZA DE PUNCIÓN

En la Tabla 5 podemos observar la dureza promedio por día de cosecha del hongo fresco. Se realizó el análisis de varianza (Anexo 2) en la que se evidenció que existe diferencia significativa por lo menos en alguno de los tratamientos ($p < 0.05$) y al realizar la comparación de Tukey se encontró que la dureza entre los hongos cosechados los días 8 y 9 no es significativa; sin embargo, si existe diferencia significativa de dichos tratamientos con la dureza de los hongos cosechados los días 10 y 11 (a su vez que estos no presentan diferencia significativa). Los resultados mostraron que la dureza disminuye con el paso de los días desde el día 8 que tiene una dureza de 2.148 N y disminuye gradualmente con el paso de los días hasta el día 11 que tiene una dureza de 1.772 N.

Tabla 5: Resultados de dureza (N) por día de cosecha en hongo fresco

Tratamiento	Dureza (N)
Día 8	2.148 ± 0.089^a
Día 9	1.950 ± 0.082^a
Día 10	1.840 ± 0.083^b
Día 11	1.772 ± 0.088^b

Argyropoulos *et al.* (2011) determinó la dureza del *Boletus edulis* en estado fresco con el mismo procedimiento del presente estudio encontrando como valor máximo de dureza 4 N. Si bien el hongo *Boletus edulis* tiene una textura muy parecida a la variedad *Suillus luteus*, la diferencia se tiene en la cantidad de humedad, que tiene una relación inversa con la dureza, siendo para el *Boletus edulis* la humedad aproximada de 88 por ciento y para el *Suillus luteus* una humedad aproximadamente de 94, por ende esta última tiene una menor dureza por la alta humedad que contiene.

Asimismo, se puede indicar que la dureza del sombrero del hongo *Suillus luteus* disminuye con el transcurso de los días, ya que se va expandiendo y aumentando su diámetro, iniciando de un hongo con el sombrero compacto (día 8) hasta uno con los poros mucho más abiertos y mayor absorción de humedad (día 11), por ende también disminuye su resistencia al quiebre.

4.1.3. DETERMINACIÓN DEL COLOR

Se realizó el análisis de varianza para el parámetro L* y C* por separado de los resultados obtenidos de medición de color que se muestran en la Tabla 6, en la que se encontró que para el parámetro de luminosidad L* no existe diferencia significativa entre los resultados de los diferentes tratamientos ($p > 0.05$), de la misma manera para el parámetro croma C* no existe diferencia significativa entre los resultados de los tratamientos ($p > 0.05$).

Tabla 6: Resultados del Color por día de cosecha en hongos frescos
Suillus luteus

Tratamiento	Claridad (L*)	Croma (C*)	Valor b*
Día 8	78.35 ± 1.97 ^a	21.730 ± 3.191 ^a	20.607 ± 2.963 ^a
Día 9	78.18 ± 2.73 ^a	22.260 ± 2.005 ^a	20.953 ± 1.871 ^a
Día 10	76.01 ± 3.54 ^a	25.287 ± 3.829 ^a	24.150 ± 3.548 ^a
Día 11	72.32 ± 2.34 ^a	26.014 ± 2.026 ^a	25.003 ± 1.865 ^a

Los resultados muestran para el valor L* una disminución del día 8 (L* = 78.35) hasta el día 11 (L* = 69.66) en el cual se evidencia una leve disminución de la luminosidad en las muestras de hongos por la maduración que van teniendo hasta el día 11. En cuanto al valor C* se observa un aumento del día 8 (C* = 21.73) hasta el día 11 (C* = 26.01), ello coincide con el aumento de la intensidad amarillo del hongo (en base al aumento del valor b*) el cual se incrementa por la maduración que se tiene hasta el día 11. Argyropoulos *et al.* (2011) determinó el color del *Boletus edulis* en estado fresco con el mismo procedimiento del presente estudio encontrando un valor promedio de L* de 90, teniendo en cuenta que la corteza interna de esa variedad de hongo es mucho más clara que el *Suillus luteus* las mediciones tendrían congruencia. De la misma manera ello se puede ver representado en el valor b* (directamente relacionado al valor C*) en el que Argyropoulos *et al.* (2011) indica un valor b* promedio de 9.6 para el *Boletus edulis* y en caso del *Suillus luteus* se tiene en un valor b* promedio de 22 siendo más intenso para el color amarillo, lo cual es una característica diferenciada del hongo *Suillus luteus*.

4.2. ETAPA 2 - CURVAS DE SECADO DE HONGOS

Los hongos frescos cosechados a distintos días (8, 9, 10 y 11) pasaron por un pre-tratamiento de escaldado y fueron secados a una temperatura de 55°C y con una velocidad del aire de 1.5 m/s. En las Tablas 7, 8, 9 y 10 se muestran los datos obtenidos del tiempo (T) y la humedad libre (X_l) de los hongos durante el secado para cada tratamiento (día de cosecha). Es importante mencionar que el agua libre es la diferencia entre el contenido total de agua del sólido y el contenido de agua en el equilibrio. Algunos autores utilizan el término agua ligada para citar el contenido de humedad menor que el contenido de humedad de equilibrio de un sólido a 100 por ciento de humedad relativa y agua no ligada para el contenido de humedad mayor que este valor (McCabe *et al.*, 2007).

Geankoplis (2006) menciona que el factor más importante en los cálculos de secado es probablemente el tiempo requerido para secar un material a partir del contenido inicial de humedad libre X₁ hasta un contenido de humedad X₂. Para el secado en el periodo a velocidad constante, es posible estimar el tiempo necesario mediante las curvas de secado obtenidas con lotes experimentales. Por ello a partir de los datos experimentales obtenidos y mostrados en las Tablas 7, 8, 9 y 10 se pudieron realizar las gráficas de curvas de secado obtenidas para los cuatro tratamientos realizados (hongos cosechados el día 8, 9, 10 y 11). que se muestran en las Figuras 7, 8, 9 y 10, como también se obtuvo las curvas de velocidad de secado que se muestran en los Anexos 3, 4, 5 y 6.

Siendo los hongos *Suillus luteus* de una textura porosa, McCabe *et al.* (2007) mencionan que la difusión de la humedad interna hacia la superficie del lecho o hacía la superficie de las partículas puede limitar la tasa de secado. La humedad fluye a través de los poros de los sólidos por capilaridad y hasta cierto punto por difusión superficial.

Tabla 7: Datos experimentales para calcular la humedad libre de los hongos en el secado de hongos cosechados el día 8

T (min)	Peso (kg)	X _t (Kg agua/Kg s.s.)	X _l (Kg agua/Kg s.s.)
0	0.1518	18.5695	18.3915
4	0.1483	18.1211	17.9431
8	0.1460	17.8316	17.6536
12	0.1438	17.5474	17.3694
16	0.1403	17.0937	16.9157

«continuación»

20	0.1374	16.7184	16.5404
24	0.1346	16.3576	16.1796
28	0.1316	15.9677	15.7897
32	0.1288	15.6033	15.4253
36	0.1257	15.2037	15.0257
40	0.1232	14.8838	14.7058
44	0.1196	14.4204	14.2424
48	0.1160	13.9563	13.7783
52	0.1128	13.5405	13.3625
56	0.1086	13.0092	12.8312
60	0.1062	12.6917	12.5137
64	0.1035	12.3438	12.1658
68	0.1013	12.0673	11.8893
72	0.0965	11.4417	11.2637
76	0.0949	11.2394	11.0614
80	0.0899	10.5875	10.4095
84	0.0880	10.3423	10.1643
88	0.0846	9.9040	9.7260
92	0.0788	9.1625	8.9845
96	0.0769	8.9141	8.7361
100	0.0725	8.3542	8.1762
104	0.0710	8.1566	7.9786
108	0.0689	7.8856	7.7076
112	0.0666	7.5935	7.4155
116	0.0620	6.9987	6.8207
120	0.0597	6.7024	6.5244
124	0.0551	6.0995	5.9215
128	0.0506	5.5275	5.3495
132	0.0484	5.2431	5.0651
136	0.0471	5.0702	4.8922
140	0.0452	4.8254	4.6474
144	0.0430	4.5399	4.3619
148	0.0406	4.2346	4.0566
152	0.0386	3.9793	3.8013
156	0.0350	3.5175	3.3395
160	0.0326	3.2043	3.0263
164	0.0305	2.9378	2.7598
168	0.0278	2.5854	2.4074
172	0.0251	2.2337	2.0557
176	0.0233	2.0065	1.8285
180	0.0205	1.6482	1.4702
184	0.0192	1.4701	1.2921
188	0.0174	1.2434	1.0654
192	0.0154	0.9890	0.8110
196	0.0138	0.7857	0.6077
200	0.0113	0.4603	0.2823
204	0.0091	0.1788	0.0008
208	0.0091	0.1788	0.0008
212	0.0091	0.1788	0.0008

Tabla 8: Datos experimentales para calcular la humedad libre de los hongos en el secado de hongos cosechados el día 9

T (min)	Peso (kg)	Xt (Kg agua/Kg s.s.)	Xl (Kg agua/Kg s.s.)
0	0.1814	11.9199	11.7609
4	0.1806	11.8625	11.7035
8	0.1763	11.5539	11.3949
12	0.1718	11.2358	11.0768
16	0.1683	10.9898	10.8308
20	0.1641	10.6877	10.5287
24	0.1591	10.3314	10.1724
28	0.1567	10.1580	9.9990
32	0.1539	9.9616	9.8026
36	0.1503	9.7084	9.5494
40	0.1450	9.3283	9.1693
44	0.1397	8.9519	8.7929
48	0.1365	8.7213	8.5623
52	0.1340	8.5424	8.3834
56	0.1260	7.9722	7.8132
60	0.1249	7.8987	7.7397
64	0.1194	7.5040	7.3450
68	0.1154	7.2204	7.0614
72	0.1126	7.0208	6.8618
76	0.1084	6.7231	6.5641
80	0.1049	6.4700	6.3110
84	0.1027	6.3119	6.1529
88	0.0964	5.8661	5.7071
92	0.0932	5.6392	5.4802
96	0.0914	5.5078	5.3488
100	0.0841	4.9872	4.8282
104	0.0830	4.9137	4.7547
108	0.0807	4.7473	4.5883
112	0.0764	4.4447	4.2857
116	0.0711	4.0642	3.9052
120	0.0699	3.9764	3.8174
124	0.0646	3.6045	3.4455
128	0.0625	3.4511	3.2921
132	0.0582	3.1487	2.9897
136	0.0545	2.8843	2.7253
140	0.0517	2.6790	2.5200
144	0.0490	2.4885	2.3295
148	0.0460	2.2745	2.1155
152	0.0445	2.1662	2.0072
156	0.0400	1.8514	1.6924
160	0.0364	1.5943	1.4353
164	0.0339	1.4138	1.2548
168	0.0290	1.0669	0.9079
172	0.0276	0.9644	0.8054
176	0.0256	0.8248	0.6658
180	0.0243	0.7277	0.5687

«continuación»

184	0.0225	0.6009	0.4419
188	0.0192	0.3649	0.2059
192	0.0174	0.2374	0.0784
196	0.0163	0.1596	0.0006
200	0.0163	0.1596	0.0006
204	0.0163	0.1596	0.0006

