

# TRUFF-PACK

Desarrollo de un Packaging activo para proteger las propiedades organolépticas y la integridad física del hongo *Tuber Melanosporum* (Trufa Negra)







**fau**

UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

---

**Memoria para optar al  
Título de Diseñadora  
Industrial**

---

**Alumna**

**María Jesús Garfias González**

**Profesor guía**

**Pablo Domínguez González**

---

**Packaging activo para el  
hongo Tuber Melanosporum  
(Trufa Negra)**

---

**Santiago, septiembre 2017**





---

Mis agradecimientos a la Agrupación de Truficultores chilenos, a la Universidad de Zaragoza por facilitar y compartir información de sus investigaciones y, en especial, a cada una de las personas que ayudó a que este proyecto viera la luz.

---





## Abstract

TRUFF-PACK es un packaging que permite proteger y alargar el estado de frescor en la Trufa Negra, logrando extender la vida de sus propiedades organolépticas, las cuales son muy apetecidas en el mercado gastronómico. Gracias a esto, TRUFF-PACK, prolonga los tiempos de transporte de este delicado hongo, permitiendo abrir el mercado del cultivo de la trufa negra a la exportación a países europeos, siendo estos los de mayores niveles de transacción del preciado "Diamante Negro" de la gastronomía y a su vez quienes se encuentran en contra temporada de cosecha. Es decir, se aprovecharía la comercialización del producto en temporada de escasa competencia, en un mercado donde es sumamente valorado.

El presente proyecto, desarrolla los requerimientos, necesidades y cuidados que presenta este hongo para lograr mantener al máximo sus propiedades organolépticas y su estado de frescor, para ser vendido.



# Índice

<b>Introducción</b>	<b>11</b>
- Contexto	13
- Problema	15
- Justificación	16
- Objetivos	19
- Alcances	20
- Metodología	21
<b>Marco Teórico</b>	<b>23</b>
- La Trufa Negra	25
- Características y requisitos de cultivo, y mantención	33
- Requerimientos básicos de mantención del hongo en los momentos previos de su exportación según medio de transporte	37
- Requerimientos Higiénico Sanitarios	39
- Mantención de las Trufas	41
- Almacenamiento para la conservación de la trufa ya procesada	46
<b>Marco Referencial</b>	<b>47</b>
- Casos de referencia en el mercado de la Trufa negra en Chile	49
- El Rol del Diseño en el packaging	51
- Tipología de packaging en la exportación de hongos	55
- Referentes de Packagings en alimentos y otros objetos.	59
<b>Análisis Sistémico</b>	<b>65</b>
- Procesos y gestos involucrados	67
- Gestos involucrados	70

<b>Planteamiento del Proyecto</b>	<b>73</b>
- Oportunidad de Diseño	75
- Propuesta conceptual	76
- Requerimientos de Diseño	77
- Hipótesis	78
<b>Desarrollo Formal</b>	<b>79</b>
- Génesis Formal	81
- Prototipo y evaluación de formas	97
- Desarrollo formal Icosidodecaedro.	99
- Desarrollo Formal Malla	109
- Integración de prototipos físicos integrales	124
- Elección de materialidad	126
- Estudio de colores	129
<b>Validación</b>	<b>133</b>
- Temperatura y Humedad - Elección de Hielo Gel	135
- Pruebas con hongo similar	142
<b>Propuesta Final</b>	<b>145</b>
- TRUFF-PACK	147
- Modo de uso	149
- Transporte y apilabilidad	151
- Beneficios	153
- Costos de producción	154
- Proyecciones	156

<b>Conclusiones</b>	<b>157</b>
<b>Bibliografía y Anexos</b>	<b>161</b>
- Bibliografía	163
- Anexo 1	167
Extracto Ficha de Valorización de Resultados: Cultivo de la trufa en Chile. Facilitado por la FIA	167
- Anexo 2	169
Entrevista a Asociación Truficultores de Chile	169
- Anexo 3	170
Estudio Carmen Susana Rivera, Domingo Blanco, María Luisa Salvador, y María Eugenia Venturini	170
Shelf-Life Extension of Fresh <i>Tuber aestivum</i> and <i>Tuber melanosporum</i> Truffles by Modified Atmosphere Packaging with Microperforated Films	







# Introducción

---





## Contexto

La trufa Negra es un hongo de mucho valor en la gastronomía internacional, con una tasación aproximada de \$110 Euros por 100 gramos (\$82.500.- pesos chilenos aprox.) en estado fresco. (www.trufas.net 2017)

Desde el año 2009 se está intentando potenciar el desarrollo de la truficultura en Chile, ya que poseemos los suelos adecuados y el clima apto para su fructificación. El clima ideal para su cultivo debe presentar la alternancia de estaciones típicas de climas mediterráneos para que se estimulen las diferentes etapas del ciclo del desarrollo, siendo desde la V hasta la VII región la zona más apta para su cultivo en Chile.

El proceso de extracción de la trufa debe ser cuidadoso para no dañar a este delicado hongo, ya que en la cocina gourmet es más preciada la trufa sin daños.

Tras el cultivo de la trufa es necesario realizar un proceso de limpieza profunda para posteriormente someterla a los procesos de embalaje para la exportación.

Previo al embalaje, existe un proceso de evaluación de las condiciones y requerimientos mínimos que deben tener las trufas para ser exportadas. Este procedimiento está muy arraigado en la industria de la truficultura, teniendo como principal precedente las normas españolas, uno de los pioneros en este mercado.

Tras los procesos aplicados a las trufas previos a la exportación, se encuentra el almacenamiento de estas a la espera de ser embarcadas para el viaje, en el cual las trufas deben conservarse en perfecto estado. En esta espera para lograr

el stock mínimo de exportación, el hongo debe mantener las condiciones idóneas para no perder un porcentaje de la cosecha por factores externos. Es por esto que se quiere hacer hincapié en esta parte del proceso, ya que cualquier pérdida podría ser muy perjudicial económicamente para el exportador, debido al elevado precio en que se transa este hongo.

Según esto, se debe contemplar el medio de transporte acorde al tiempo, precio y volumen a transportar para la exportación hacia Europa.

Actualmente el nivel de las exportaciones de trufas negras en Chile es muy bajo, empezando el 2012 a exportarse 50 gr. a Perú y logrando en la temporada 2016 exportar a nivel regional 50 kg. a países como Estados Unidos, México y Brasil. Sin embargo, si consideramos que este cultivo es de corta data y que está siendo impulsado fuertemente, dada su alta valoración y el atractivo mercado internacional que lo



Imagen 1. Trufa Negra. (komienza.com)

demanda, podemos predecir con certeza que si superamos los problemas que significan el transporte en fresco de la Trufa Negra a esos mercados, puede transformarse en una actividad económica de gran relevancia para nuestro país.

Para Chile, el mercado de la truficultura tiene una gran ventaja comercial, aparte de ser un país con las condiciones climáticas y de suelo idóneas para el cultivo, permite ofrecer el producto fresco en contra temporada con relación al continente europeo, principal consumidor de trufa. Ya que las trufas se cosechan en otoño-invierno, meses de mayo a julio en territorio nacional, siendo esta fecha plena temporada estival en el hemisferio norte, pudiendo lograr precios más altos al exportarlos a este mercado.

Pero la corta duración de este hongo en estado fresco, conservando sus características organolépticas intactas, -las que son las máspreciadas por la gastronomía europea- ha dificultado la exportación al principal mercado consumidor.

Es por esto que este proyecto está orientado a la búsqueda de un packaging que ayude a la optimización de la trufa negra en el proceso de transporte, para otorgarle una mejor calidad al momento de ser recibida y utilizada en el mundo gourmet por los chefs, y así lograr ingresar en el mercado de exportación de trufas a nivel mundial.



Imagen 2. Cosecha de trufas. (Agrobiotruf.cl)



## Problema

La corta vida en estado de maduración del Hongo *Tuber Melanosporum* (Trufa Negra), y la imposibilidad de cosecharlo previo al estado de maduración, ya que se afecta el cultivo siguiente, ha causado que la exportación de este preciado y altamente valorado diamante de la gastronomía se vea en dificultades.

La pérdida del estado fresco en la trufa, es decir de sus propiedades organolépticas y humedad, la desvaloran creando un importante obstáculo para sus productores en los mercados potenciales.

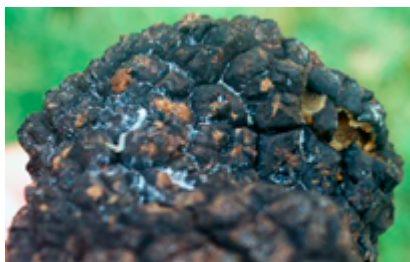


Imagen 3. Trufa en mal estado. (micofera.com)



Imagen 4. Microorganismos y larvas en Trufa (micofera.com)

Desde el 2009, en Chile se está cultivando la Trufa Negra con el propósito de exportarla al mercado europeo, sabiendo las ventajas económicas que ésta exportación conlleva por encontrarse en el hemisferio opuesto y presentar una contra-temporada en el cultivo de este preciado hongo para la gastronomía europea.

Sin embargo, el problema de la corta duración de la Trufa Negra en estado fresco ha sido un factor limitante para la exportación en dicho estado.

Es por esto que la forma más aceptada de exportación en la actualidad es en conserva o en productos derivados tales como el aceite, mantequilla, paté, salsas, pastas y carpaccio, entre otros, tal como se exhibe en la imagen 5 y 6. Debe señalarse que, en estas formas, no se logran todas las propiedades organolépticas de la trufa.



Imagen 5. Productos TartufLanghe (elcocinergourmet.com)



Imagen 6. Productos Barriga (conservasbarriga.com)

## Justificación

La trufa negra, almacenada en cámaras de frío, como el común de los hongos (como el champiñón, símil más cercano) presume una pérdida de un 5% por pudrición con un tiempo de espera de 1 a 2 semanas. Pero la pérdida por pudrición del hongo es mucho menor que la pérdida de peso de este mismo, ya que la rápida deshidratación de la trufa negra, que alcanza un 5% cada 24 horas, conlleva una gran pérdida económica, pensando que el kilo del “diamante negro” de la gastronomía llega a cifras desde los \$600.000 a los \$1.200.000 el kilo. (Datos obtenidos de [www.mundotrufa.com](http://www.mundotrufa.com)).

La deshidratación de la trufa negra es muy rápida, perdiendo está sus propiedades organolépticas tras 3 a 7 días de ser cosechada, corriendo riesgo de colonización de otros hongos y bacterias. Es por esto que la venta de la trufa negra se ve acelerada y el acopio del hongo no excede los 4 días, por lo que el volumen de exportación no excede de los 2 kg, siendo esta fracción sólo una “muestra comercial”, sin ser una exportación formal que conlleve trámites administrativos y burocráticos según país de destino y origen.

Según la agrupación de Truficultores chilenos, en la actualidad el método de mantención de la trufa es muy presencial y requiere que haya alguien controlando y cambiando periódicamente un papel absorbente de humedad, no logrando una correcta optimización del proceso, imposibilitando una autonomía mínima para ser exportada.