Tabla 9: Datos experimentales para calcular la humedad libre de los hongos en el secado de hongos cosechados el día 10

T (min)	Peso (kg)	Xt (Kg agua/Kg s.s.)	Xl (Kg agua/Kg s.s.)
0	0.1311	9.8342	9.6782
4	0.1273	9.5217	9.3657
8	0.1248	9.3172	9.1612
12	0.1209	8.9946	8.8386
16	0.1179	8.7490	8.5930
20	0.1147	8.4799	8.3239
24	0.1106	8.1392	7.9832
28	0.1080	7.9307	7.7747
32	0.1026	7.4814	7.3254
36	0.0998	7.2524	7.0964
40	0.0961	6.9480	6.7920
44	0.0935	6.7266	6.5706
48	0.0912	6.5423	6.3863
52	0.0873	6.2200	6.0640
56	0.0834	5.8939	5.7379
60	0.0813	5.7237	5.5677
64	0.0785	5.4908	5.3348
68	0.0721	4.9614	4.8054
72	0.0700	4.7850	4.6290
76	0.0679	4.6167	4.4607
80	0.0618	4.1098	3.9538
84	0.0598	3.9429	3.7869
88	0.0561	3.6419	3.4859
92	0.0545	3.5016	3.3456
96	0.0504	3.1650	3.0090
100	0.0466	2.8490	2.6930
104	0.0451	2.7284	2.5724
108	0.0435	2.5950	2.4390
112	0.0376	2.1123	1.9563
116	0.0357	1.9512	1.7952
120	0.0337	1.7898	1.6338
124	0.0304	1.5129	1.3569
128	0.0279	1.3070	1.1510
132	0.0262	1.1625	1.0065
136	0.0235	0.9439	0.7879
140	0.0215	0.7765	0.6205
144	0.0189	0.5635	0.4075

«continuación»

148	0.0155	0.2786	0.1226
152	0.0140	0.1561	0.0001
156	0.0140	0.1561	0.0001
160	0.0140	0.1561	0.0001

Tabla 10: Datos experimentales para calcular la humedad libre de los hongos en el secado de hongos cosechados el día 11

T (min)	Peso (kg)	Xt (Kg agua/Kg s.s.)	Xl (Kg agua/Kg s.s.)
0	0.2128	14.1976	14.0306
4	0.2097	13.9782	13.8112
8	0.2078	13.8410	13.6740
12	0.2022	13.4392	13.2722
16	0.1973	13.0916	12.9246
20	0.1951	12.9336	12.7666
24	0.1870	12.3567	12.1897
28	0.1816	11.9651	11.7981
32	0.1813	11.9471	11.7801
36	0.1766	11.6090	11.4420
40	0.1710	11.2101	11.0431
44	0.1683	11.0156	10.8486
48	0.1651	10.7887	10.6217
52	0.1553	10.0884	9.9214
56	0.1538	9.9821	9.8151
60	0.1508	9.7723	9.6053
64	0.1464	9.4563	9.2893
68	0.1407	9.0466	8.8796
72	0.1376	8.8292	8.6622
76	0.1331	8.5080	8.3410
80	0.1268	8.0560	7.8890
84	0.1249	7.9205	7.7535
88	0.1209	7.6344	7.4674
92	0.1170	7.3574	7.1904
96	0.1125	7.0323	6.8653
100	0.1093	6.8026	6.6356
104	0.1048	6.4827	6.3157
108	0.0979	5.9921	5.8251
112	0.0970	5.9295	5.7625
116	0.0962	5.8711	5.7041
120	0.0879	5.2739	5.1069
124	0.0813	4.8070	4.6400
128	0.0797	4.6915	4.5245
132	0.0791	4.6503	4.4833
136	0.0727	4.1891	4.0221
140	0.0726	4.1878	4.0208
144	0.0684	3.8843	3.7173
148	0.0607	3.3320	3.1650
152	0.0574	3.1017	2.9347

«continuación»

156	0.0556	2.9713	2.8043
160	0.0524	2.7442	2.5772
164	0.0477	2.4064	2.2394
168	0.0451	2.2224	2.0554
172	0.0428	2.0554	1.8884
176	0.0401	1.8639	1.6969
180	0.0381	1.7182	1.5512
184	0.0336	1.4019	1.2349
188	0.0315	1.2493	1.0823
192	0.0288	1.0553	0.8883
196	0.0240	0.7147	0.5477
200	0.0221	0.5816	0.4146
204	0.0213	0.5229	0.3559
208	0.0182	0.3028	0.1358
212	0.0173	0.2324	0.0654
216	0.0166	0.1854	0.0184
220	0.0164	0.1678	0.0008
224	0.0164	0.1678	0.0008
228	0.0164	0.1678	0.0008

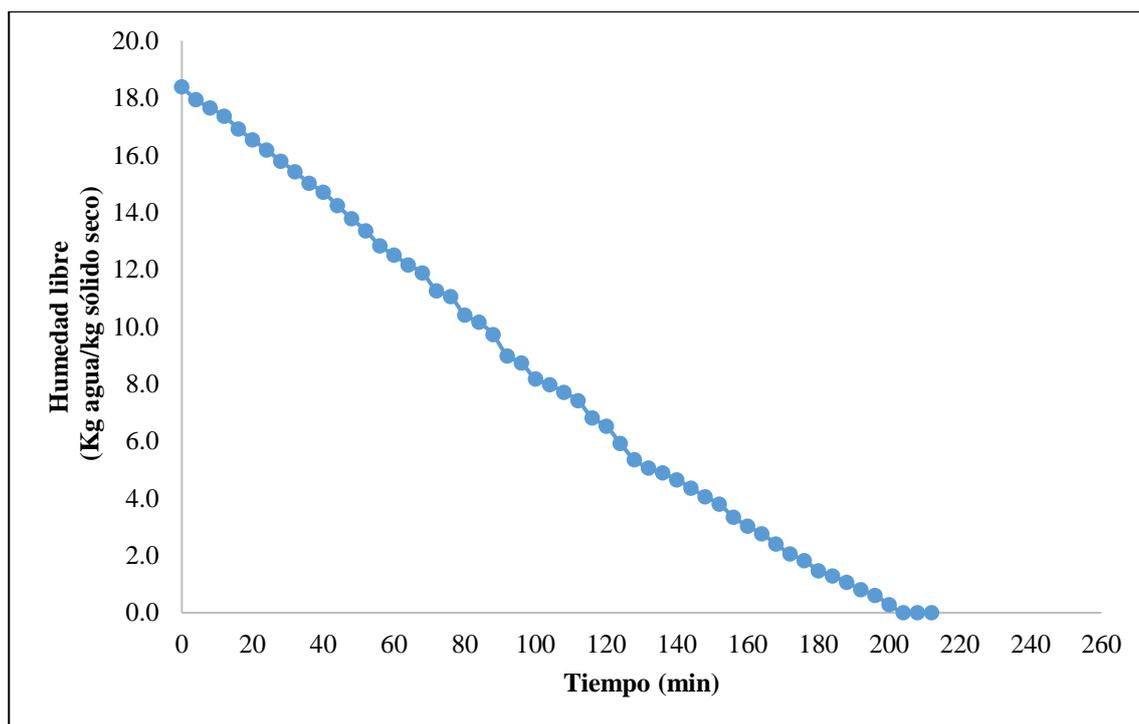


Figura 7: Curva de secado para los hongos cosechados el día 8

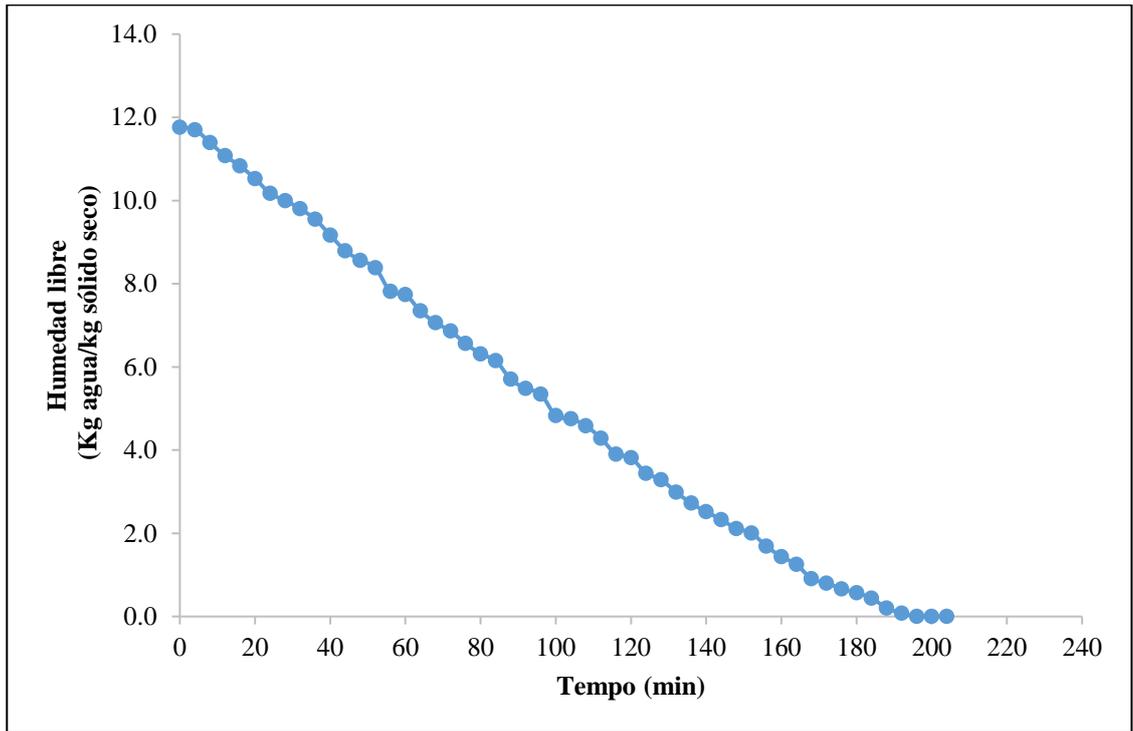


Figura 8: Curva de secado para los hongos cosechados el día 9

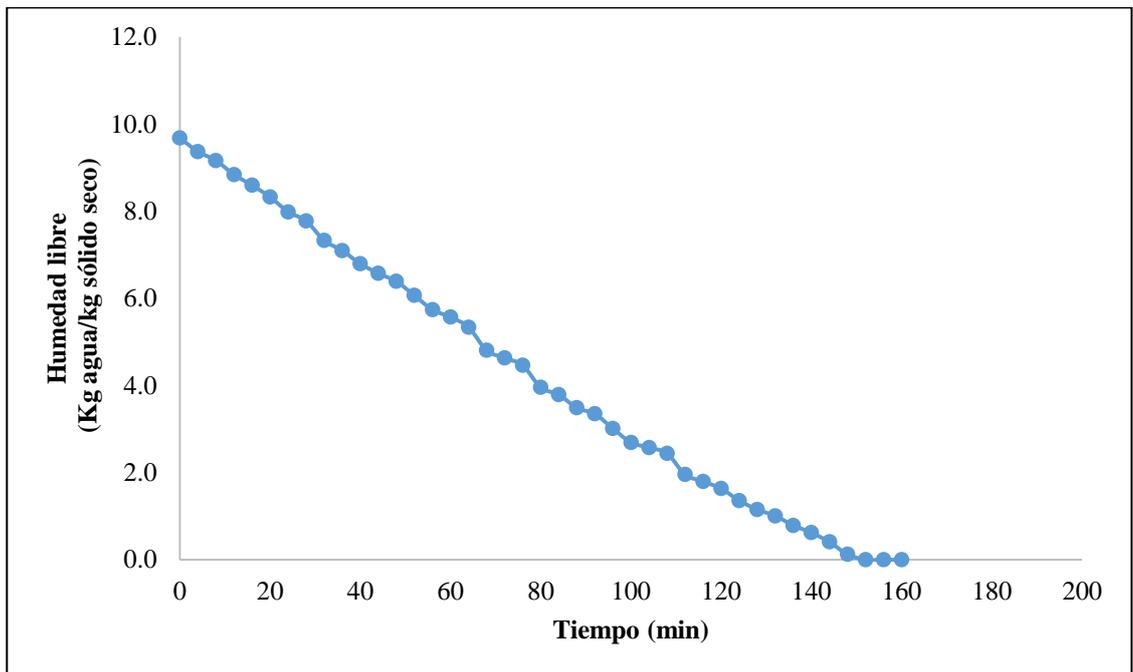


Figura 9: Curva de secado para los hongos cosechados el día 10

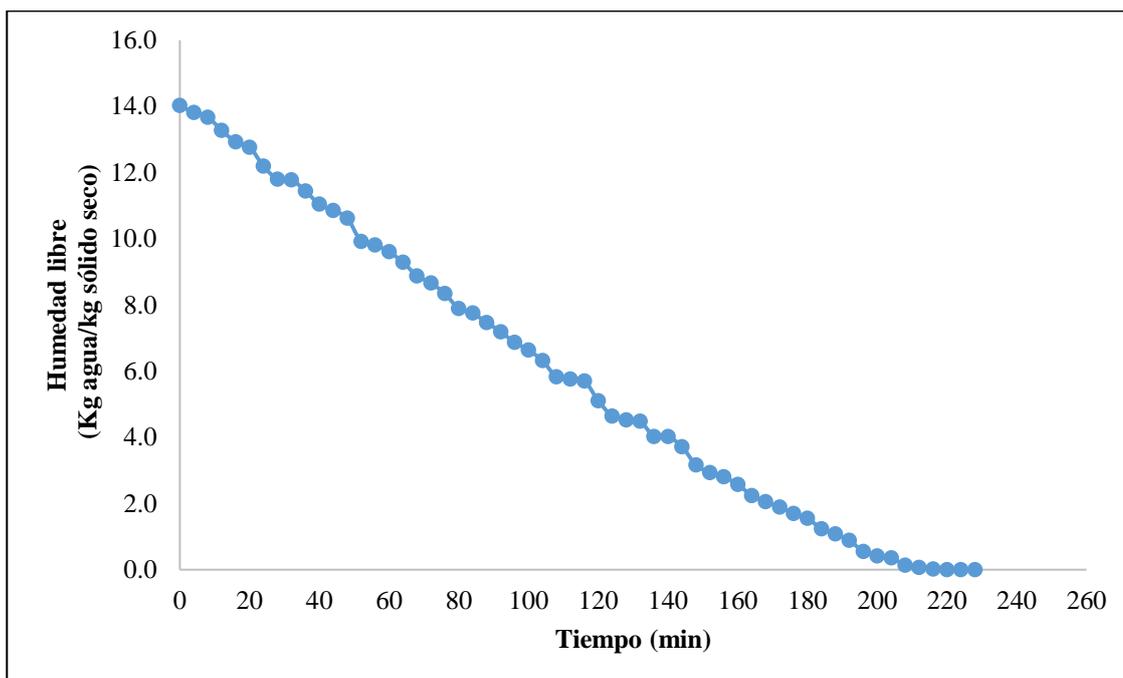


Figura 10: Curva de secado para los hongos cosechados el día 11

De los datos experimentales de secado mostrados en las Tablas 7, 8, 9 y 10 se pudieron obtener la humedad de equilibrio para cada tratamiento, siendo dicho valor la humedad final a la que llegó cada tratamiento según lo que se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11: Humedad final o de equilibrio para los tratamientos de secado de los hongos *Suillus luteus*

Tratamientos	Humedad de Equilibrio	
	(% b.s.)	(% b.h.)
Día 8	17.88	15.16
Día 9	15.96	13.49
Día 10	15.61	13.5
Día 11	16.78	14.39

Los hongos cosechados el día 8 tuvieron una humedad de equilibrio de 0.1788 Kg agua/Kg s.s. siendo mayor que los otros tratamientos y el de menor valor fue el tratamiento del día 10 con una humedad de equilibrio de 0.1561Kg agua/Kg s.s., sin embargo todos se encuentran en promedio en el rango de 15-17 por ciento (base seca). Geankoplis (2006) menciona que los valores de contenido de humedad de equilibrio varían de acuerdo con que una muestra húmeda se seque por desorción o bien una muestra seca adsorba humedad por adsorción, y

para los cálculos de secado, se usa el valor de equilibrio por desorción, puesto que tiene el mayor valor y tiene un interés particular. En la investigación realizada con los hongos los valores obtenidos son en base a la humedad de equilibrio por desorción. De igual manera McCabe *et al.* (2007) indican que cuando un sólido húmedo se pone en contacto con aire de una humedad inferior a la correspondiente al contenido de humedad del sólido, dada por la curva de equilibrio-humedad, el sólido tiende a perder humedad y secarse hasta alcanzar el equilibrio con el aire.

Los hongos *Suillus luteus* tienen la característica de ser porosos y fibrosos en su textura por lo que suelen tener un valor más elevado que otros vegetales o frutas secas, ello es corroborado por McCabe *et al.* (2007) que mencionan que los sólidos porosos, como los catalizadores o los adsorbentes a menudo tienen un contenido apreciable de humedad en equilibrio a una determinada humedad relativa. Además el mismo autor indica que el aire que entra en un secador no suele estar completamente seco, sino que contiene algo de humedad y posee una humedad relativa definida. Para un aire de humedad definida, el contenido de humedad del sólido que sale del secador no puede ser inferior al contenido de humedad de equilibrio correspondiente a la humedad del aire que entra. La porción de agua del sólido húmedo que no puede ser removida por el aire que entra es la que denominamos humedad de equilibrio.

Pérez-Garland (2001) obtuvo una humedad de equilibrio de 10.34 por ciento (b.s.) en el secado de hongos *Suillus luteus* a una temperatura de 55 °C en la que no se realizó un escaldado y el tiempo total de secado fue de 610 minutos. La diferencia con los valores de humedad de equilibrio hallados en la presente investigación es por el proceso de escaldado, ya que hay los hongos son sumergidos en la solución con agua caliente y ello hace variar las características de humedad y consistencia del hongo *Suillus luteus*.

En la Tabla 12 se muestra el contenido de la humedad crítica para cada uno de los tratamientos de secado realizados. Al respecto, McCabe *et al.* (2007) mencionan que el punto en el cual termina el periodo de velocidad constante (aunque la velocidad de secado sea o no en verdad constante) se llama contenido de humedad crítica. A veces es claramente identificable, aunque con más frecuencia esto es un aproximado. Para nuestros resultados fue identificable al observar el punto en que la tendencia lineal de velocidad constante

variaba, ello lo podemos observar en los Anexos 3, 4, 5 y 6 para cada tratamiento.

Tabla 12: Contenido de humedad crítica aproximada de los hongos *Suillus luteus* secados a diferentes tiempos de cosecha

Tratamientos	Humedad crítica
	(Kg agua/Kg sólido seco)
Día 8	4.8628
Día 9	3.7734
Día 10	3.6419
Día 11	3.8843

El mayor valor de contenido de humedad crítica lo obtuvieron los hongos que se cosecharon el día 8 (4.863 Kg agua/Kg s.s.) ello debido a la menor madurez y textura más compacta, a diferencia de lo demás tratamiento que mostraron valores menores de humedad crítica, siendo el menor valor para el tratamiento del día 10 (3.642 Kg agua/Kg s.s.). Al respecto, Colina (2010) indica que la humedad crítica del producto corresponde cuando se ha eliminado prácticamente todo el agua libre y solo le resta el agua débilmente ligada o agua ligada. Es importante, en virtud que establece el final de la etapa de constante y el inicio de la etapa de velocidad decreciente. La humedad crítica de los alimentos depende mucho de factores como la composición química, integridad de los tejidos, variedad, estado de madurez, etc., por lo que debe determinarse experimentalmente para cada caso en particular.

En la Tabla 13 se muestran los tiempos experimentales obtenidos al secar los hongos cosechados a diferentes días, se puede observar que los hongos cosechados el día 11 fueron los que tuvieron el mayor tiempo de secado ($T=220$ minutos), y el que tuvo el menor tiempo es el tratamiento del día 10 ($T=152$ minutos), ello está directamente relacionado a la cantidad inicial de muestra que se secó, ya que el tiempo fue mayor en caso se haya tenido una mayor cantidad a secar. Ya que son hongos cosechados a diferentes días no podemos compararlos entre sí porque cada uno tiene una estructura diferente por la madurez al día de su cosecha, sin embargo todos los tratamientos pasaron un proceso de escaldado (sumergido en agua caliente a 0.5 por ciento de ácido cítrico), en el cual la textura de los hongos se homogenizaron diferenciándose en que los hongos cosechados el día 8 y 9 tuvieron una estructura más concisa después de escaldado que los hongos que se cosecharon los días 10

y 11. Para todos los tratamientos evaluados se encontró el periodo de velocidad constante y el de velocidad decreciente corroborando lo mencionado por Geankoplis (2006), que indica que el secado de diversos sólidos bajo diferentes condiciones constantes de secado casi siempre produce curvas de forma variable en el periodo de velocidad decreciente, pero en general siempre están presentes las dos zonas principales de la curva de velocidad de secado: el periodo de velocidad constante y el periodo de velocidad decreciente.

Tabla 13: Resultados de los tiempos de duración de los periodos de secado para los hongos *Suillus luteus* cosechados a diferentes días

Tratamientos	Tiempo de duración (min)			Humedad Final (% Kg agua/Kg s.s.)
	Periodo de velocidad constante	Periodo de velocidad decreciente	Suma de periodos	
Día 8	138	66	204	17.88
Día 9	122	74	196	15.96
Día 10	88	64	152	15.61
Día 11	144	76	220	16.78

Cabe indicar que dentro del periodo de velocidad constante en el secado de los hongos se encontró al inicio una leve variación, que es denominado por Colina (2010) el periodo de estabilización de las condiciones, es decir, la superficie del sólido se equilibra con el aire de secado y alcanza su temperatura de evaporación. Normalmente esta etapa suele despreciarse en el proceso total, aunque en algunos casos puede ser importante.

En la etapa de velocidad constante lo que se evapora es el agua libre, que se elimina fácilmente, debido a que el movimiento del agua desde el interior del producto hasta la superficie ocurre a la misma velocidad que la de evaporación en la superficie. La deshidratación tiene lugar por el movimiento de vapor de agua, desde la superficie saturada del producto hacia la corriente de aire de secado (Colina, 2010).