El packaging utilizado no protege a las trufas de posibles golpes, siendo este sólo una caja de cartón de doble pared en donde entre ambas paredes hay una placa de poliestireno de 2 cm de espesor. Las trufas desinfectadas se envuelven en papel absorbente, se ponen individualmente en una bolsa plástica que contenga aire, de ninguna manera en bolsas al vacío. En la parte inferior va una placa de gel rock de 300 gr 15x15 envuelta en plástico para que no humedezca el interior de la caja por condensación, luego las trufas y luego otra placa de gel rock, sirviendo para exportaciones rápidas y cercanas. (Callejas 2015)

La posibilidad de realizar una exportación al mercado europeo de este preciado hongo, estando en contra-temporada de cultivo, significa una ganancia económica de gran valor para los productores nacionales, y a la vez para el país.

Para dar sustentación económica a lo anteriormente dicho, se incluye el estudio de Guillermo Ponce, Plan de negocios para optar al grado de Magíster en Administración: MAPUTRUFFLES “Black truffles from the end of the world”, de noviembre del 2015.



Imagen 7. Logotipo A.T.Chile.  
([atchile.cl](http://atchile.cl))

“El análisis de fuerzas competitivas de Porter entrega el siguiente resultado:

Entrantes Potenciales	Rivalidad	Sustitutos	Poder Compradores	Poder Proveedores
Medio	Baja	Medio	Bajo	Alto

Tabla 1. Análisis de fuerzas competitivas de Porter (Ponce 2015).

Los potenciales entrantes son países que no cuentan con las condiciones ideales de suelo como Chile; la rivalidad es baja, por la escasez de oferta; los sustitutos son medios, si bien no existe un sustituto claro; el poder de los compradores es bajo por la escasez de oferta; el poder de proveedores es alto en Chile, ya que sólo hay uno que produce y vende árboles micorrizados e insumos necesarios.”(Ponce 2015)  
Los resultados financieros son positivos, y se resumen en la siguiente tabla:

Inversión Inicial (USD)	TIR	VAN (USD)	Payback	Horizonte Proyecto	Margen Operacional / Ventas (Año 20)
1.055.751	23,8%	2.389.729	10 años	20 años	92,8%

Tabla 2. Resultados financieros de la comercialización de trufas en Chile (Ponce 2015).

Por otro lado, vemos el análisis FODA realizado por la revista digital Nosmagazine, que nos demuestra lo favorable que es el cultivo de este hongo en nuestro país y sus proyecciones económicas como un negocio real. (nosmagazine.cl 2015)

#### Fortalezas:

Alto precio y costos relativos bajos.  
Oferta en Europa y resto del mundo en contra estación.  
Características climáticas y edáficas óptimas para el cultivo.  
Capacitación técnica y emprendedora del sector agrario Sudamericano.

#### Oportunidades:

Expectativa de crecimiento del precio.  
Caída de la producción de trufa silvestre.  
Venta asegurada, oferta menor a la demanda.  
Desarrollo de nuevos mercados: USA, Canadá, Japón, China, Suiza y el mundo Árabe.  
Mayor demanda por auge de la cocina gourmet.  
Alta tasa de crecimiento del consumo por ser un bien de lujo.  
Facilidad de mantención de cultivo

#### Debilidades:

Industria nueva en Sudamérica.  
Incertidumbre con respecto a la calidad del cultivo ya que es subterráneo.  
Alto tiempos de espera hasta iniciar producciones con volúmenes suficientemente rentables.  
Secretismo en las mejores técnicas agronómicas.  
Cadena de comercialización internacional no desarrollada

**Amenazas:**

Desarrollo de la industria por parte de países del Hemisferio Sur.

Cambios climáticos que puedan afectar al cultivo y a la calidad de la trufa.

Aparición de nuevos actores en el largo plazo.

Como último punto cabe mencionar el importante prestigio que posee nuestro país en relación a sus productos agrícolas, siendo este un punto a desarrollar en la identificación propia que debe poseer un buen packaging.



## Objetivos

### General:

Generar un packaging que logre prolongar la vida útil de la trufa negra, es decir, su estado de frescor, para así posibilitar el proceso de exportación y venta del hongo con sus características organolépticas y físicas en un adecuado estado.

### Específicos:

- Proteger la trufa negra de posibles golpes o cortes accidentales en el transporte, para así llegar en un estado idóneo al cliente/usuario
- Mantener temperaturas aptas para el hongo
- Permitir la apilabilidad para transporte en cantidad
- Otorgar carácter de exhibidor al packaging que contenga la trufa
- Mantener a la trufa alejada de zonas de contacto con retención de humedad.
- Crear identidad del producto como producto gourmet.
- Permitir generar una atmosfera adecuada para el aletargamiento del hongo.
- Dar opción de respiración a la Trufa Negra.

## Alcances

Todas las informaciones de las variables y creación de atmosfera controlada para un buen estado de conservación de la trufa, se obtienen de estudios y literatura existente y comprobada, por lo cual no se verificarán estos datos.

Debido a la temporalidad de cosecha y alto costo de las trufas, se limitará lo más posible el ensayo de estas en los prototipos desarrollados. Sin embargo, para tener mayor certeza de estos, se utilizarán sensores para medir las condiciones evaluadas y hongos de similares características, pero de más fácil adquisición.

## Metodología

### Etapa Exploratoria – Indagatoria

- Observación de necesidades y oportunidades en los truficultores nacionales
- Investigación de requerimientos biológicos relacionados a la trufa.
- Entrevistas con precursores en la truficultura
- Recopilación de antecedentes bibliográficos relacionados.

### Etapa Propositiva – Experimental

- Estudio del arte de soluciones existentes
- Análisis de requerimientos formales
- Estudio del arte de formas posibles
- Experimentación formal
- Propuesta conceptual
- Desarrollo formal

### Etapa de Validación y Evaluación

- Elaboración de prototipos digitales y físicos
- Evaluaciones formales
- Fabricación de prototipo integral
- Pruebas de temperatura y humedad
- Pruebas y evaluaciones de propuesta final





# Marco Teórico

---





## La Trufa Negra

La Trufa Negra o Tuber Melanosporium es el fruto de un hongo que crece bajo la superficie de la tierra, gracias a una relación simbiótica formada por micorrizas asociadas a árboles tales como encinas, robles, avellanos, alcornoque y nogales entre otros, como se muestra en la figura 1.

El carpóforo (fruto del hongo), tiene aspecto globoso, es áspero e irregular a modo de tubérculo negro, mide de 3 cm a 7 cm aproximadamente, y tiene un peso variable de 20 a 200gr en promedio comercializable. Existen trufas que escapan a estas proporciones y son comercializadas en ferias gastronómicas como objetos únicos.

La trufa se compone de tres partes visibles:

### El Peridio

Es la cáscara o corteza de la trufa, es de color negro y protege al fruto. Es de textura rugosa y presenta una dureza un poco mayor a la del resto de la trufa. Esta parte de la trufa está en contacto directo con la tierra, y a su vez con quien la recolecte.



Imagen 8. Peridio Trufa. (casabierto.com)

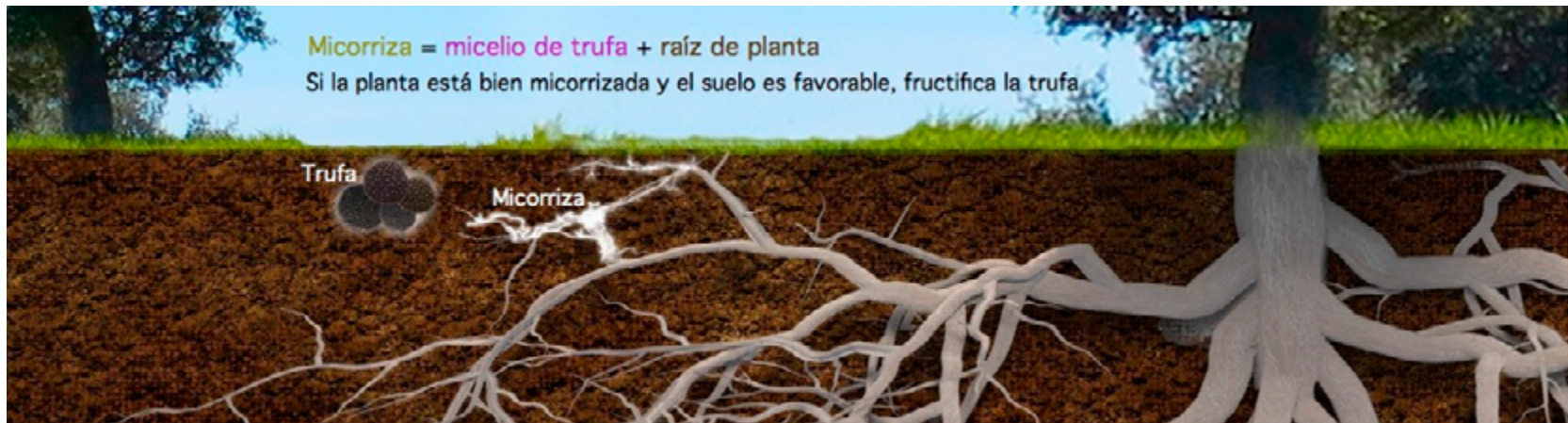


Figura 1. Relación simbiótica de la trufa. (cultivatrufas.com)



### La Gleba

Masa interior de la trufa, podría llamarse la "carne" del fruto. La consistencia de esta es variable según la madurez que tenga el hongo, conserva un color entre violeta y rojizo dentro de las tonalidades negruzcas que la caracterizan. En esta parte de la trufa se encuentran las esporas del hongo.

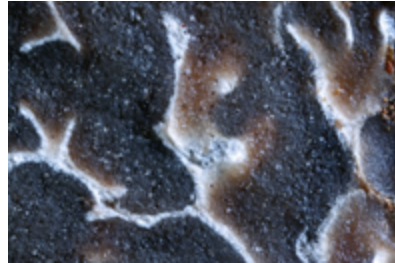


Imagen 9. Gleba y Venas Trufa (casau-bieto.com)

**Las Venas**, recorren y ramifican toda la gleba de la trufa, son de color blanco crema.

Existe otro participante, que al cosechar la trufa no es visto, pero sin el cual no sería posible la existencia de este hongo. Los Micelios son una masa de filamentos microscópicos llamados hifas que posibilitan el enlace del hongo con las raíces de los árboles con los que crea relación simbiótica y a su vez, permiten la nutrición propia del hongo una vez que este se independiza de las raíces del árbol en su etapa de maduración. (se ven reflejados en la Figura 1)