Geankoplis (2006) indica que durante el periodo de velocidad constante la superficie del sólido está mojada al principio y sobre ella hay una película de agua continua. Esta capa de agua es agua no combinada y actúa como si el sólido no estuviera presente. La velocidad de evaporación con las condiciones establecidas para el proceso, es independiente del sólido y

esencialmente igual a la velocidad que tendría una superficie líquida libre. Sin embargo, las ondulaciones y hendiduras en la superficie del sólido ayudan a obtener una velocidad más alta de la que tendría una superficie completamente plana. Del mismo modo McCabe *et al.* (2007) indican que la velocidad de secado, para un período considerable, es constante o disminuye ligeramente, este tiempo es conocido como período de velocidad constante, aun cuando la velocidad de secado disminuya algo. Ello se evidenció en nuestras curvas de velocidad de secado, en las que hubieron ligeras variaciones sin salir de lo constante, hasta que se evidenció una disminución significativa que da paso al siguiente periodo decreciente.

Para el periodo de velocidad decreciente McCabe *et al.* (2007) mencionan que la velocidad de secado tal vez disminuya de modo lineal con el tiempo o genere gráficas que son cóncavas hacia arriba y hacia abajo, dependiendo de la naturaleza del sólido y el mecanismo del flujo de la humedad interna. Lo mencionado concuerda con los datos obtenidos al secar los hongos, ya que para todos los tratamientos se tuvieron algunas zonas cóncavas al graficarlas en la curva de velocidad de secado, ello debido a la naturaleza de los hongos que es porosa y fibrosa. Al respecto, Geankoplis (2006) dice que un factor que afecta con frecuencia a la velocidad de secado es la contracción del sólido al eliminarse la humedad. Los sólidos rígidos no se contraen de manera apreciable, pero los materiales coloides y fibrosos, como vegetales y otros productos alimenticios, sí se contraen. El efecto más notable es que se puede desarrollar una capa dura en la superficie del sólido, que resulta impermeable al flujo del líquido o del vapor y disminuye la velocidad de secado.

Pérez-Garland (2001) secó hongos *Suillus luteus* en rodajas a una temperatura de 55 °C y el tiempo total de secado fue de 610 minutos, el tiempo mencionado por el autor es mucho mayor que el realizado en nuestra investigación ya que en nuestro caso se realizó un pre tratamiento de escaldado, modificando con ello la composición y consistencia de los hongos, que permitieron un mejor flujo del agua interno hacia el aire de secado, a diferencia de lo calculado por el autor mencionado en el que se secó el hongo es estado fresco y cortado. Por su parte Talledo (1996) secó hongos *Lentinus edodes* a una temperatura de 60°C con un tratamiento de escaldado y el tiempo total de secado fue de 210 minutos en promedio, lo que se asemeja a lo encontrado en nuestra investigación, cabe indicar que dicho hongo tienen características similares de textura y consistencia que el *Suillus luteus*.

4.2.1. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE AGUA (a_w)

La actividad de agua de los alimentos desempeña una función muy importante en su estabilidad y, por ende, su comportamiento tanto durante el proceso de deshidratación, como durante el almacenamiento del producto deshidratado, ya que muchas reacciones dañinas ocurren de acuerdo con el valor de este factor (Colina, 2010).

En la Tabla 14 se muestran los resultados de actividad de agua de los hongos secos de cada uno de los tratamientos, en el que se observa que el día 8 tiene el valor más alto (0.463) y el día 10 tiene el valor más bajo (0.370). Argyropoulos *et al.* (2011) determinaron una actividad de agua para el hongo *Boletus edulis* de 0.392 a un secado de 60 °C y una a_w de 0.417 a un secado de 50 °C, ambos con un pretratamiento de blanqueado con agua y determinados al final del secado. Dichos resultados son cercanos a los obtenidos para el hongo *Suillus luteus* que en promedio se obtuvo una actividad de agua de 0.41, ello debido a que en ambas investigaciones se realizó un pre-tratamiento de blanqueo, además que ambos tipos de hongos tienen características físicas parecidas en estado fresco (humedad y textura). Se realizó el análisis de varianza (Anexo 7) y se determinó que existen diferencias significativas entre los resultados de actividad de agua de los hongos secos a diferentes días de cosecha ($p < 0.05$).

Tabla 14: Resultados de actividad de agua (a_w) por día de cosecha en hongos secos

Tratamiento	Actividad de agua del hongo seco (a_w)
Día 8	0.463 ± 0.004
Día 9	0.409 ± 0.003
Día 10	0.370 ± 0.002
Día 11	0.397 ± 0.004

Los resultados de actividad de agua de todos los tratamientos se encuentran fuera del rango de proliferación microbiana según lo mencionado por Fennema (2000) al mencionar que debajo de una a_w de 0.6 no hay crecimiento de bacterias, levaduras ni hongos; sin embargo, puede darse la ocurrencia de actividad enzimática y no enzimática. Ello se vio evidenciado en la formación de color marrón de los hongos secos ante la presencia de reacciones no

enzimática (Maillard).

Jaworska *et al.* (2014) secó hongos *Boletus edulis*, que previamente fueron blanqueados, a una temperatura inicial de 40°C por 3 horas y después incrementó gradualmente a una temperatura de 60 °C hasta llegar a un contenido de humedad menor de 10 por ciento (tiempo máximo de 12 horas) y obtuvo para dichos hongos una actividad de agua de 0.298. En este caso se puede resaltar que cuando el hongo es secado a una temperatura menor por un tiempo más largo, la actividad de agua final del hongo puede ser mucho menor; sin embargo, ello puede afectar en otras características fisicoquímicas del alimento. Para los hongos *Suillus luteus* de la presente investigación, el contenido de humedad final promedio (base húmeda) fue de 12 por ciento en un tiempo máximo de 4 horas.

4.3. ETAPA 3 - EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS HONGOS SECOS *Suillus luteus*

Se evaluó la preferencia de cada uno de los tratamientos (hongos secos por día de cosecha) en cuanto a las características de sabor, color, textura y aceptabilidad, dicha evaluación fue aplicada a consumidores finales del producto hongos secos, que usualmente se usan mediante una rehidratación en caliente en el rubro gastronómico, para lograr este objetivo se utilizó la prueba afectiva de preferencia, para la cual se trabajó con 110 panelistas no entrenados (consumidores finales), que es número recomendado por Liria (2007) para la evaluación del producto y procedan al orden en cuanto a su preferencia de acuerdo a la característica señalada (sabor, color, textura, aceptabilidad). En el Anexo 8 se muestra el modelo de la hoja de respuesta entregado a los panelistas. Todos los resultados fueron procesados estadísticamente con la Prueba No paramétrica de Friedman. Los datos obtenidos de los panelistas se trataron bajo la hipótesis planteada en el Anexo 9.

Como se observa en la Tabla 15, para todos los atributos al menos uno de los tratamientos es diferente, por lo que a todos ellos se les realizó la prueba de Comparación Múltiple de Friedman para comparar los tratamientos por pares y evaluar si difieren significativamente. La comparación múltiple de Friedman se realizó bajo las hipótesis indicadas en el Anexo 10.

Tabla 15: Resultados de la Prueba de Friedman para los diferentes atributos

Atributo	GL	Chi-cuadrado	Valor P	Conclusión
Sabor	3	15.37	0.002	Se rechaza Ho
Color	3	68.78	0	Se rechaza Ho
Textura	3	15.65	0.001	Se rechaza Ho
Aceptabilidad	3	35.92	0	Se rechaza Ho

Para la evaluación del sabor se encontró que no hay diferencias entre el tratamiento del día 10 y el día 11, siendo estos los de mayor preferencia. Los que tuvieron menor preferencia fueron los tratamientos del día 8 y día 9. Los datos de la evaluación y los resultados de la comparación múltiple se muestran en el Anexo 11.

En caso del color, se encontró que el tratamiento del día 8 difiere significativamente de los otros tratamientos, siendo el de mayor preferencia para la evaluación. Los tratamientos del día 9 y día 10 tienen una preferencia similar, sin embargo, tienen menor preferencia que el tratamiento del día 8, y el tratamiento del día 11 fue el que obtuvo la menor preferencia de los panelistas. Todas las muestras se oscurecieron hacia un color marrón, a pesar que se aplicó el escaldado usando ácido cítrico, la disminución de la actividad de agua, y el corto tiempo de secado. Al respecto, Tian *et al.* (2015) secaron hongos *Lentinus edodes* con flujo de aire caliente y menciona que el mayor pardeamiento no enzimático se debió a la reacción no enzimática de Maillard, la que se produce entre proteínas o aminoácidos y la reducción de sacáridos durante el calentamiento, produciendo la formación de compuestos de color marrón. En base a lo mencionado, se entiende que la formación de las manchas marrones en los hongos deshidratados *Suillus luteus* fue por la ocurrencia del pardeamiento no enzimático. Los datos de la evaluación y los resultados de la comparación múltiple se muestran en el Anexo 12.

En la evaluación de la textura se encuentra similitud en la preferencia de los tratamientos del 10 y del día 9, siendo ellos los que obtuvieron los mayores puntajes de preferencia. Asimismo, se encontró que los tratamientos del día 11 y 8 no tienen diferencias significativas en cuanto a la preferencia pero obtuvieron los menores puntajes de evaluación. Argyropoulos *et al.* (2011) secó hongos *Boletus edulis* bajo pre tratamientos de escaldado con agua y vapor, y nos indica que en la fase inicial del secado solo se altera la capa superficial del hongo y la estructura interna permanece intacta; a medida que se continua con el secado se forman

grietas y las muestras comienzan a deformarse, dando como resultado un producto final rígido. Más específicamente, durante el proceso de secado, la humedad migra por difusión desde la parte interna de la pieza del hongo a la superficie y lleva consigo componentes solubles en agua, luego la humedad de la superficie se evapora continuamente y los solutos se concentran en la superficie formando una capa dura y seca. Ello podría explicar que los hongos que tuvieron mayor tiempo de secado (mayor rigidez del producto) fueron los que obtuvieron menor preferencia de los consumidores. Los datos de la evaluación y los resultados de la comparación múltiple se muestran en el Anexo 13.

Para la evaluación de la aceptabilidad general, se encontró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos de los días 8 y 9, siendo estos los de mayor preferencia para los panelistas. Los tratamientos de los días 10 y 11 muestran que no tienen diferencias significativas pero fueron los de menor preferencia en la evaluación. Los datos de la evaluación y los resultados de la comparación múltiple se muestran en el Anexo 14.

Al analizar los resultados en conjunto, se observa que para la aceptabilidad general los panelistas evalúan en cuanto a los atributos que ellos más valoran cuando consumen los hongos secos, por lo que se puede indicar que al preferir los hongos secos de los días 8 y 9, existe una tendencia a que los atributos de color y textura sean más valorados que los de sabor puesto que los hongos secos no se consumen directamente, sino son utilizados como un complemento en las diversas preparaciones. Ello se corrobora en la investigación de Pérez-Garland (2001) quien hizo una evaluación sensorial del hongo *Suillus luteus* con 30 panelistas que eran consumidores habituales del hongo mencionado y nos recomienda secar los hongos a una temperatura de 55 °C los hongos en rodajas ya que el color es uno de los atributos más importantes en lo que refiere a hongos comestibles, además que al cortarlo se obtienen tiempos mucho menores de secado.

V. CONCLUSIONES

1. El hongo *Suillus luteus* cosechado el día 8 contiene una humedad de 93.88 por ciento, los del día 9 una humedad de 94.55 por ciento, los del día 10 una humedad de 94.68 por ciento y los cosechados el día 11 contienen 94.63 por ciento, valores que no representan una diferencia significativa ($p>0.05$).
2. La dureza en base a la fuerza de perforación de los hongos frescos *Suillus luteus* disminuyen con el avance de su estado de madurez, siendo los cosechados el día 8 los que presentaron el mayor valor de 2.148N y el menor los cosechados el día 11 con un valor promedio de 1.772N.
3. Se encontró que la claridad expresado en el valor L^* disminuye con el avance de la maduración de los hongos frescos, empezando los cosechados el día 8 con un L^* de 78.35 y disminuyó hasta el L^* de 72.32 para los cosechados el día 11. Ello es inverso en cuanto el valor del C^* o croma en el que aumentó el desde un valor de 21.730 (cosechados el día 8) hasta un valor C^* de 26.014 (cosechados el día 11).
4. Para los cuatro tratamientos de secado (días de cosecha 8, 9, 10 y 11) se observaron la ocurrencia de un periodo de velocidad de secado constante, así como un periodo de velocidad de secado decreciente hasta llegar a la humedad de equilibrio, cuyo valores se encuentran en el rango de 15-17 por ciento (en base seca).
5. El mayor valor de contenido de humedad crítica lo obtuvieron los hongos que se cosecharon el día 8 (4.863 Kg agua/Kg s.s.) ello debido a la menor madurez y textura más compacta, a diferencia de lo demás tratamiento que mostraron valores menores de humedad crítica, siendo el menor valor para el tratamiento del día 10 (3.642 Kg agua/Kg s.s.).

6. En la determinación de la actividad de agua, se obtuvo el valor más alto (0.463) para los hongos secos del tratamiento del día 8 y el valor más bajo (0.370) para el tratamiento del día 10, siendo estos seguros contra el crecimiento de bacterias.

7. Existe una preferencia en cuanto al sabor de los hongos cosechados el día 10 y 11; en caso de la preferencia del color es tratamiento del día 8 fue el que obtuvo la mayor preferencia y el de menor preferencia fue el tratamiento del día 11. En cuanto a la textura se tuvo mayor preferencia por los tratamientos del día 9 y 10; y para la aceptabilidad general los resultados mostraron mayor preferencia para los tratamientos 8 y 9.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar un proceso adicional para reducir el efecto del pardeamiento no enzimático, especialmente en lo que respecta a la reacción de Maillard, para evitar la formación de manchas marrones en los hongos.
- Evaluar otros métodos de secado como la liofilización o secado al vacío para reducir los cambios en las características sensoriales que más valoran los consumidores.
- Incorporar de los hongos secos de mayor preferencia dentro de los insumos para productos de segunda gama y evaluar su aceptabilidad en los consumidores.
- Mejorar la limpieza y poda en los campos de pinos para que la cosecha a mayor escala de los hongos sea de acuerdo a su tiempo de crecimiento o maduración, y se obtengan los resultados mencionado en la presente investigación.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Aida, F.; Shuhaimi, M.; Yazid, M.; Maaruf, A.G. (2009). Mushroom as a potential source of prebiotics: a review. *Trends in Food Science and Technology*. 20, 567-575.
- Anzaldúa–Morales, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza, España: Acribia.
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of the AOAC International*. Washington D.C., USA
- Argyropoulos, D.; Khan, Mt.; Muller, J. (2011). Effect of air temperature and pre-treatment on color changes and texture of dried *Boletus edulis* mushroom. *Drying Technology Journal* (29): 1890-1900.
- Badui, S. (2006). *Química de alimentos*. (4º ed.). México: Pearson Educación de México.
- Barbosa-Canovas, G.; Vega-Mercado, H. (2000). *Deshidratación de alimentos*. Zaragoza, España: Acribia. 297 p.
- Berk, Z. (2013). *Dehydration*. *Food Process Engineering and Technology*. (2th ed.). Academic Press. p. 511-566.
- Bernas, E.; Jaworska, G.; Kmiecik, W. (2006). Storage and processing of edible mushrooms. *Acta Scietarium Polonorum*. 5(2): 5-23.
- Bonau, C.; Dumoulin, E.; Raoult-Wack, A.L.; Berk, Z.; Bimbenet, J.J.; Courtois, F.; Trystram, G.; Vasseur, J. (1996). Food drying and dewatering. *Drying Technology*. 14(9): 2135-2170.

- Breene, W.M. (1990). Nutritional and medicinal value of specialty mushrooms. *Journal of Food Protection*, (53): 883-894.
- Camargo, R.; Fonseca, H.; Graner, M.; Prado Filho, L.; Caruso, F.; Andrade, M.; Nogueira, J.; Cantarelli, P.; Lima, U.; Oliveira, A.; Moreira, L. (1984). *Tecnología de Productos Agropecuarios – Alimentos*. Sao Paulo. 298 p.
- Campos, J.C. y Arregui, A. (2010). *Manual de buenas prácticas y Guía de Setas de Guadalajara*. Castilla La Mancha, España: Diputación de Guadalajara.
- Canchanya, F. (2009). Estudio preliminar para la instalación de una empresa productora de hongos comestibles (*Suillus luteus*). Universidad de Lima, Lima- Perú.
- Casp, A.; Abril, J. (1999). *Procesos de conservación de alimentos*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa, S.A. 580 p.
- Chávez, G.M. y Valdez, A.M. (2014). Efecto de la concentración de cloruro de sodio, porcentaje de ácido cítrico y temperatura de almacenamiento en la vida útil del hongo *Suillus luteus* (Tesis Pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Amazonas, Perú.
- Chung, P. (2005). Hongos micorrízicos comestibles: una alternativa para mejorar la rentabilidad de plantaciones forestales. Recuperado de <https://biblioteca.infor.cl/DataFiles/9085.pdf>
- Colina, M. (2010). *Deshidratación de alimentos*. México: Editorial Trillas.
- Dib Taxi, M. (2001). Jugo de Camu-Camu (*Myrciaria dubia*) microencapsulado a través del secado por atomización. Disertación (Doctorado) Facultad de Ingeniería de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Sao Paulo-Brasil. 166 p.
- Donoso, L. (1989). *Antecedentes Sobre Hongos Comestibles en Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile, sede Regional Temuco. Temuco, Chile. 83 p

- Fabián, V. (2012). Potencialidad de *Suillus luteus* (L. Fries) Gray con fines comerciales en plantaciones de *Pinus radiata* en Jauja (Tesis Pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- FAO. (1998). Principales productos forestales no madereros en Chile, por J. Campos. Santiago.
- FAO. (2005). Los hongos silvestres comestibles. Perspectiva global de su uso e importancia para la población, por Eric Boa. Productos Forestales no Madereros 17. Roma.
- Fennema, O. (2000). Química de alimentos. (2° ed.). Zaragoza, España: Acribia.
- García, M. (1999). Evaluación de la Producción Natural de Hongos Comestibles en el Predio Granja Porcón con el énfasis en la especie “*Suillus luteus*” en Plantaciones de “*Pinus patula*”. (Tesis Pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
- García M.R.; Truttman P.; Guzmán, G.; Hawksworth, D.L.; Franco-Molano, A. (2015). Contribución al conocimiento de los macrohongos en la provincia de Tambopata - Madre de Dios, Perú. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de http://oa.upm.es/39350/1/MISHARI_ROLANDO_GARCIA_ROCA.pdf
- Geankoplis, C. (2006). Procesos de transporte y principios de procesos de separación. México: Continental. 1034 p.
- Gonzales, J. (2010). Evaluación de tratamientos de conservación del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) mediante encurtidos dulces y salados para darle valor agregado. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/39985077/Proyecto-de-investigacion-Hongos-Comestibles>
- Hunter, R. (1975). Scales for the measurement of color difference. In: The Measurements of Appearance. New York-USA: John Wiley. p. 133-140.

- INFOR. (2005). Guía para la producción de hongos silvestres deshidratados. Concepción-Chile: Trama.
- Jaworska, G.; Pogon, K.; Bernas, E.; Skrzypczak, A. (2014). Effect of different drying methods and 24-months storage on water activity, rehydration capacity, and antioxidants in *Boletus edulis* mushrooms. *Dryingtech: An Internacional Journal* 32 (3): 291-300.
- Juárez, M. (1993). Métodos de inactivación enzimática y calidad de champiñones ostra (*Pleurotus ostreatus*) deshidratados por aire caliente. (Tesis Pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Kalac, P. (2009). Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: a review. *Food Chem.* 113, 9-16.
- Kalac, P. (2013). A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. *J. Sci. Food Agri.* 93, 209-218.
- Komanowsky, M; Talley, F.; Eskew, R. (1970). Air drying of cultivated mushrooms. *Food Technology.* Vol. 24 p. 1020-1024. U.S.A.
- Kotwaliwale, N.; Bakane, P.; Verma, A. (2007). Changes in textural and optical properties of oyster mushroom during hot air drying. *Journal of Food Engineering.* 78(4): 1207-1211.
- Lau, O. (1982). Methods of chemical analysis of mushrooms. En S.T. Chang Y T.H. Quimio, Eds. *Tropical Mushrooms. Biological Nature And Cultivation Methods.* Hong Kong, Chinese University Press. p. 87-116.
- Lavy, A. (2016). Utilización de carne de llama (*Lama glama*) y harina de kiwicha (*Amaranthuscaudatus*) en butifarra dulce. (Tesis Pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú

- Lin, T.M.; Durance, T.D.; Scaman, C.H. (1998). Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. *Food Research International*. 31(3), 111-117.
- Liria, M. (2007). Guía para la evaluación sensorial de alimentos. Instituto de Investigación Nutricional. Lima, Perú.
- López, J.; Catucuamba, J. y Mejía, G. (2009). Manual de procesamiento artesanal de hongos comestibles *Suillus luteus*. Recuperado de <https://issuu.com/carlitacegy/docs/manualuno>
- McCabe, W.; Smith, J.; Harriot, P. (2007). Operaciones unitarias en Ingeniería Química. (7° ed.). México: McGraw Hill.
- Mariga, A.M.; Yang, W.J.; Mugambi, D.K.; Pei, F.; Zhao, L.; Shao, Y. (2014). Antiproliferative and immunostimulatory activity of a protein from *Pleurotus eryngii*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 94, 3152-3162.
- Martínez-Soto, G.; Ocaña-Camacho, R.; Paredes-Lopez, O. (2001). Effect of pretreatment and drying on the quality of oyster mushrooms (*Pleurotusostreatus*). *Drying Technology*. 19(3-4), 661-672.
- Mendoza-Fernández, C. (2014). Estrategias para la exportación de hongos comestibles desde Ferreñafe – Lambayeque. *Revista de Ciencias Empresariales de la Universidad San Martín de Porres*. Vol. 5, p. 17-27.
- Mujumdar, A. (2011). Classification and Selection Dryers. *Industrial Transfer Processes* (online). Recuperado de http://serve.me.nus.edu.sg/arun/file/Publications/books/ME5202_2011_Mujumdar.pdf
- Nuñez, C. (1999). Guía de evaluación sensorial para productos alimenticios y bebidas. Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

- Pacioni, G. (1982). Guía de Hongos. Barcelona, España: Grijalbo, S.A.
- Panjikaran, S.T.; Mathew, D. (2013). An environmentally friendly and cost effective technique for the commercial cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus florida*). Journal of the Science of Food and Agriculture. 93, 973-976.
- Paredes, O.; Guevara, F.; Bello, L.A. (2006). Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas. México, D.F., México: Fondo de Cultura Económica.
- Pedrero, D. y Pangborn, R. (1996). Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos Analíticos. México: Imprenta Azteca S.A.
- Perera, C.O. (2005). Selected quality attributes of dried foods. Drying Technology. 23(4): 717-730.
- Pérez-Garland, M.A. (2001). Deshidratación del Hongo Comestible (*Suillus luteus*) por flujo de aire caliente. (Tesis Pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Rebatta, M. (2014). Revalorización de la carne de ovino adulto mediante la elaboración de un cabanossi con inclusión de quinua y machica. (Tesis Maestría). Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 107 p.
- Sedano, Y. (2014). Evaluación de la carga de bandeja y la velocidad del aire sobre el tiempo de deshidratación y aceptabilidad general de hongo comestible *Suillus luteus* A. (Tesis Pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica, Perú.
- Sheu, F.; Chien, P.J.; Wang, H.K.; Chang, H.H.; Shyu, Y.T. (2007). New protein PCiP from edible golden oyster mushroom (*Pleurotus citrinopileatus*) activating murine macrophages and splenocytes. Journal of the Science of Food and Agriculture. 87, 1550-1558.