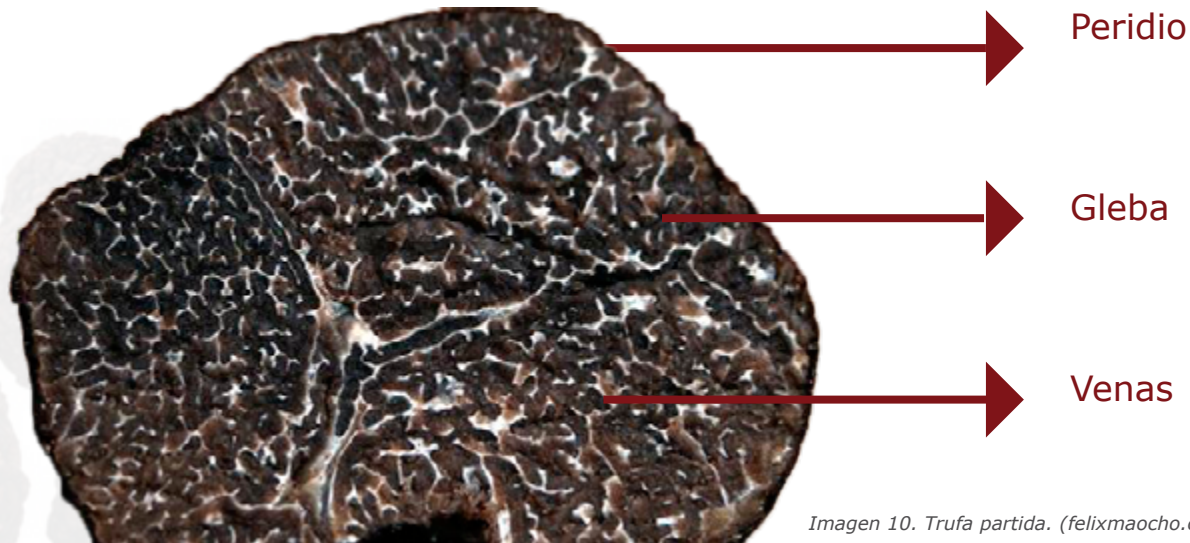


Imagen 10. Trufa partida. (felixmaocho.com)



## Componentes minerales y nutricionales

En relación a los componentes minerales de la Trufa Negra como fruto, "son muy ricas en K(potasio), la gleba tiene Zn(Zinc), y el peridio Cu(Cobre), Fe(Hierro) y Pb(Plomo). Los contenidos en elementos minerales de las trufas son más constantes y elevados que los de otros hongos y vegetales. La trufa negra contiene cuatro veces más de materia nitrogenada y minerales que el champiñón silvestre (*Agaricus sp.*)."(Baldomero Moreno Arroyo 2005)

En cuanto a su valor nutricional, se trata de un alimento completo y muy equilibrado por su contenido proteico, fibra y ácidos grasos insaturados como el linolénico, y por su capacidad antioxidante. Las trufas son productos muy energéticos con contenidos elevados en fósforo, potasio y silicio, y curiosamente pobres en calcio. Además, el hierro aparece como un constituyente mayoritario del peridio de la trufa negra que puede ser indispensable para asegurar su rigidez.(Baldomero Moreno Arroyo 2005)

Otros de los componentes nutricionales que destacan en este hongo son el magnesio y las vitaminas B. y A.

Valor nutricional por cada 100 g

Calorías: 82

Grasas: 0,5

Hidratos de carbono: 13

Proteínas: 9

(Juanma 2015)



## Tipos y calidades de Trufas

La truficultura en Chile se ha iniciado con el cultivo de la Trufa Negra (*Tuber melanosporum*), y en los últimos años en Europa también de la trufa de verano (*Tuber aestivum*), ya que son estas dos especies las más cotizadas en el mercado gastronómico por sus sabrosas propiedades organolépticas. Pero existen una amplia gama en la familia de las Trufas, pudiendo diferenciarlas fácilmente por sus formas; texturas; aromas; colores; fecha y lugar en que son cosechadas.

**Trufas de bosque** (especies de los géneros *Tuber* y *Rhizopogon*):

*Trufa negra*



Imagen 11. *Tuber Melanosporum*. (drdelicacy.com)

*Trufa de verano*



Imagen 12. *Tuber aestivum*. (trufflefrance.com)

*Criadilla amarilla de pino*



Imagen 13. *Rhizopogon luteolus*. (sites.google.com)

*Trufa gibosa*



Imagen 14. *Tuber oligospermum*. (via-arkadia.com)

*Criadilla rosa de pino*



Imagen 15. *Rhizopogon roseolus*. (granadanatural.com)

**Trufas de matorral mediterráneo** (especies de los géneros *Delastria*, *Chioromyces*, y *Tuber*):

*Criadilla jarera*



Imagen 16. *Choiromyces gangliiformis*. (trufamania.com)

*Turma blanca*



Imagen 17. *Tuber asa*. (trufamania.com)

*Turma rosada*



Imagen 18. *Delastria rosea*. (asociacionvallisoletanademicrologia.com)

**Trufas de pastizal mediterráneo** (especies de los géneros *Terfezia* y *Picoa* fundamentalmente):

*Turma*



Imagen 19. *Terfezia claveryi*. (fungipedia.org)

*Turma de arena*



Imagen 20. *Terfezia arenaria*. (trufamania.com)

*Turma de piel delgada*



Imagen 21. *Terfezia leptoderma*. (trufamania.com)

*Turma de Trappe*



Imagen 22. *Elaphomyces trappei*. (alpental.com)

*Monagrillo*



Imagen 23. *Picoa lefebvrei*. (asociacionvallisoletanademicrologia.com)

(Baldomero Moreno Arroyo 2005)

## Calidades de Trufa Negra

De todos estos tipos de trufas, como se menciona anteriormente, la más solicitada por el mercado gastronómico es la Trufa Negra, o *Tuber Melanosporum*, ya que posee cualidades organolépticas únicas para la alta cocina. Dentro de la cosecha de la Trufa Negra, se distinguen diferentes tipos de calidad de la trufa, lo cual se ve reflejado en los valores en que estas pueden llegar al mercado.

Las características de calidad varían según cada productor/vendedor de trufas y según las temporadas de cosecha en que se encuentren, ya que a medida que la temporada termina y los productores quedan con mercadería, bajan sus precios para no tener pérdidas



Imagen 24. Calidades de Trufa Negra en el mercado. (mercatrufasdesoria.es)

### Primera Calidad

- Forma globosa superior a 30g, de forma más regular.
- Textura dura y sin cortes
- Trufa madura y de color negro intenso.
- Exenta de deformaciones acuosas

### Calidad Comercial

- Tamaño superior a 20g. (enteras y/o en trozos).
- Superficie más irregular.
- Carne compacta de color negrozco o ligeramente más gris.
- Superficie más irregular

### Segunda Calidad

- Tamaño superior a 10g. (entera o trozos).
- Puede estar afectada moderadamente por el hielo y/o cortes
- De color negrozco, gris y marrón

## Ciclo biológico de la trufa



Imagen 25. Infección de raíces con esporas de Trufa Negra. (agagondigital.es)

El desarrollo de la truficultura inicia con la infección de las raíces de los árboles con las esporas del hongo, ya sea de manera natural gracias a pequeños animales o factores climáticos que transportan estas esporas, o bien, de manera artificial con la micorrización de laboratorio, donde se infectan los árboles cuando

inician su etapa de crecimiento, estableciendo una relación simbiótica desde los inicios, creando de esta forma una trufa de cultivo.

Una vez germinadas las esporas del hongo, estas pueden llevar a una vía vegetal, donde sólo existe una micorrización a las raíces cortas del árbol, sin terminar estas en el fruto del hongo: la trufa. O, por la contraparte, las esporas pueden tomar la vía sexual, que crea filamentos (hifas) reproductoras que sí terminan con la formación de la trufa negra y es realizada en la proximidad de las raíces largas de los árboles. (Baldomero Moreno Arroyo 2005)

Una vez creado el primordio (corresponde a la primera fase de vida del fruto del hongo) la formación y crecimiento de la trufa se divide en dos fases sucesivas:

El desarrollo de los primordios dará paso a pequeños cuerpos globosos, con un peridio progresivamente más verrugoso. Esta etapa está contemplada en aproximadamente 3 a 4

semanas entre mediados de primavera e inicios de verano, donde la trufa es completamente dependiente del árbol simbióticamente relacionado teniendo una gran actividad metabólica de las micorrizas.

La segunda fase de la trufa está contemplada entre inicios de verano donde se forma propiamente la trufa, y comienza poco a poco a crecer. Ya a mediados de otoño la trufa disminuye su actividad metabólica y comienzan a desaparecer las micorrizas logrando mayor autonomía por las hifas que adquieren nutrientes directamente de la tierra y ya no del árbol. (Baldomero Moreno Arroyo 2005)

A inicios del invierno la trufa ya ha logrado su fase adulta, con forma y tamaño definido, ha desarrollado nuevas esporas, las cuales son desprendidas en su maduración final, soltando un intenso aroma, es en este punto que la trufa debe ser cosechada.

Cuando la trufa alcanza su plena madurez libera las esporas que porta, una vez que son liberadas, son arrastradas por efecto de las lluvias y al alcanzar la temperatura y humedad adecuada (a mediados de primavera) las esporas comienzan a germinar emitiendo un filamento de micelio que se ramifica rápidamente, iniciando nuevamente el ciclo

Aquellas trufas que no son cosechadas, ya sea por merma o descuido, tras morir y degradarse, liberan una gran cantidad de esporas a la tierra, que formarán nuevos micelios, y continuarán su ciclo de vida. En el caso de que estas trufas sirvan de alimento para especies silvestres de la zona, como lo son los conejos, las esporas son portadas por los excrementos de estos, siendo transportadas y generando nuevos cultivos silvestres de Trufa.



Se observa en la Figura 2, el ciclo que recorre este hongo para llegar a ser la Trufa que tanto apetece el mercado.



Figura 2. Ciclo biológico de la trufa. (Baldomero Moreno Arroyo 2005, pág. 50-51)

## Aromas y propiedades organolépticas



Imagen 26. Olor Trufa. (revistaviajero.es)

Cuando la trufa logra su madurez posee un fuerte, profundo y característico sabor y aroma, que muchos dicen que es imposible de definir, pero si concuerdan que este sabor y aroma puede cambiar según factores externos como el hábitat, clima, cantidad de lluvias caídas durante su desarrollo y especialmente dependiendo del árbol al cual fue adherida.

**"La trufa es una máquina continua de producir aromas porque no todas sus esporas maduran al mismo tiempo"** explica Domingo Blanco, del grupo de investigación en Alimentos de Origen Vegetal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza. "Si le aplicamos calor al cocinarla, pierde rápidamente esos aromas volátiles; deja de ser un ser vivo", añade. Esos compuestos aromáticos volátiles que producen las esporas de las trufas, que tanto nos agradan en la mesa y que forman parte de su mecanismo reproductivo, están bien estudiados. Los equipos del Laboratorio de Análisis de Aromas y Enología de la Facultad de Ciencias y el grupo de investigación en Alimentos de Origen Vegetal han identificado el amplio abanico de compuestos aromáticos de la *Tuber melanosporum* mediante técnicas de cromatografía de gases y olfatometría. Al menos 17 moléculas componen la sinfonía aromática de la trufa negra (seis de ellas, identificadas por primera vez en este estudio). Casi la mitad de su apreciado aroma se debe a un compuesto llamado 3-etil-5-metilfenol. (Mateo 2015)

Por otra parte, la Trufa negra presenta una rugosidad característica, que como primera percepción pareciese estar seca, pero por dentro conserva la humedad y frescura que la caracterizan.

El sabor de este hongo también es de carácter fuerte e intenso, por lo que es utilizado más que nada en la decoración de los platos y para darles el toque de aroma como condimento, más que utilizarlo en una elaborada preparación.

Estas características de intenso aroma, frescura y sabor, sumado a los altos precios de transacción que presenta en el mercado, han hecho que la Trufa Negra se denomine el Diamante Negro de la gastronomía internacional.