- Talledo, G. (1999a). Influencia del escaldado, la temperatura de secado y el almacenamiento en la calidad del hongo comestible *Lentinus edodes Berk (Sing)*. (Tesis Pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Talledo, G. (1999b). Procesamiento de hongos comestibles en polvo. Revista Agroenfoque. AÑO XV. N° 109. Lima, Perú.
- Tian, Y.; Zhao, Y.; Huang, J.; Zeng, H.; Zheng, B. (2015). Effects of different drying methods on the product quality and volatile compounds of whole shiitake mushrooms. Food Chemistry 197. 714-722
- Travaglini, D.; Gasparino, J.; Aguirre, G. (1999). Equipos de secado. En: Deshidratación de frutas y hortalizas. Campañas. Instituto de Tecnología de Alimentos. Manual Técnico. 2: 2-29 p.
- Ureña, M. (1999). Evaluación sensorial de los alimentos. Lima, Perú: Fondo Editorial Agraria..
- Villagaray, M. (2010). Evaluación del secado del hongo (*Boletus luteus*) en un secador tipo bandeja (Tesis Pregrado). Universidad del Centro del Perú. Huancayo, Perú.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS HONGOS FRESCOS A DIFERENTES DÍAS DE COSECHA

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	1.2459	0.4153	3.97	0.053
Error	8	0.8366	0.1046		
Total	11	2.0825			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.323381	59.83%	44.76%	9.61%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Día 8	3	93.883	0.376	(93.453, 94.314)
Día 9	3	94.550	0.223	(94.119, 94.981)
Día 10	3	94.677	0.354	(94.246, 95.107)
Día 11	3	94.633	0.319	(94.203, 95.064)

ANEXO 2: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA Y COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TUKEY PARA LOS VALORES DE DUREZA DE LOS HONGOS FRESCOS A DIFERENTES DÍAS DE COSECHA

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	0.24313	0.081042	11.13	0.003
Error	8	0.05823	0.007279		
Total	11	0.30136			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0853171	80.68%	73.43%	56.52%

Medias

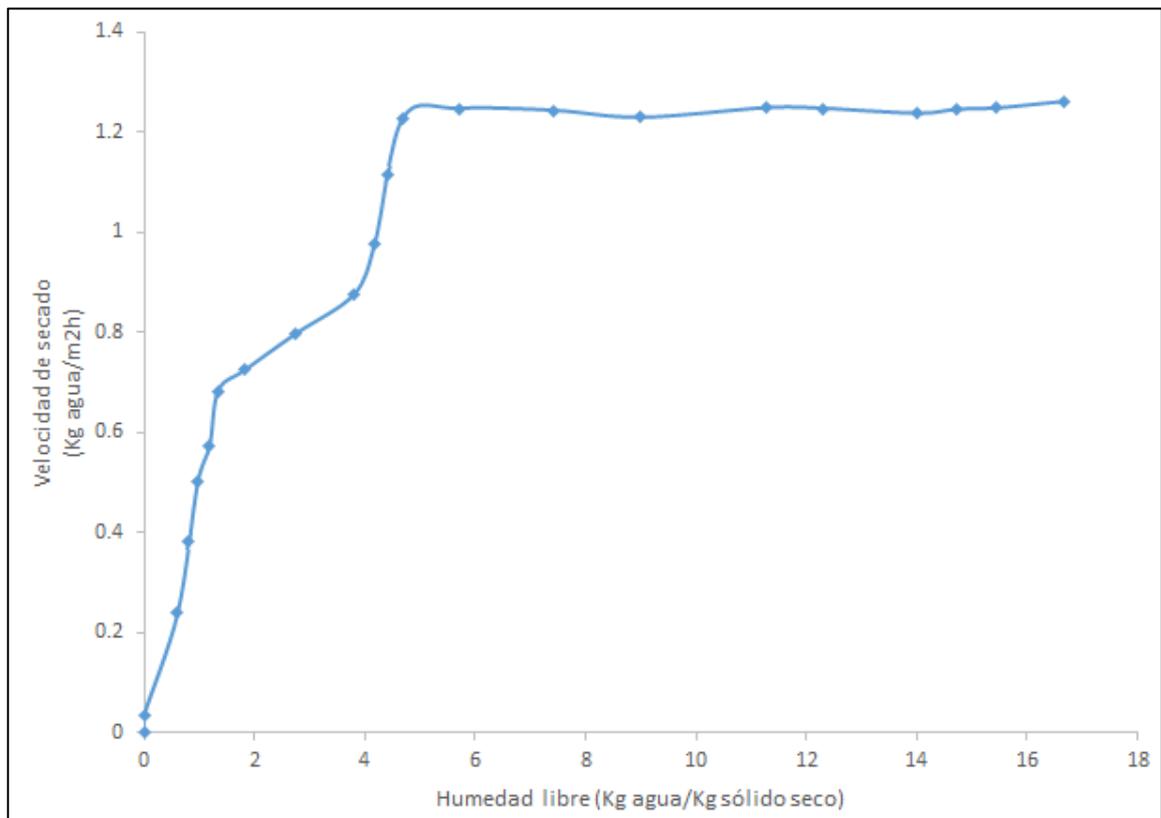
Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Día 8	3	2.1484	0.0888	(2.0348, 2.2620)
Día 9	3	1.9502	0.0819	(1.8366, 2.0638)
Día 10	3	1.8402	0.0826	(1.7267, 1.9538)
Día 11	3	1.7722	0.0878	(1.6586, 1.8858)

Comparaciones en parejas de Tukey

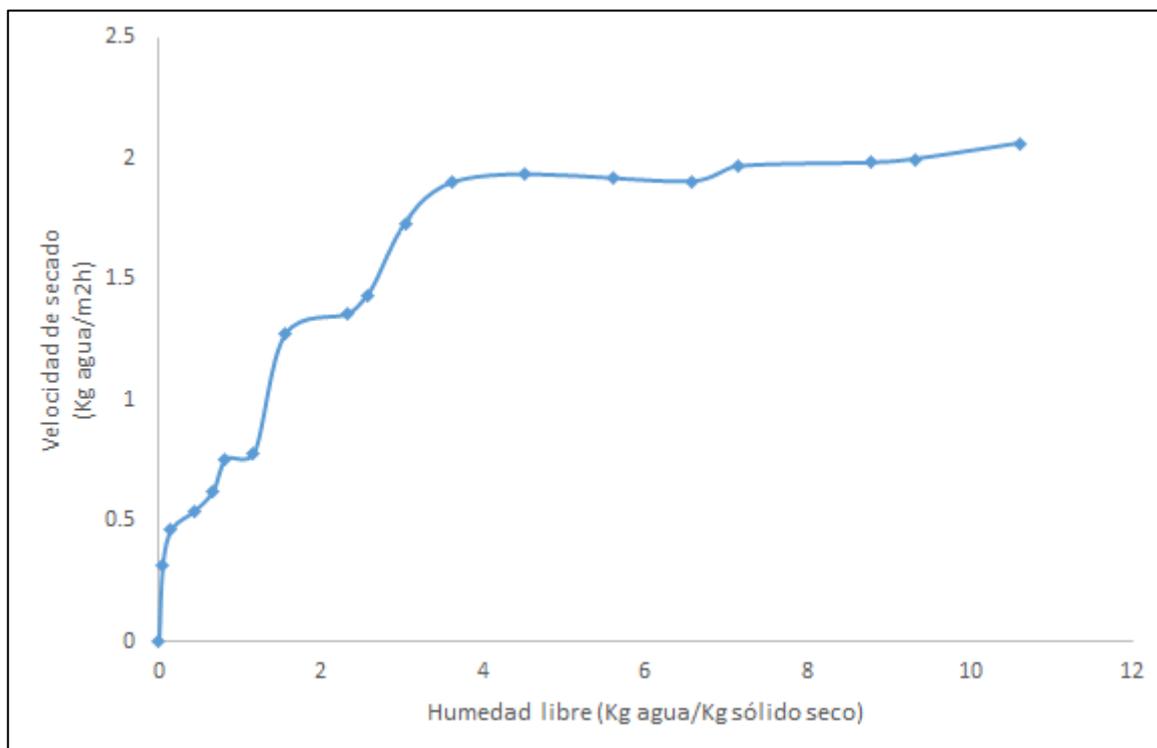
Factor	N	Media	Agrupación
Día 8	3	2.1484	A
Día 9	3	1.9502	A B
Día 10	3	1.8402	B
Día 11	3	1.7722	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

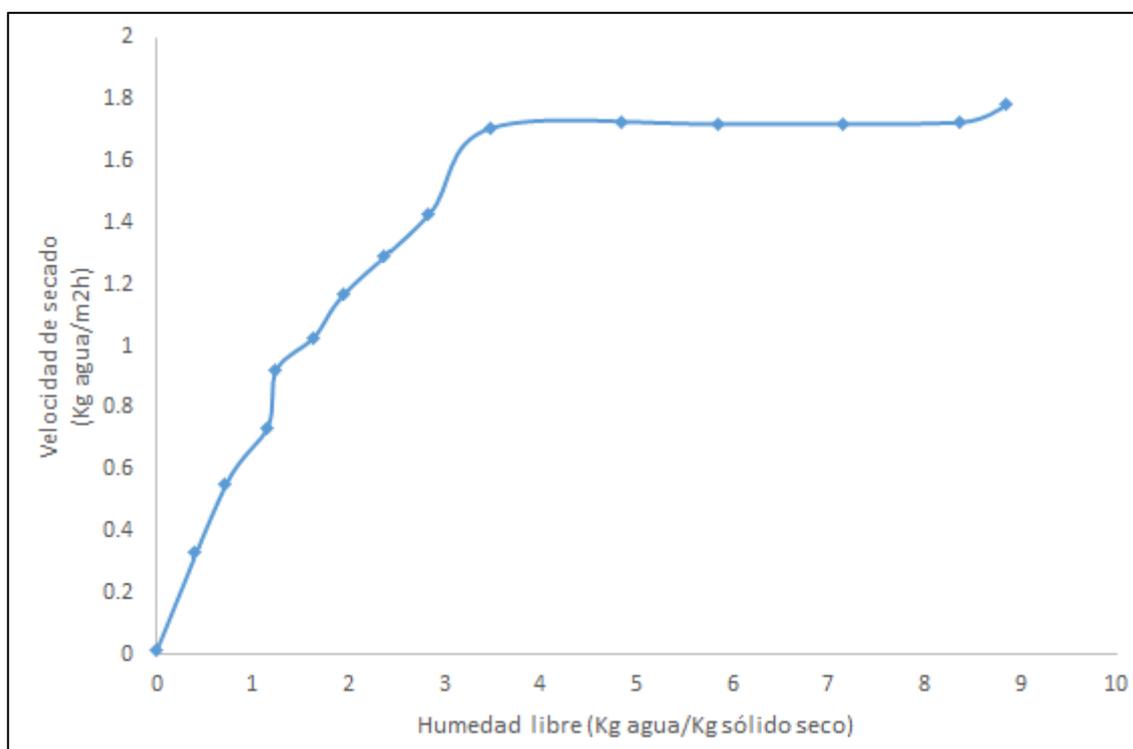
ANEXO 3: CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO VS HUMEDAD LIBRE PARA LOS HONGOS COSECHADOS EL DÍA 8



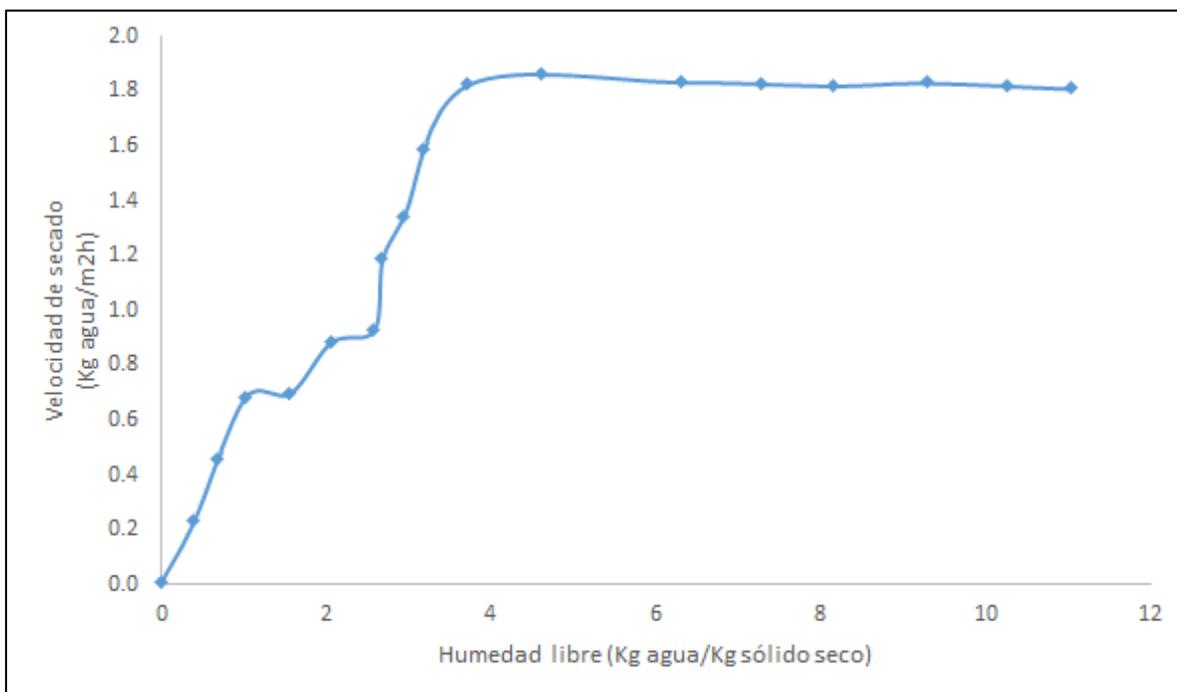
ANEXO 4: CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO VS HUMEDAD LIBRE PARA LOS HONGOS COSECHADOS EL DÍA 9



ANEXO 5: CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO VS HUMEDAD LIBRE PARA LOS HONGOS COSECHADOS EL DÍA 10



ANEXO 6: CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO VS HUMEDAD LIBRE PARA LOS HONGOS COSECHADOS EL DÍA 11



ANEXO 7: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA Y COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TUKEY PARA LOS VALORES DE ACTIVIDAD DE AGUA DE LOS HONGOS SECOS A DIFERENTES DÍAS DE COSECHA

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	0.013641	0.004547	446.52	0.000
Error	8	0.000081	0.000010		
Total	11	0.013723			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0031911	99.41%	99.18%	98.66%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Día 8	3	0.46260	0.00361	(0.45835, 0.46685)
Día 9	3	0.40920	0.00254	(0.40495, 0.41345)
Día 10	3	0.36977	0.00186	(0.36552, 0.37402)
Día 11	3	0.39730	0.00422	(0.39305, 0.40155)

Comparaciones en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
Día 8	3	0.46260	A
Día 9	3	0.40920	B
Día 11	3	0.39730	C
Día 10	3	0.36977	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO 8: FORMATO DE EVALUACIÓN DE LOS HONGOS PROPORCIONADO A CONSUMIDORES

Nº:

FORMATO DE EVALUACIÓN

PRUEBA DE PREFERENCIA

NOMBRES Y APELLIDOS: _____	FECHA: ___/___/___
	HORA: _____

1. INDICACIONES:

Evalúe las muestras, en el orden indicado, y ordénelas de acuerdo a su preferencia en cuanto a la característica mencionada (color, textura, sabor y aceptabilidad), colocando en primer lugar (1) la que prefiera más hasta llegar al último lugar (4) donde colocará la que prefiera menos.

Producto: Hongo deshidratado comestible (*Suillus luteus*)

	ORDEN DE PREFERENCIA			
	EN CUANTO AL COLOR	EN CUANTO A LA TEXTURA	EN CUANTO AL SABOR	EN CUANTO A LA ACEPTABILIDAD GENERAL
347				
185				
256				
721				

2. OBSERVACIONES:

¡Muchas gracias por su participación!

ANEXO 9: HIPÓTESIS PLANTEADA PARA EVALUAR LOS DATOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL POR ATRIBUTO

Ho: Los hongos deshidratados a diferentes tiempos de cosecha tienen igual preferencia en cuanto a un atributo determinada (sabor, color, textura, aceptabilidad).

Ha: Al menos uno de los tratamientos de los hongos deshidratados es diferente a los otros en cuanto a un atributo determinada (sabor, color, textura, aceptabilidad).

Nivel de significancia: $\alpha=0.05$

Numero de bloques o panelistas (n): 110

Numero de tratamientos (k)= 4

ANEXO 10: HIPÓTESIS PLANTEADA PARA REALIZAR LA COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE FRIEDMAN

Ho: El sabor/color/textura/aceptabilidad del hongo seco que se cosechó el día 8 es similar al que se cosechó el día 10.

Ha: El sabor/color/textura/aceptabilidad del hongo seco que se cosechó el día 8 no es similar al que se cosechó el día 9.

Ho: El sabor/color/textura/aceptabilidad del hongo seco que se cosechó el día 8 es similar al que se cosechó el día 10.

Ha: El sabor/color/textura/aceptabilidad del hongo seco que se cosechó el día 8 no es similar al que se cosechó el día 10.

Ho: El sabor/color/textura/aceptabilidad del hongo seco que se cosechó el día 8 es similar al que se cosechó el día 11.

Ha: El sabor/color/textura/aceptabilidad del hongo seco que se cosechó el día 8 no es similar al que se cosechó el día 11.

Ho: El sabor/color/textura/aceptabilidad del hongo seco que se cosechó el día 9 es similar al que se cosechó el día 10.

Ha: El sabor/color/textura/aceptabilidad del hongo seco que se cosechó el día 9 no es similar al que se cosechó el día 10.

Ho: El sabor/color/textura/aceptabilidad del hongo seco que se cosechó el día 10 es similar al que se cosechó el día 11.

Ha: El sabor/color/textura/aceptabilidad del hongo seco que se cosechó el día 10 no es similar al que se cosechó el día 11.

Nivel de significancia: $\alpha=0.05$

Numero de bloques o panelistas (n): 110

Numero de tratamientos (k)= 4

ANEXO 11: DATOS DE LA EVALUACIÓN DE PREFERENCIA DE SABOR Y RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE LOS HONGOS SECOS A DIFERENTES DÍAS DE COSECHA

Panelista	Evaluación del sabor			
	Muestras			
	651	480	533	768
1	4	2	3	1
2	2	1	4	3
3	3	4	2	1
4	2	1	4	3
5	1	3	4	2
6	1	2	3	4
7	2	1	4	3
8	4	2	1	3
9	2	1	4	3
10	1	2	3	4
11	3	4	1	2
12	4	2	3	1
13	2	1	4	3
14	3	4	2	1
15	3	4	2	1
16	3	4	1	2
17	2	1	4	3
18	1	3	4	2
19	1	2	3	4
20	2	1	4	3
21	4	2	1	3
22	2	1	4	3
23	1	2	3	4
24	4	2	3	1
25	2	1	4	3
26	3	4	2	1
27	3	4	2	1
28	2	1	4	3
29	1	3	4	2
30	2	1	4	3
31	4	2	1	3
32	2	1	4	3
33	1	2	3	4
34	3	4	1	2
35	2	1	3	4
36	2	1	4	3
37	1	3	4	2
38	3	4	1	2
39	2	1	3	4
40	2	1	4	3
41	4	2	1	3
42	2	1	4	3
43	1	2	3	4
44	3	4	1	2
45	2	1	3	4
46	2	1	4	3
47	3	4	2	1
48	1	2	3	4
49	2	1	4	3
50	4	2	1	3

«continuación»

51	2	1	4	3
52	1	2	3	4
53	4	2	3	1
54	2	1	4	3
55	3	4	2	1
56	2	1	4	3
57	3	4	2	1
58	3	4	1	2
59	2	1	3	4
60	4	2	3	1
61	2	1	4	3
62	3	4	2	1
63	4	2	1	3
64	2	1	4	3
65	3	4	2	1
66	3	4	1	2
67	2	1	3	4
68	1	3	4	2
69	3	4	1	2
70	2	1	3	4
71	2	1	4	3
72	4	2	1	3
73	3	4	2	1
74	3	4	1	2
75	4	2	3	1
76	2	1	4	3
77	3	4	2	1
78	2	1	4	3
79	4	2	1	3
80	2	1	4	3
81	3	4	2	1
82	3	4	1	2
83	2	1	4	3
84	4	2	1	3
85	2	1	4	3
86	1	2	3	4
87	4	2	3	1
88	2	1	4	3
89	3	4	2	1
90	2	1	4	3
91	1	3	4	2
92	3	4	1	2
93	2	1	3	4
94	1	2	3	4
95	2	1	4	3
96	4	2	1	3
97	2	1	4	3
98	1	2	3	4
99	4	2	3	1
100	2	1	4	3
101	3	4	2	1
102	2	1	4	3
103	3	4	2	1
104	3	4	1	2
105	2	1	3	4
106	2	1	4	3
107	4	2	1	3
108	2	1	4	3
109	1	2	3	4