Imagen 27. Ralladura de Trufa. (derbyhotels.com)



Imagen 29. Raviolis de cordero en salsa de comenilla y Trufas (casabierto.com)



Imagen 30. Cochinito con velo Trufado. (casabierto.com)



Imagen 28. Supremas de esturión del cinca al orio de trufas. (casabierto.com)

## Características y requisitos de cultivo, y mantención

### Fecha de plantación

La fecha dependerá de la climatología de cada región, pudiéndose realizar desde mayo hasta septiembre, incluso hasta octubre si se presentan heladas tardías, los árboles plantados en otoño invierno tendrán un año de ventaja en comparación con los plantados en primavera, debido al ciclo biológico de la trufa. (Pablo Andrés Puvogel Varas and Agronomía 2006)

### Suelos truferos



Imagen 31. Plantación Trufera. (Trufaschile.cl)

Para que un campo se pueda transformar en una plantación trufera se debe encontrar entre 600 y 1200 m sobre el nivel del mar.

Los suelos deben ser de pendiente suave, inferior a un 12% para evitar el encharcamiento y debe ser profundo para retener agua, además es necesario que sea muy

calizo, con subsuelos permeables para favorecer el drenaje y la aireación. El valor óptimo de materia orgánica recomendada es de 4%.

La preparación del terreno dependerá de su uso anterior, si su uso anterior era forestal es poco recomendable ya que puede haber alta presencia de hongos micorrícicos, es conveniente cultivar al menos por dos años algún tipo de cereal o planta forrajera para disminuir el inoculo micorrícico de otros hongos en el suelo. Si el cultivo anterior es leñoso se deben extraer todas las raíces para evitar la proliferación de otros hongos.

El terreno más recomendable para la plantación es uno que anteriormente haya cultivado cereales, leguminosas, forrajeras y árboles frutales ya que estos no llevan hongos formadores de micorrizas asociados a sus raíces. (Pablo Andrés Puvogel Varas and Agronomía 2006)

### Preparación del suelo

Primero se debe pasar un subsolador por el suelo a 60- 80 cm de profundidad para darle aireación al terreno y romper el pie de arado. Luego se realizan labores superficiales con rastras de discos, de clavos y/o cultivadores para nivelar y afinar el terreno. Se debe cambiar el pH del

suelo por lo que se coloca carbonato de calcio (con una profundidad superior a 50-60 cm) en el terreno para elevar su pH a 7- 8. (Pablo Andrés Puvogel Varas and Agronomía 2006)



Imagen 32. Subsolador trabajando el terreno. (sirioagri.ro)



## Clima



Imagen 33. Mapa clima Mediterráneo. (mundotrufas.com)

La trufa se da en condiciones con alternancia de estaciones marcadas, de clima mediterráneo templado húmedo o frío sub húmedo.

### Temperaturas

Temperatura máxima absoluta: 35 – 42°C  
Temperatura mínima absoluta: -9 - -25°C

### Precipitaciones

Para obtener una buena producción, la precipitación anual debe ser de entre 600 y 1500 mm al año. (Pablo Andrés Puvogel Varas and Agronomía 2006)

### Densidad y marco de la plantación

Para el cultivo se recomiendan densidades entre 200 y 400 plantas/Ha. Las plantas se disponen con marcos regulares, de 6x6 m o 7x7m, o irregulares provocando que se junten las plantas dentro de la fila y que aumente la distancia entre filas. (6x8m, 5x7m o incluso 4x10m). Esto favorece la disposición del sistema de riego y los laboreos entre filas, además favorece la insolación del suelo. Es imprescindible la entrada de luz al suelo, con un valor mínimo de insolación del 40% para favorecer la engorda de la trufa y generando un mejor aroma. (Pablo Andrés Puvogel Varas and Agronomía 2006)

### Cultivo y manejo de la plantación

En el cultivo de la trufa no se puede ver el estado de su fructificación, no se sabe si las micorrizas que llevaba la planta al momento de trasplantarla a la tierra siguen ahí o si fueron desplazadas por otros hongos tampoco se puede saber si la humedad del terreno es apta para la proliferación de micorrizas y menos se podrá ver cómo crecen y maduran. Lo más importante es evitar el desarrollo de micorrizas competidoras, para esto se deben permitir las insolaciones y respetar las sequías naturales sin suprimir el riego totalmente. En otras palabras, se deben mantener las condiciones naturales del terreno, donde la invasión de otras micorrizas sea menos probable. Ya que en condiciones adversas las trufas son muy competitivas. (Pablo Andrés Puvogel Varas and Agronomía 2006)

### Laboreo del suelo

Se debe eliminar malezas que compitan con las micorrizas y mantener la porosidad del suelo, aumentando la oxigena-



ción y permeabilidad del agua lluvia. En suelos más arenosos o más sueltos, la aireación natural puede ser suficiente para no laborear el suelo. (Pablo Andrés Puvogel Varas and Agronomía 2006)

### Podas

Se le da al árbol una forma de cono invertido para permitir la insolación y aireación del suelo y lograr un crecimiento controlado del árbol. (Pablo Andrés Puvogel Varas and Agronomía 2006)

### Riego

El riego sirve para mejorar la producción ya que evita sequías prolongadas, se asocian lluvias de verano algo abundantes a buena producción. Para conservar una buena micorrización se debe lograr un crecimiento lento de las raíces laterales, esto se puede controlar dejando a las plantas jóvenes con un leve déficit hídrico, para no acelerar el crecimiento de las raíces laterales, promoviendo el crecimiento de la raíz pivotante (raíz que crece verticalmente hacia abajo). Suelen utilizarse el riego por goteo, la micro-aspersión y la aspersión con cañón auto-enrollable. (Pablo Andrés Puvogel Varas and Agronomía 2006)

#### Riego por goteo:

Máxima presión de agua y presión de trabajo mínima. Adecuado solo en los primeros años de plantación, como apoyo en caso de sequía ya que no suele mojar más de un 25% del suelo.

**Micro aspersión:** Requiere más presión, es de mayor costo de implementación y de mantención. Sin embargo, es uno de los sistemas más recomendados ya que logra mojar toda la superficie.

**Cañón auto-enrollable:** Necesita una presión mayor que

la micro aspersión, permite regar entre 30 y 50 Ha por lo que es recomendado para huertos grandes. Es la alternativa más económica ya que no posee costo de implementación, solo de adquisición. Pero se podrían presentar problemas si el suelo no está bien nivelado para la distribución de agua que puede ser bastante irregular. (Pablo Andrés Puvogel Varas and Agronomía 2006)

### Fertilización y plaguicidas

No son recomendables las fertilizaciones ya que la relación simbiótica le entrega al árbol un aporte de fósforo, potasio y nitrógeno. Si se abonara se podría perder la simbiosis con la trufa. Tampoco se aconsejan abonos orgánicos ya que los minerales que otorgan incorporan gran cantidad de microfloras de efectos desconocidos en las trufas. (Pablo Andrés Puvogel Varas and Agronomía 2006)

No se ha descubierto ninguna enfermedad o plaga que ataque directamente a la trufa, pero puede haber hongos que ataquen al árbol hospedero y pueden ser motivo de preocupación ya que pueden poner en riesgo la vida del árbol. Si el árbol es atacado y es necesario el tratamiento se recomienda usar fungicidas de contacto, evitando productos que puedan llegar a la raíz para no afectar las micorrizas.

### Seguimientos de la plantación

Los únicos métodos para adquirir información del estado de la trufa son el seguimiento y la evaluación de micorrizas. Este proceso debe realizarse en los primeros años de plantación. Se toman muestras de suelo para cada árbol escogido de los cuatro puntos cardinales. Se cava un agujero buscando raíces superficiales, extrayéndolas y analizándolas posteriormente en el microscopio.

## Extracción de las trufas en el cultivo.

La trufa negra se forma en primavera y crece durante los meses de verano, madurando finalmente en invierno.

Al madurar, la trufa desprende un intenso aroma, siendo gracias a esta característica posible su hallazgo. Para esto se utilizan animales adiestrados especialmente, en sus inicios, la labor de la búsqueda o casería de la trufa se llevaba a cabo con jabalíes, hoy en día la trufa es obtenida usando perros adiestrados que mediante el olfato buscan las trufas para que luego el cosechador las extraiga cuidadosamente con una pala puntiaguda, no es necesario otro elemento ya que se encuentran máximo a 30 cm bajo el suelo y no maduran todas al mismo tiempo.

Las trufas no se cosechan todas al mismo tiempo, y son sólo las trufas maduras las que se dejan encontrar gracias a su aroma, teniendo que repetir el acto de cosechas parceladamente durante la temporada de invierno para ir cosechando las trufas que van madurando con el tiempo.

## Requerimientos básicos de mantención del hongo en los momentos previos de su exportación según medio de transporte

Etapas previas al proceso de exportación:

Recolección - Transporte - Lugar de procesamiento - Almacenamiento - Transporte - Avión

Proceso Productivo para la Exportación Actual:

- 1. Recepción:** Se extrae la trufa de la tierra y se realiza un primer control de calidad
- 2. Elección:** Se eligen las trufas controlando que cumplan con los estándares de calidad exigidos.
- 3. Limpieza y esterilización:** Se eliminan las impurezas y microorganismos que puedan haber ya sea lavándolas o sometiéndolas a ultrasonidos
- 4. Secado:** Es realizado luego de la limpieza y esterilización en cámaras de flujo laminar o con papel que absorba la humedad de la trufa
- 5. Clasificación:** Se establecen las trufas aceptadas según los estándares de calidad
- 6. Transformación:** En este proceso las trufas se transforman mecánicamente, ya sea cortándola en trozos, o congelándolas
- 7. Envasado y embalaje:** El producto es introducido en su formato de presentación, con el que será comercializado.

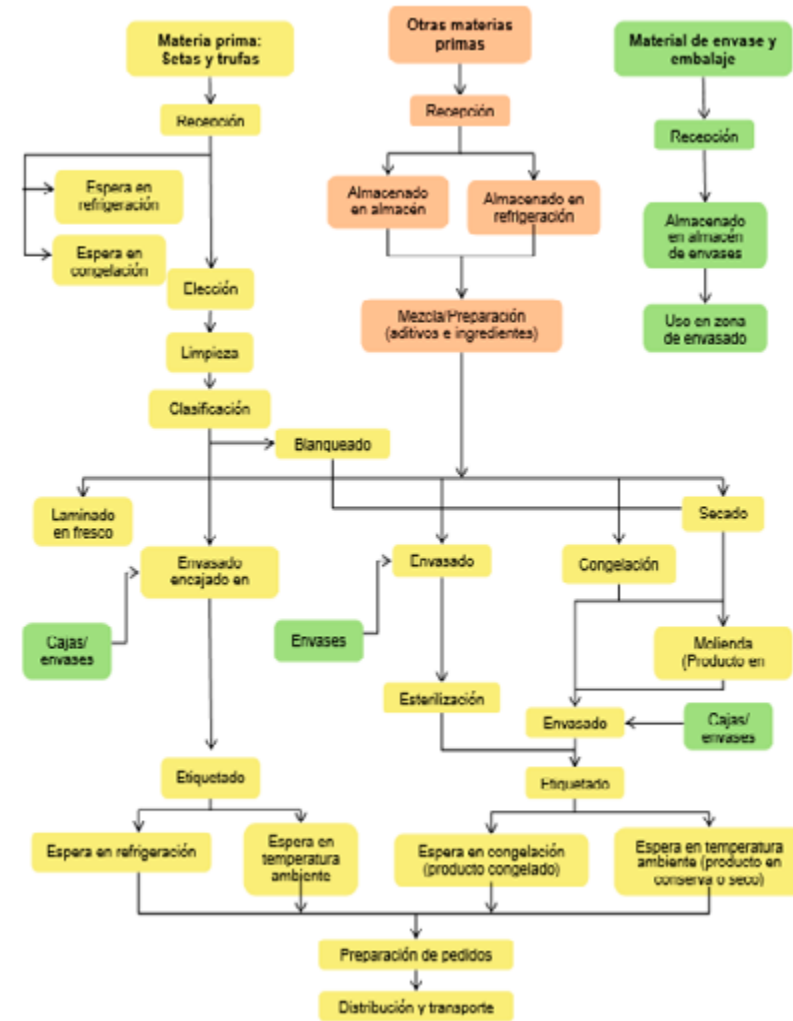


Figura 4. Guía de prácticas correctas de higiene para el sector de setas y trufas basada en el sistema de APPCC, Pág. 25 © Generalitat de Catalunya. Departament de Salut

(General 2009

## Requisitos de los hongos comercializados

En Chile y en todo el mundo, existen un número de normas mínimas que deben cumplir los hongos al momento de ser comercializados.

La Organización Mundial de la Salud, en conjunto con la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) crean en 1963 el CODES ALIMENTARIUS o "Código alimentario" para elaborar las normas internacionales para el comercio de los alimentos -protegiendo de esta forma la salud de los consumidores- y fomentar leales prácticas en el comercio de estos.

Dentro de este código, encontramos un apartado específico para la situación de comercialización de los hongos: la NORMA GENERAL PARA LOS HONGOS COMESTIBLES Y SUS PRODUCTOS1 CODEX STAN 38-1981, que dice:

"Los hongos comestibles frescos deberán estar sanos, esto es, no echados a perder; deberán estar prácticamente limpios, firmes, no dañados, y exentos en lo posible de daños producidos por larvas y tener el olor y sabor propios de su especie." (CODEX 1981)

Hongos cultivados deben considerar:

- a) Impurezas minerales no más de 0,5% m/m
- b) Impurezas orgánicas (incluso residuos de abonos):
  - hongos enteros no más de 8% m/m hongos
  - en lonjas no más de 1% m/m
- c) Contenido de hongos dañados por larvas no más de 1% m/m de daño total, incluso no más de 0,5% m/m de daños graves.

El envasado, almacenamiento y transporte de estos hongos debe considerar:

- El envase utilizado para hongos frescos deberá estar perforado a fin de permitir que el aire pase libremente, si fuese necesario.

- El producto deberá mantenerse a una temperatura baja, que conserve su calidad durante el transporte, almacenamiento y distribución hasta el momento de su venta final.

- Se llama la atención sobre la necesidad de impedir que estos productos absorban humedad y sean atacados por insectos, en particular por polillas y gorgojos.

- Correcta etiquetación según norma.

(CODEX 1981)

## Requerimientos Higiéxico Sanitarios

Es necesario que haya un control de sanidad antes de exportar, sobre todo en nuestro país donde está recién comenzando la truficultura. Para esto podemos imitar las normas sanitarias europeas y el sistema APPCC.

### Sistema APPCC

El sistema APPCC (análisis de peligros y puntos de control crítico) es un proceso sistemático utilizado para prevenir y garantizar la inocuidad de los alimentos de manera objetiva y lógica.

- Su objetivo es prevenir problemas de la seguridad alimentaria.
- En él se identifican, evalúan y previenen todos los riesgos de contaminación de los productos a nivel físico, químico y biológico a lo largo de todos los procesos productivos
- Verifican el correcto funcionamiento de un sistema, ya que no son suficientes las inspecciones y los análisis del producto final.
- Este sistema es específico de cada instalación
- Permite establecer medidas preventivas y correctivas para el control del sistema, asegurando así la inocuidad del producto final.

Para crear este sistema en la instalación primero se debe establecer un diagrama de flujo para tener en claro los procesos productivos y analizar peligros y etapas en donde aparezcan puntos críticos pudiendo tomar las medidas preventivas adecuadas.

A continuación, en la Tabla 3, se exhibe una tabla como ejemplo de este sistema, donde se presentan los tipos de peligro, una descripción de ellos y las medidas preventivas correspondientes.

Po de peligro	Descripción		Medida preventiva
<b>Biológico</b>	Presencia	-Organismos terrestres como gusanos, insectos -Microorganismos patógenos	-Revisar condiciones del producto antes de su aceptación -Plan de homologación y control de proveedores
	Proliferación	-Microorganismos patógenos por temperatura de transporte inadecuada o por tiempo excesivo a temperatura ambiente	-Comprobar que los productos hayan sido transportados a la temperatura correcta -Se deben ubicar rápidamente los productos que necesiten frío
	Contaminación	-Microorganismos patógenos por falta de higiene en las condiciones de transporte	-Comprobar que las cajas de transporte y los camiones estén en las condiciones higiénicas adecuadas -Plan de homologación y control de proveedores
<b>Químico</b>	Presencia	-Pesticidas, metales pesados, contaminantes ambientales, aditivos, etc.	-Plan de control y homologación de proveedores
	Contaminación	-Productos químicos durante el transporte Productos de limpieza en zonas de recepción Transporte en recipientes no alimentarios	-No se deben transportar hongos junto a productos de limpieza o productos químicos incompatibles -Plan de limpieza y desinfección
<b>Físico</b>	Presencia	-Cuerpos extraños en productos (piedras, hojas, ramas) -Aditivos	-Plan de homologación y control de proveedores

Tabla 3. Guía de prácticas correctas de higiene para el sector de setas y trufas basada en el sistema de APPCC, Pág. 27 © Generalitat de Catalunya. Departament de Salut



## Determinación de los puntos de control crítico.

Cuando ya se conocen los peligros de las distintas etapas del proceso productivo y se establecieron las medidas preventivas adecuadas se debe determinar la presencia de puntos de control críticos. Estos puntos de control críticos son los esenciales para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos.

Los Puntos de control crítico deben ser controles establecidos sobre parámetros medibles y que requieren un control eficaz y permanente, ya que ello nos permitirá determinar la inocuidad del producto final. (General 2009)

Ejemplo de puntos de control crítico en el proceso de la trufa:

PCC	Proceso	Productos Afectados	Peligro	Control
1	Elección	Setas y trufas frescas (materia prima)	Físico: presencia de cuerpos extraños incrustados en los hongos	Se revisa el 100% de las materias primas por personal experto y formado
2	Esterilización	Setas y trufas en conserva	Biológico: Supervivencia de microorganismos patógenos	Tiempo y temperatura de tratamiento

Tabla 4. Guía de prácticas correctas de higiene para el sector de setas y trufas basada en el sistema de APPCC, Pág. 37 © Generalitat de Catalunya. Departament de Salut

Los puntos de control crítico deben mantenerse dentro del límite crítico que es el criterio que permite distinguir entre lo aceptable y no aceptable, es usada para juzgar si una operación está produciendo productos inocuos.(General 2009)

Instalaciones, equipos y maquinarias Los exportadores de trufa deben contar con instalaciones especiales para controlar su calidad e higiene:

- Zona de recepción: Donde se reciben y se realiza el primer control de calidad
- Zona de almacenamiento: Debe estar acondicionada para la conservación de las trufas, debe ser separada de la zona de producción. En esta zona además se almacenan los envases y embalajes.
- Zona de elaboración: Debe permitir un flujo de trabajo lineal para evitar que los productos acabados se junten con materias primas o residuos y no se produzca contaminación cruzada.
- Zona de limpieza: Para el lavado, desinfectado y secado de las trufas
- Zona de expedición: Donde salen los productos acabados y envasados

## Mantenión de las Trufas

Como hongo hipogeo, la trufa crece debajo de la tierra, por lo cual su limpieza posterior a la extracción es importantísima.



Imagen 36. Lavado trufas. (manjaresdela-tierra.com)

Para este proceso de limpieza, como primer paso se realiza una discriminación de trufas rasgadas, con larvas, moho o pasadas en maduración con las trufas en buen estado y que finalmente serán envasadas y comercializadas.

Posteriormente se debe cepillar suavemente la trufa con agua potable, manteniendo el proceso en bajas temperaturas.

Idealmente conviene dar un baño a la trufa por 10 minutos aproximadamente en una solución de etanol al 70% y agua, para así dar una desinfección mayor a la trufa. (Parmo 2014)

Una vez limpia la trufa visualmente, aún continúa con microorganismos, por lo que se recomienda realizar limpiezas con técnicas más avanzadas, tales como limpieza con ultrasonido y/o radiaciones ionizantes.

Se discrimina en este proceso la limpieza con radiación ultravioleta, ya que la Trufa Negra posee un alto nivel de melanina en su peridio, actuando como bloqueo de los rayos UV, quedando sin efecto la limpieza que estos pudiesen realizar.

La limpieza con radiación ionizante (básicamente con electrones) eliminan algunos de los microorganismos que se pueden encontrar en la trufa y las larvas que pudiese haber. Los electrones irradiados a la trufa negra también ayudan a ralentizar la actividad respiratoria del hongo, ayudando al letargo de la trufa.

La limpieza con ultrasonido elimina la totalidad de microorganismos y larvas que se encuentran en el peridio, siendo este el método por excelencia utilizado en el proceso de limpieza de la Trufa Negra. La limpieza con ultrasonido en el caso de la trufa, se recomienda realizarla con Hipoclorito Sódico; Etanol entre 50% a 70%; Peróxido de Hidrogeno y Ozono.

Realizando una óptima limpieza de la Trufa Negra, su expectativa de vida puede crecer de 5 a 20 días en promedio.

Es de suma importancia que todos los procesos anteriormente descritos se realicen a bajas temperaturas, idóneamente entre 1° a 4° C°. (Parmo 2014).

Una vez terminado el proceso de limpieza de la trufa, se inicia el proceso de envasado, para lo cual también existen diferentes técnicas que permiten alargar el estado fresco de los alimentos.



Imagen 37. Desinfección en cubeta de ultrasonido a 35KHz. (trufasdelsenorio.com)

## Técnica de Atmósfera Controlada

En 1819 J.E Bernard demostró que la fruta cosechada absorbía  $O_2$  y desprendía  $CO_2$ , además evidenció que en atmósferas con ausencia de  $O_2$  dicha fruta no maduraba. Si se mantenían en un tiempo corto y después se colocaban en aire seguían madurando. Esto dio pie para más estudios que establecerían la técnica de atmósfera controlada.

La atmósfera controlada es una técnica de conservación que permite alargar la vida útil de los productos sin deteriorar sus características organolépticas, para esto se modifica la composición gaseosa de la atmósfera del envase, realizando una extracción de aire del envase, y una posterior inyección de un nuevo gas o de una mezcla de gases específicos, logrando de esta manera crear artificialmente una atmósfera específica e idónea para cada especie de alimento que se desea conservar.

Por lo general es una atmósfera empobrecida en  $O_2$  y enriquecida en  $CO_2$  ya que la respiración es el principal proceso de deterioro de las frutas y vegetales, ya que en ésta se pierde agua. Debido a la deshidratación se pueden ocasionar mermas superiores al 5% durante la comercialización, además si el ambiente es de baja humedad provoca que el fruto transpire más, acelerando la senescencia del fruto y restándole calidad.