«continuación»

110	2	1	3	4
Total	268	237	310	285

A =	3300
B =	2775.62
ALS =	36.81

Comparación múltiple:

	Ri-Rj	ALS	Sig
R1-R2	31	36.81	ns
R1-R3	42	36.81	*
R1-R4	17	36.81	ns
R2-R3	73	36.81	*
R2-R4	48	36.81	*
R3-R4	25	36.81	ns

Agrupación:

Factor	Suma de rangos	Grupos
Día 10	310	A
Día 11	285	AB
Día 8	268	BC
Día 9	237	C

ANEXO 12: DATOS DE LA EVALUACIÓN DE PREFERENCIA DE COLOR Y RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE LOS HONGOS SECOS A DIFERENTES DÍAS DE COSECHA

Evaluación del color				
Panelista	Muestras			
	651	480	533	768
1	3	4	2	1
2	3	4	1	2
3	4	3	2	1
4	2	3	4	1
5	4	2	3	1
6	4	2	1	3
7	3	4	1	2
8	2	4	1	3
9	4	3	1	2
10	3	1	4	2
11	2	1	4	3
12	4	2	3	1
13	4	2	3	1
14	3	4	2	1
15	3	4	1	2
16	4	2	1	3
17	3	4	1	2
18	2	4	1	3
19	3	1	4	2
20	2	1	4	3
21	2	3	4	1
22	4	2	3	1
23	4	2	1	3
24	3	4	1	2
25	2	4	1	3
26	3	4	1	2
27	4	3	2	1
28	4	3	2	1
29	2	3	4	1
30	4	2	3	1
31	3	1	4	2
32	2	1	4	3
33	3	4	2	1
34	3	4	1	2
35	4	3	2	1
36	4	3	2	1
37	2	3	4	1
38	3	4	1	2
39	2	4	1	3
40	4	3	2	1
41	2	3	4	1
42	4	2	3	1

«continuación»

43	4	3	1	2
44	3	1	4	2
45	2	1	4	3
46	3	4	2	1
47	3	4	1	2
48	4	3	2	1
49	3	4	1	2
50	4	3	2	1
51	2	3	4	1
52	4	2	3	1
53	4	3	2	1
54	2	3	4	1
55	4	3	1	2
56	3	1	4	2
57	2	1	4	3
58	4	3	2	1
59	2	3	4	1
60	4	2	1	3
61	3	4	1	2
62	4	3	1	2
63	3	1	4	2
64	2	1	4	3
65	3	4	1	2
66	4	3	2	1
67	2	3	4	1
68	4	2	1	3
69	3	4	1	2
70	2	4	1	3
71	3	4	2	1
72	3	4	1	2
73	4	3	2	1
74	4	2	1	3
75	3	4	1	2
76	2	4	1	3
77	3	1	4	2
78	2	1	4	3
79	2	3	4	1
80	4	2	3	1
81	3	4	2	1
82	3	4	1	2
83	4	3	2	1
84	4	3	2	1
85	2	3	4	1
86	4	3	1	2
87	3	1	4	2
88	4	3	2	1
89	2	3	4	1
90	4	2	3	1
91	3	1	4	2

«continuación»

92	2	1	4	3
93	3	4	1	2
94	4	3	2	1
95	2	3	4	1
96	4	3	2	1
97	2	3	4	1
98	4	2	3	1
99	3	4	1	2
100	4	3	2	1
101	3	1	4	2
102	2	1	4	3
103	3	1	4	2
104	2	1	4	3
105	4	3	2	1
106	2	3	4	1
107	4	2	3	1
108	3	4	1	2
109	4	3	2	1
110	4	2	3	1
Total	342	301	268	189

A =	3300
B =	2864.64
ALS =	33.54

Comparación múltiple:

	Ri-Rj	ALS	Sig
R1-R2	41	33.54	*
R1-R3	74	33.54	*
R1-R4	153	33.54	*
R2-R3	33	33.54	ns
R2-R4	112	33.54	*
R3-R4	79	33.54	*

Agrupación:

Factor	Suma de rangos	Grupos
Día 8	342	A
Día 9	301	B
Día 10	268	B
Día 11	189	C

ANEXO 13: DATOS DE LA EVALUACIÓN DE PREFERENCIA DE TEXTURA Y RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE LOS HONGOS SECOS A DIFERENTES DÍAS DE COSECHA

Evaluación de la textura				
Panelista	Muestras			
	651	480	533	768
1	2	3	4	1
2	1	4	2	3
3	3	4	2	1
4	1	3	4	2
5	3	4	2	1
6	1	4	2	3
7	4	1	3	2
8	3	1	2	4
9	2	4	1	3
10	1	2	3	4
11	4	3	1	2
12	2	4	3	1
13	1	4	2	3
14	4	3	2	1
15	2	1	3	4
16	3	2	4	1
17	1	2	4	3
18	1	4	2	3
19	4	3	2	1
20	2	1	3	4
21	1	4	2	3
22	3	4	2	1
23	1	3	4	2
24	3	4	2	1
25	1	4	2	3
26	4	3	2	1
27	2	1	3	4
28	4	3	1	2
29	2	4	3	1
30	3	2	4	1
31	1	2	4	3
32	1	4	2	3
33	4	3	2	1
34	2	1	3	4
35	1	4	2	3
36	3	4	2	1
37	1	3	4	2
38	3	4	2	1
39	3	2	4	1
40	1	2	4	3
41	3	2	4	1
42	1	2	4	3
43	4	3	2	1

«continuación»

44	2	1	3	4
45	2	4	1	3
46	1	2	3	4
47	4	3	1	2
48	2	4	3	1
49	3	2	4	1
50	1	2	4	3
51	1	3	4	2
52	3	4	2	1
53	3	2	4	1
54	1	2	4	3
55	4	3	2	1
56	2	1	3	4
57	1	3	4	2
58	3	4	2	1
59	1	4	2	3
60	4	1	3	2
61	3	1	2	4
62	1	4	2	3
63	3	4	2	1
64	1	3	4	2
65	3	2	4	1
66	1	2	4	3
67	1	2	3	4
68	4	3	1	2
69	2	4	3	1
70	1	4	2	3
71	3	4	2	1
72	1	3	4	2
73	3	4	2	1
74	3	2	4	1
75	1	2	4	3
76	4	1	3	2
77	3	1	2	4
78	1	4	2	3
79	4	3	2	1
80	2	1	3	4
81	4	3	1	2
82	2	4	3	1
83	1	3	4	2
84	3	2	4	1
85	1	2	4	3
86	4	1	3	2
87	3	1	2	4
88	1	4	2	3
89	3	4	2	1
90	1	3	4	2
91	3	4	2	1
92	4	3	1	2
93	3	2	4	1
94	1	2	4	3

«continuación»

95	4	3	2	1
96	2	1	3	4
97	1	3	4	2
98	3	4	2	1
99	1	3	4	2
100	3	2	4	1
101	1	2	4	3
102	4	1	3	2
103	3	1	2	4
104	1	4	2	3
105	4	3	2	1
106	2	1	3	4
107	4	3	1	2
108	1	4	2	3
109	4	3	2	1
110	2	1	3	4
Total	254	301	302	243

A =	3300
B =	2776.09
ALS =	36.80

Comparación múltiple:

	Ri-Rj	ALS	Sig
R1-R2	47	36.80	*
R1-R3	48	36.80	*
R1-R4	11	36.80	ns
R2-R3	1	36.80	ns
R2-R4	58	36.80	*
R3-R4	59	36.80	*

Agrupación:

Factor	Suma de rangos	Grupos
Día 10	302	A
Día 9	301	A
Día 8	254	B
Día 11	243	B

ANEXO 14: DATOS DE LA EVALUACIÓN DE ACEPTABILIDAD GENERAL Y RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE LOS HONGOS SECOS A DIFERENTES DÍAS DE COSECHA

Evaluación de la aceptabilidad general				
Panelista	Muestras			
	651	480	533	768
1	4	3	2	1
2	2	4	3	1
3	4	3	1	2
4	3	1	2	4
5	2	1	4	3
6	4	3	2	1
7	2	3	1	4
8	4	2	1	3
9	3	4	1	2
10	4	3	1	2
11	3	1	4	2
12	2	1	4	3
13	3	4	1	2
14	4	3	1	2
15	2	3	4	1
16	4	2	1	3
17	3	1	2	4
18	2	1	4	3
19	2	4	3	1
20	4	3	2	1
21	2	4	3	1
22	4	3	1	2
23	3	1	2	4
24	2	1	4	3
25	4	3	2	1
26	2	3	1	4
27	4	3	1	2
28	3	1	2	4
29	2	1	4	3
30	4	3	2	1
31	2	3	1	4
32	4	2	1	3
33	3	4	2	1
34	4	3	1	2
35	3	1	2	4
36	2	1	4	3
37	2	4	3	1
38	4	3	1	2
39	4	3	2	1
40	2	4	3	1
41	3	1	2	4
42	2	1	4	3
43	4	3	2	1

«continuación»

44	2	3	1	4
45	2	3	4	1
46	4	3	1	2
47	3	1	2	4
48	2	1	4	3
49	4	3	2	1
50	2	3	1	4
51	3	4	2	1
52	3	4	2	1
53	4	3	1	2
54	3	1	2	4
55	2	1	4	3
56	4	3	2	1
57	2	3	1	4
58	4	3	2	1
59	2	4	3	1
60	4	3	1	2
61	3	4	1	2
62	4	3	2	1
63	2	4	3	1
64	2	3	4	1
65	4	3	1	2
66	3	1	2	4
67	2	1	4	3
68	4	3	2	1
69	2	3	1	4
70	4	2	1	3
71	3	4	2	1
72	3	4	2	1
73	2	3	4	1
74	4	3	1	2
75	3	4	1	2
76	2	4	3	1
77	3	4	2	1
78	3	4	2	1
79	2	3	4	1
80	4	3	1	2
81	4	3	2	1
82	2	3	1	4
83	2	3	4	1
84	4	3	1	2
85	3	1	2	4
86	2	1	4	3
87	4	3	2	1
88	2	3	1	4
89	4	2	1	3
90	3	4	1	2
91	2	3	4	1
92	4	3	1	2
93	2	4	3	1
94	4	3	2	1

«continuación»

95	2	4	3	1
96	4	3	1	2
97	3	1	2	4
98	2	1	4	3
99	4	3	2	1
100	2	3	1	4
101	3	4	1	2
102	3	4	1	2
103	4	3	1	2
104	3	1	2	4
105	2	1	4	3
106	4	3	2	1
107	2	3	1	4
108	4	2	1	3
109	3	4	1	2
110	4	3	1	2
Total	330	297	229	244

A =	3300
B =	2809.87
ALS =	35.59

Comparación múltiple:

	Ri-Rj	ALS	Sig
R1-R2	33	35.59	ns
R1-R3	101	35.59	*
R1-R4	86	35.59	*
R2-R3	68	35.59	*
R2-R4	53	35.59	*
R3-R4	15	35.59	ns

Agrupación:

Factor	Suma de rangos	Grupos
Día 8	330	A
Día 9	297	A
Día 11	244	B
Día 10	229	B