Si los alimentos envasados poseen una actividad metabólica importante, es importante utilizar materiales de permeabilidad selectiva, lamina poliméricas que dejen pasar ciertos gases y eviten el paso de otros, logrando así mantener la atmósfera modificada íntegra a pesar de la atmósfera exterior. De esta manera se logra un equilibrio entre los elementos gaseosos consumidos por el alimento y aquellos que este mismo produce.

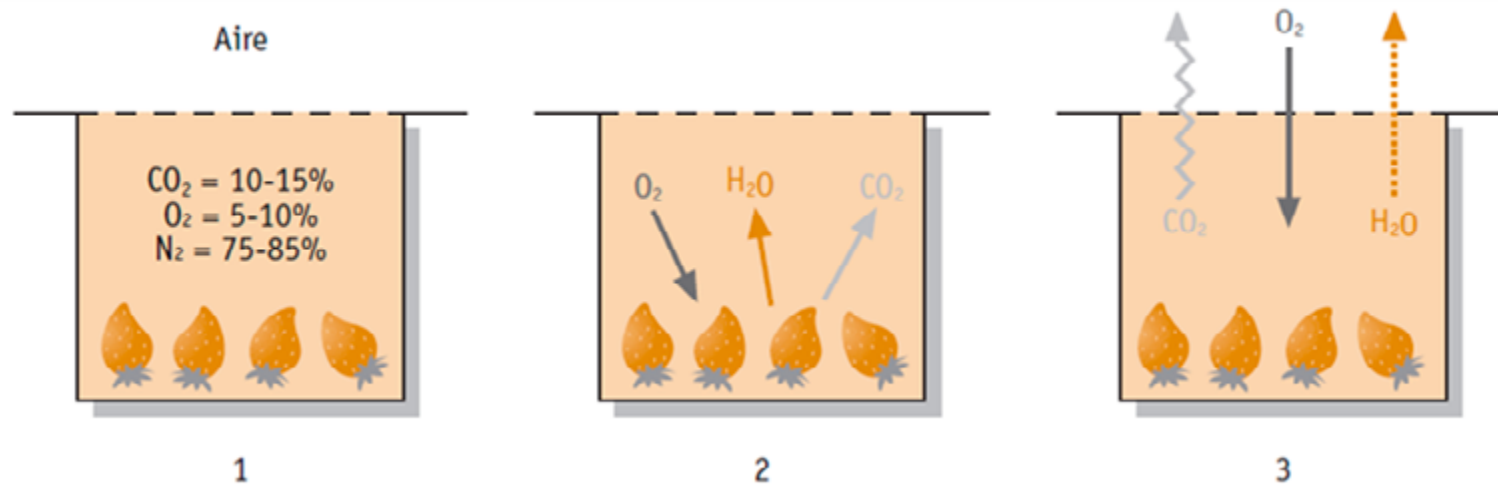


Figura 5. "Variaciones del ambiente gaseoso en envases con producto metabólicamente activos bajo una atmósfera modificada." (García I 2006)



Se observa en la Figura, "1) Composición inicial de la atmósfera protectora; 2) consumo de oxígeno y producción de dióxido de carbono y vapor de agua debido a los procesos metabólicos del producto; y 3) difusión de gases a través del material de envasado de permeabilidad selectiva."(García I 2006)

Los gases comúnmente utilizados para generar estas atmósferas artificiales son:

**Dióxido de Carbono:** Gas añadido al envase, como inhibidor del crecimiento de bacterias y hongos que dañan el producto; también ayuda a eliminar posibles micro-insectos de los alimentos. Su mayor eficiencia se da en bajas temperaturas, por lo que posee mayores resultados en productos refrigerados. Si se aplica en dosis muy altas provocará decoloración de los productos y puede agregar un sabor ácido en estos.

**Nitrógeno:** Gas inerte que se incorpora en los envases para controlar el nivel de oxígeno de estos, ya que este gas se utiliza como sustituto del Oxígeno, para así evitar el desarrollo de microorganismos aeróbicos. El nitrógeno además es utilizado como gas de relleno en los envases, previniendo el colapso que pudiese tener este por el CO2

**Oxígeno:** Es principalmente extraído del envase, debido a que fomenta la descomposición y oxidación de los alimentos, generando malos olores y apariencias en el producto, y fomentando el crecimiento de microorganismos patógenos en los alimentos. En algunos casos la extracción de este gas no es total, pero si elevada, ya que alimentos como los vegetales frescos, carnes y pescados necesitan de pequeñas dosis de oxígeno para su mantención, logrando de esta forma un aletargamiento metabólico.

Gases	Propiedades Físicas	Ventajas	Inconvenientes
Oxígeno	Incoloro Inodoro Insipido Comburente	Soporta el metabolismo de los vegetales frescos Mantiene el color de la carne fresca Inhibe aerobios	Favorece la oxidación de las grasas Favorece el crecimiento de aerobios
Dióxido de Carbono	Incoloro Inodoro Ligero sabor ácido Soluble en agua y grasa	Bacteriostático Fungistático Insecticida Mayor acción a baja temperatura	Produce el colapso del envase Produce exudado Difunde rápidamente a través del envase
Nitrógeno	Incoloro Inodoro Insipido Insoluble	Inerte Desplaza al oxígeno Inhibe aerobios Evita la oxidación de las grasas Evita el colapso del envase	Favorece el crecimiento de anaerobios (100% nitrógeno)

Tabla 5. "Propiedades físicas, ventajas e inconvenientes de los principales gases utilizados en el envase en atmósfera modificada." (García I 2006)

La ventaja más evidente de esta técnica es la prolongación del tiempo de conservación de los alimentos, el aumento de la vida útil de estos, pudiendo llegar entre un 50% a un 500%, aumentando los tiempos de posible venta, distribución, acopio y reposición de los alimentos.

De esto se desprenden una minimización de pérdidas de producto por motivos de pudrición y/o deshidratación, pudiendo garantizar una mejor calidad de alimento en estado fresco y con menor cantidad de conservantes artificiales que pueden alterar las propiedades organolépticas del producto con el pasar del tiempo. (Valencia 2014)

Por otra parte, el efecto visual en la presentación de los alimentos también se ve beneficiada con la utilización de esta técnica, ya que se produce un efecto fungicida debido a las altas concentraciones de CO2

En contraparte, las desventajas que presenta esta técnica, es su costo de inversión inicial, y de los gases a utilizar, subiendo el precio del producto final.

Los beneficios que presentan los packaging con atmosfera modificada se ven perdidos una vez que se abre el recipiente, ya que se realiza una mezcla de gases con la atmosfera exterior y ya no es posible para el consumidor normal volver a controlar la atmosfera interior.

Para una conservación en atmósfera controlada se requiere:

**-Depuradora de CO<sub>2</sub>:** Regula los niveles de CO<sub>2</sub> en la cámara frigorífica. Se conduce aire del recinto conservador a través de la depuradora, devolviendo aire purificado de CO<sub>2</sub>.

**-Depuradora de O<sub>2</sub>:** La fruta recupera las condiciones de atmosfera controlada tras llenar el recinto de concentración o cuando se abre una puerta.

**-Catalizadores de etileno:** Se usa para frutas que son sensibles al etileno en condiciones de atmosfera controlada. El catalizador elimina el etileno de las cámaras frigoríficas basándose en combustión catalítica, así se reduce hasta los niveles deseados.

**-Controladores:** miden y registran niveles de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> enviando estos gases a la depuradora, además es posible regular la refrigeración, medir el etileno y controlar el catalizador de etileno.

**-Humidificación:** Mantiene bajo control la humedad relativa debido a que en las cámaras la fruta pierde humedad y la refrigeración hace que el aire absorba el agua, reduciendo el tiempo de conservación y la calidad.

**-Cámaras frigoríficas herméticas:** Se compone de paneles aislantes con acabado hermético, se cierra mediante una puerta hermética con una ventana hermética montada en la puerta, en el pasillo o en el techo; así se pueden tomar muestras del producto y ver la fruta. La cámara frigorífica cuenta con un regulador flexible que recoge diferencias de presión de la cámara impidiendo la penetración de oxígeno, además cuenta con válvulas de presión y sobrepresión que permiten al regulador flexible soportar grandes diferencias de presión igualando las diferencias para evitar daños en la cámara. (Valencia 2014)

## Proceso de Ultra-congelación

Como la mayoría de los alimentos están compuestos por agua al congelarlos se congela el agua que contienen, si se hace de manera rápida se forma una mayor cantidad de cristales de hielo de un tamaño pequeño manteniendo la textura y el aroma original del alimento.

Cuando la congelación es lenta se forman pocos cristales, pero de un tamaño mayor, provocando la rotura de los tejidos celulares de los alimentos, perdiendo su textura al descongelarlos.

Los productos ultra-congelados son sometidos a una congelación rápida, logrando que los alimentos alcancen la temperatura máxima de cristalización de sus partículas. El proceso no debe tardarse más de 4 horas y es completado una vez lograda la estabilización térmica del producto, a  $-18^{\circ}\text{C}$  o inferior.

Una vez congelado se deberá tener el producto en una cámara a bajas temperaturas llegando alrededor de los  $-35^{\circ}\text{C}$ , mientras más baja sea la temperatura de almacenamiento, más larga será la vida útil del producto.

Para descender la temperatura en el proceso de ultra-congelación se trabajan con congeladores mecánicos que usan el aire o el contacto con superficies frías como medio de congelación. Otra manera de disminuir la temperatura es usando fluidos criogénicos que no son tóxicos ni transmiten olor ni gusto, éstos son principalmente el nitrógeno líquido y el anhídrido carbónico.

(EstadosUnido 1995)

## Congeladores criogénicos

Los congeladores criogénicos están en contacto directo con los alimentos, por esta razón los fluidos aplicados deben ser inertes y no proporcionar componentes que sean peligrosos para la salud, no deben alterar la composición del alimento ni alterar sus características organolépticas. Es por esto que la directiva de la Unión Europea acepta sólo al anhídrido carbónico en estado sólido (hielo seco), al nitrógeno y al aire como fluidos congelantes. Para la disminución de la temperatura se pone en contacto el líquido a muy bajas temperaturas con el producto a congelar y al ser la transmisión térmica notablemente superior, se realiza el proceso de congelación de manera muy rápida.

Estos dos últimos procesos mencionados juegan en contra con la Trufa Negra, ya que este hongo no posee crioprotectores (sustancia que penetra en los tejidos del hongo, impidiendo la formación de cristales de hielo cuando baja la temperatura), por lo que cuando la trufa se congela se cristaliza y una vez descongelados estos cristales, otorgan una gran cantidad de agua al hongo perdiendo muchas de sus propiedades organolépticas, como el olor y aroma. (Parmo 2014)

Por lo anteriormente señalado la mejor opción para envasar este preciado diamante gastronómico es la Atmósfera Controlada, con los gases idóneos para este tipo de hongo.

## Almacenamiento para la conservación de la trufa ya procesada

Los productos, una vez envasados y etiquetados tienen que ser almacenados a la espera de ser distribuidos. Es preciso preservar la integridad e inocuidad del producto durante esta etapa.

### Requisitos en zonas de almacenado

- El almacenado se debe realizar de forma que permita posibles rotaciones del producto, otorgándole seguridad en todo momento a la trufa.
- Las dimensiones deben ser suficientes para el volumen de producto que se almacena, optimizando el aprovechamiento de espacio. (Se embalan desde 50gr a 1kl como primera instancia, embalaje para exportación se hace en cajas de no más de 10 kls).
- Se debe disponer de cámaras de refrigeración y congelación en número suficiente, para una óptima mantención del producto. Estos equipos deben estar dotados de termómetros ambientales, con indicadores de temperatura visibles.
- Los estantes o estructuras deben estar en número suficiente para permitir almacenar todo el producto en alzada.
- El diseño debe permitir una limpieza y desinfección fácil, debe proteger en todo momento el hongo y poder otorgar las necesidades térmicas que éste requiera.

# **Marco Referencial**

---







## Casos de referencia en el mercado de la Trufa negra en Chile

En Chile el mercado de la comercialización de la trufa negra es muy reciente, y los paladares de los chilenos aún no están acostumbrados a este apetecido hongo, por lo cual se proyecta la producción a la exportación más que al mercado interno.

“Nuevos nichos como Estados Unidos, Japón y China pagan valores que fluctúan entre US\$ 1.500 a US\$ 2.000 por el kilo de producto fresco. El precio pagado por las trufas producidas en el hemisferio sur en los últimos años es en promedio de US\$ 1.000 a US\$ 1.200.”(redagricola.com 2017)

Desde el inicio de la década del 2000, Agrobiotruf en conjunto con la Fundación para la Innovación Agrícola trabajaron en el cultivo de la trufa negra en los suelos chilenos por medio de árboles micorrizados con las esporas del hongo. Con los años, Agrobiotruf fue creciendo y transmitiendo la idea de la producción de Trufa Negra en Chile a otros agricultores, vendiendo la materia prima para esto: los árboles micorrizados. (Garfias)



Imagen 38. Planta micorrizada. (trufaschile.cl).

Para el año 2010 la idea de cultivar trufa, viendo el potencial negocio que esto significaba gracias a las condiciones de suelo que otorga nuestro país, se había extendido a las regiones de Coyhaique, Panguipulli, Talca, Temuco, Chillán y Curicó



Imagen 39. Rafael Henríquez con Trufa. (atchile.cl)

Para el año 2011 en Chile se produjeron 3,5 kilos de Trufa Negra, y al año siguiente, otros 10 Kilos. “En el año 2016 se cosecharon 200 Kg de trufas en Chile, mientras que para 2017 se proyecta una producción de 300 Kg. El rendimiento promedio esperado para los cultivos en plena madurez, a 14 años de establecidos, es de 30 Kg de trufa fresca por hectárea” profundiza Rafael Henríquez”.(Mundoagro.cl 2017, redagricola.com 2017)

En la actualidad en Chile existe la Asociación Gremial de Truficultores chilenos (ATChile) compuesta por socios, viveros y académicos involucrados en el desarrollo y progreso del cultivo de las trufas, los cuales se ayudan en conocimientos y redes de comercialización. La ATChile reúne cerca de 80 hectáreas plantadas, correspondientes a 30 socios entre las regiones O’Higgins y Aysén. A nivel nacional los truficultores sobrepasan los 70, totalizando más de 400 hectáreas. (Mundoagro.cl 2017)

Hoy en día, Agrobiotruf comercializa 40 mil unidades de plantas micorrizadas por temporada, y ofrece asesorías al respecto tanto nacional como internacionalmente a nivel de Sudamérica.

Y como empresa que lidera la truficultura en Chile, este 2017 Agrobiotruf dio inicio a las primeras exportaciones a los mercados de Alemania, España y Estados Unidos, en una clara muestra de las interesantes proyecciones que tiene el cultivo de este hongo en nuestro país. La cosecha se realizó en el campo de Katankura en Coihueco, donde asistieron representantes de la Fundación para la Innovación Agraria (Garfias) y Corfo, entidades que a través de distintas instancias han apoyado al desarrollo de este rubro que aspira a llegar a las 1.000 hectáreas productivas al año 2025, lo que posicionaría a Chile como un actor relevante con un 10% del mercado mundial.” (Mundoagro.cl 2017)

El jefe de Programas y Proyectos de FIA, Rodrigo Gallardo comenta: “Este emprendimiento posee elementos de innovación evidentes, y hoy se presenta con interesantes perspectivas puesto que con el paso de los años la producción y la agregación de valor han aumentado de manera sostenida”. “Para la trufa existe un mercado internacional consolidado, por lo cual con estas iniciativas estamos ampliando nuestra canasta de productos exportables”, agrega el ejecutivo.

Emprendimientos como Katankura (empresa de Coihueco dedicada a la elaboración de productos trufados de exportación) y la recién creada Ruta Gourmet Secretos del Ñuble (fruto de un programa asociativo de Corfo) son muestras de las posibilidades que se abren a partir del cultivo de la trufa, “generando una oferta que porta la identidad territorial y cultural de la zona”, subraya Gallardo.(innovacionchilena.cl 2017)



Imagen 40. Trufas cosechadas. (atchile.cl)



## El Rol del Diseño en el packaging

*"Thinking about the first package ever, we imagine a burly, pre medieval nomad, nursing a mug of mead by a smoldering fire, gloomily pondering the prospect of leaving behind what's left of his hard-won roasted wild boar. Necessity called for invention, and packaging was born". (Ellicott 2010)*

*"Pensando en el primer package, nos imaginamos un rudo nómada pre-medieval tomando una taza de aguamiel ponderando sombríamente el dejar atrás lo que queda de su jabalí asado, duramente ganado. La necesidad llevó a la invención, y nació el Packaging. (Ellicott 2010)*

### Importancia del Diseño en el Packaging

A principio de 1900 los científicos se dieron cuenta que el sellado en lata extendía la vida de los alimentos. Los fabricantes de alimentos a su vez, se dieron cuenta de que la comida enlatada vendería mejor si tenía su nombre en él. Cuando el mercado y las técnicas de impresión avanzaron, los diseñadores empezaron a examinar los efectos del uso de tipografías y diseños decorativos en la venta de los productos.

En estos días, la creatividad del diseño de packaging no conoce límites. La tecnología, los recursos y habilidades permiten grandes efectos en el diseño. El diseñador tiene la capacidad de dominar diversas tipografías, colores, fotografías,

patrones de diseño e ilustraciones que son llamados en un encuentro único, pero también es necesaria la capacidad de conectar el producto y el consumidor a través de una idea.

La generación de la idea del diseño de un packaging es un proceso complejo. Es un vaivén entre lo práctico y lo imposible, una mezcla entre lo emotivo y la lógica, un juego entre lo verdadero y lo lúdico, es un proceso de constante búsqueda de nuevas fronteras. Se trata de un precario equilibrio de los opuestos, diseñados para atraer a los consumidores consciente e inconscientemente.

Los diseñadores deben considerar inevitablemente la experiencia del envase, el uso de este y la presentación del producto en su interior.

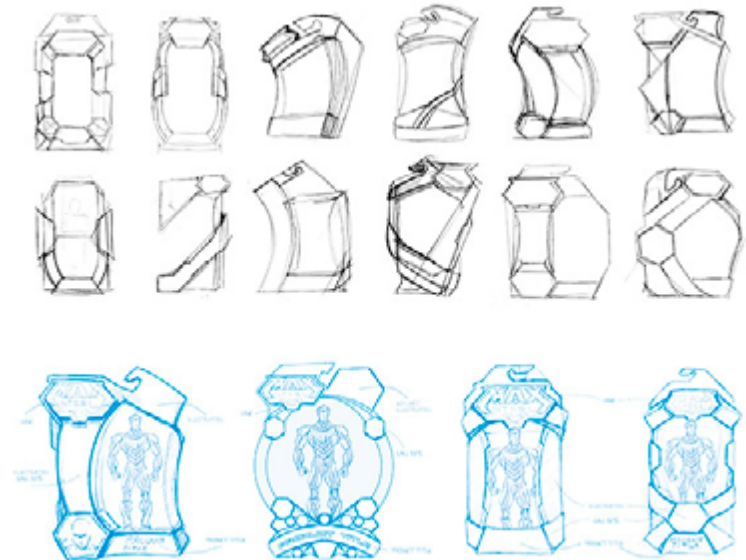


Imagen 41. Proyecciones en búsqueda de packaging. (behance.net\_ Vojtech Dvorak)

El diseño de packaging es un trabajo minucioso y duro, con el cual se obtiene un paquete que induce a los consumidores a recoger, olfatear, examinar, y en última instancia a comprar. A la vez, debe crear una experiencia de marca poderosa que atraiga la lealtad de los consumidores de por vida.

Para ser relevante, el diseño del embalaje deberá sugerir el producto contenido al público al que va dirigido. No tiene que hablar directamente, ni de manera obvia, pero la idea del diseño debe establecer una fuerte conexión con el consumidor, su lógica y su nivel emocional.

## Importancia Comercial

En un mercado donde, 90% de las decisiones son subconscientes según el laboratorio de marketing "Eyeonmedia" el llamar la atención del cliente se transforma en algo fundamental, ya que, según un estudio de este mismo laboratorio, dos segundos más de atención a un producto, equivalen a un 40% más de probabilidades de ser comprado, siendo el principal factor de atención de un producto la publicidad y el packaging que lo contenga. (Eyeonmedia 2017)

Para el mercado, el packaging cobra una especial importancia al momento de la elección de compra, recayendo una gran responsabilidad en el diseño, innovación e interacción del packaging, ya que puede conducir al éxito o al fracaso de un producto, y por ende de una marca. Por eso, un diseño de packaging original, distintivo y que llame la atención puede posesionarse con mayor éxito frente a un producto competidor de similares características. La creación de un buen packaging requiere un estudio previo del mercado y

de la competencia antes de su elaboración, para así lograr ser competente tanto en su gráfica, estructura y función, convirtiéndose de esta manera en la carta de presentación del producto, transmitiendo los ideales de la empresa.

El packaging desde un primer momento debe llamar la atención del consumidor y propiciar la elección de esa marca y no de otra. Además de presentar la información sobre seguridad, contenido, origen, ingredientes o instrucciones, debe también hacer uso del nombre, logotipo y colores corporativos del fabricante, elementos claves para identificar la marca. Esto último crea diferenciación con el resto de productos similares de la competencia en los estantes de los establecimientos de venta.



Imagen 42. Bla-Bla Cookies Packaging.  
(es.pinterest.com\_Amelia Roblin)

## Importancia Social

En la creación de un diseño de packaging, la evaluación de impacto ambiental tiene una gran importancia y a la vez un gran "plus" en el mercado. Los procesos productivos, la optimización de material, el uso de diferentes materiales, ya sean reutilizados o biodegradables, etc, y la capacidad de transformación y/o de segunda utilidad del packaging crean de este embalaje un producto con conciencia, mostrando una identidad de marca preocupada por el cuidado de nuestro planeta y entrando a un "Mercado Verde" que crece cada día con más fuerza.

Pero no sólo en este ámbito la generación de packagings tiene una importante connotación social. Una de las características principales de Diseñar un embalaje es crear una conexión entre cliente – producto – marca, pero a la vez, se puede crear una relación de cercanía e identidad totalmente circular entre el mismo Cliente – Producto – Marca – Productor. En este caso, se acrecienta la importancia que cumple el rol del diseñador al acercar productos que serán vendidos en grandes mercados, a una identidad de producción, de producto único en calidad, fortaleciendo la zona en que se desarrolla el producto y dándola a conocer al mercado y progresivamente al mundo global.



Imagen 43. Packaging Puma. (aprendermkt.com)

El desarrollo de la identidad de un packaging es un proceso de observación, conceptualización y caracterización específica, que no sólo está en las manos del diseñador, sino de toda la comunidad que está interactuando con el desarrollo del producto antes de la comercialización de este, ya que ellos son los que lo darán a conocer y a la vez constituyen parte fundamental de la identidad del producto y del sector que lo produce.

## Importancia en la Optimización del producto para exportación

*"Los envases y embalajes aportan a la cadena de valor del agro, siendo la industria alimentaria, a nivel mundial, la principal usuaria de packaging. Los envases y embalajes también ayudan a reducir la escasez de alimentación en países en desarrollo, en los cuales se pierde entre un 30% y un 50% de los alimentos sólo durante el transporte. Además, hay que considerar el porcentaje de pérdida por carencia de cadenas de frío adecuadas, particularmente por déficit de transporte y caminos apropiados como también por la falta de centros logísticos entre el campo y las áreas de venta." (Arrieta 2011).*

La industria de la agricultura incluye decisiones de diseño de packaging, desde las materias primas utilizadas hasta los equipos de almacenamiento, pasando por materiales de envases y embalajes, hasta soluciones logísticas y de transporte aéreo, marítimo y terrestre. En esta industria el Packaging tiene un valor agregado, incluyendo un servicio de mantenimiento y requerimientos logísticos del producto, logrando una optimización de este. Dicho valor es asociado a la funcionalidad, facilidad de uso, volumen de traslado y

de venta, ahorro de costos de producción y finalmente al deseo que debe provocar en el consumidor.

Conocer los requisitos que debe tener un buen embalaje de exportación es indispensable para conseguir que las mercancías puedan llegar a los diferentes destinos en perfecto estado y para que no haya problemas a la hora de su transporte y distribución al cliente final o a las diferentes plantas de montaje.

El diseño de un buen embalaje, dependerá de los productos que haya que enviar y del transporte que se vaya a usar. Hay que tener en cuenta una serie de factores básicos, tales como las condiciones climáticas a las que se verá sometido el empaque durante el transporte. También, que los envíos en contenedores que se transportan por vía aérea siempre requerirán un embalaje mucho menor, ya que con este sistema no hay tanto riesgo de daños o pérdidas. En cambio, si los productos van a pasar por varias transferencias es importante que tengan un buen embalaje interno, que prevenga los posibles daños por movimiento dentro de las cajas.

También el embalaje debe posibilitar una gran capacidad de apilamiento, lo que conlleva un ahorro en el transporte y almacenamiento del embalaje.

Junto con los medios de transporte y cadenas de frío, los envases primarios extienden la vida útil de los productos para que lleguen a destino o sean procesados en el menor tiempo y lo más frescos posible. Los envases secundarios y embalajes buscan optimizar la cadena de manipulación. Por otra parte, comercialmente vemos que los productos del agro adquieren mayor valor al ofrecer al consumidor una vida útil más prolongada o nuevos formatos y presentacio-

nes obtenidas por medio de nuevas tecnologías y sistemas de envasado.

Especialmente si se trata de productos de exportación, tales como porciones individuales en comparación con cajas con productos a granel, es necesario considerar que algunos países tienen regulaciones que se aplican a quienes producen, llenan, venden, o manipulan envases.



Imagen 44. Envase para frutas de exportación. (coroflot.com\_Packaging\_Pablo Gabriel Gonzalez Belloza)



## Tipología de packaging en la exportación de hongos

### Envasado mediante películas plásticas.

El material de envasado elegido debe ser capaz de mantener constante la mezcla de gases, impidiendo la entrada de oxígeno y la fuga de dióxido de carbono. Además, es importante que posea las características de antivaho y de pelabilidad. Con la cualidad del antivaho evitamos que las gotas de agua procedentes del vapor de agua se condensen en la superficie interna del envase. La soldadura de los envases además de ser resistente e impermeable, debe facilitar la apertura de la bolsa.

A continuación, se van a describir de forma resumida los distintos tipos de películas plásticas que se emplean actualmente en el envasado de frutas y hortalizas frescas.

#### Películas laminadas:

Estas películas están conformadas por láminas de diferentes materiales unidas mediante un adhesivo, en forma de sándwich. Las películas laminadas ofrecen una mejor calidad de grabado ya que la superficie impresa es incorporada entre las numerosas láminas que las constituyen y esto evita

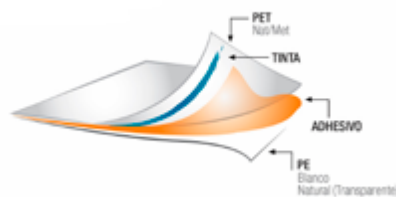


Imagen 45. Ejemplo de laminado. (lamitec.com)

el desgaste durante la manipulación. La desventaja de este tipo de películas es que el proceso de elaboración es caro lo que hace que este tipo de materiales no sea muy empleado. Las películas laminadas tienen una excelente calidad de grabado al ser impresas generalmente por el reverso sobre el polipropileno y embebidas en la película. Suelen emplearse con productos de baja o media actividad respiratoria, ya que las capas interfieren en la movilidad del oxígeno hacia el interior del envase.

#### Películas co-extruidas:

Se caracterizan por ser láminas producidas simultáneamente que se unen sin necesidad de adhesivo. Son más económicas que las películas laminadas, sin embargo, éstas últimas sellan mejor, pues el polietileno se funde y se reconstruye de forma más segura. Las películas co-extruidas son grabadas en la superficie y tienden a desgastarse con la maquinaria durante el llenado y el sellado. La velocidad de transmisión de oxígeno hacia el interior del envase es mayor que en las películas laminadas.



Imagen 46. Ejemplo películas co-extruidas. (plasticifica.com.br)

### Películas microperforadas:

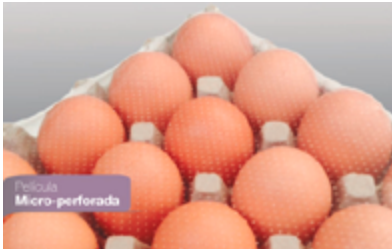


Imagen 47. Ejemplo película microperforadas. (co.darnelgroup.com)

Se emplean en aquellos productos que precisan de una velocidad de transmisión de oxígeno elevada. Se trata de películas que contienen pequeños agujeros de aproximadamente 40-200 micras de diámetro que atraviesan la película.

La atmósfera dentro del envase es determinada por el área total de perforaciones en la superficie del envase. Las películas microperforadas mantienen unos niveles de humedad relativa altos y son muy efectivas para prolongar la vida media de productos especialmente sensibles a las pérdidas por deshidratación y de deterioro por microorganismos.

### Membranas microporosas.

La membrana microporosa se emplea en combinación con otras películas flexibles. Se coloca sobre una película impermeable al oxígeno la cual tiene una gran perforación. De esta forma se consigue que todos los intercambios gaseosos se produzcan a través de la membrana microporosa, que tiene unos poros de 0,2-3 micras de diámetro. La velocidad de transmisión de oxígeno

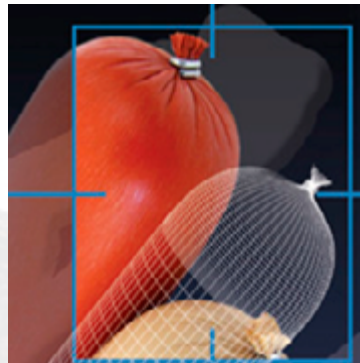


Imagen 49. Ejemplo Membrana Microperforada. (nabelsrl.com.ar)

no se puede variar cambiando su espesor o modificando el número y tamaño de los microporos que conforman la membrana.

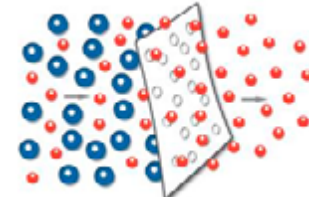


Imagen 48. Visualización del principio de membrana microperforada. (procesosbio.wikispaces.com)

### Películas inteligentes.



Imagen 50. Ejemplo de Película Inteligente o Activa. (img.interempresas.net).

Englobadas dentro de los llamados envases activos, son aquellas que están formadas por membranas que crean una atmósfera modificada dentro del mismo y que aseguran que el producto no consuma todo el oxígeno del interior y se convierta en una atmósfera anaerobia. Estas membranas

o películas inteligentes impiden la formación de sabores y olores desagradables, así como la reducción del riesgo de intoxicaciones alimentarias debido a la producción de toxinas por microorganismos anaerobios. Estas láminas son capaces de soportar variaciones de la temperatura de almacenamiento de hasta 3-10°C e incrementan la permeabilidad a los gases (velocidad de transmisión de oxígeno) mil veces cuando la temperatura aumenta por encima de la temperatura límite establecida, evitando la aparición de procesos de anaerobiosis.

## EL FLOW-PACK



Imagen 51. Ej. envasado por FLOW-PACK. (suberryinternational.com)

El flow-pack es un sistema de envasado que se aplica a numerosos productos. El envase está formado por una lámina de film, normalmente polipropileno, que la máquina conforma y sella para formar el envase. Se caracteriza por una sutura longitudinal en el centro y sendas suturas en los extremos delantero y trasero. En los productos hortícolas, este tipo de envase puede emplearse con o sin bandeja, como es el caso de las fresas y de los pimientos tricolores respectivamente.

El flow-pack reúne una serie de ventajas:

- Perfecta visibilidad del producto.
- Potenciación del aspecto por la transparencia y brillo del polipropileno.
- Posibilidad de identificar el producto, tanto por impresión del mismo film, como por la adhesión de etiquetas, con el agregado de una dispensadora a la máquina de flow-pack.
- Inviolabilidad del empaquetado; una vez abierto el envase no puede dejarse como estaba.
- Altas producciones en empaquetado, a costes moderados.
- Fácil e higiénica manipulación en el punto de venta. El cliente puede tomar el producto sin ensuciarse las manos y sabiendo que nadie lo ha podido manipular.
- Adecuación al tipo de producto. El polipropileno puede ser perforado con diferentes tamaños de orificio, dependiendo de las necesidades de ventilación de la especie envuelta. (AGRI-NOVA-Science)

## Envases Inteligentes O Activos

Son aquellos envases que interactúan con el consumidor y/o el elemento que contienen, otorgando información relevante con relación a la calidad del producto, ya sea en su cadena de frío, el estado de frescura o estado de maduración entre otros factores.

Estos envases activos también pueden liberar o absorber sustancias determinadas desde o hacia el interior de este, (como se mencionaba la membrana inteligente párrafos anteriores), permitiendo de esta forma alargar el estado de frescura y la vida útil de los alimentos que contengan.

“Los elementos activos de estos envases pueden generar cambios tanto en la composición como en las características organolépticas del producto.”(Quezada 2013)

“Los sistemas de envases inteligentes, que pueden ser incorporados como etiquetas, encontrarse al interior del envase o estar impresos directamente sobre el material de envasado, permiten indicar y monitorear la frescura y buen estado del producto a lo largo de la cadena de valor”(Quezada 2013)



Imagen 54. Ejemplo de envases activos de carnes rojas. (perierga.gr)



Aplicaciones y tecnologías de envases activos	
Aplicación	Elementos
<b>Absorber / Expulsar</b>	Oxígeno, dióxido de carbono, humedad, etileno, sabores, contaminantes
<b>Liberar / Emitir</b>	Etanol, dióxido de carbono, antioxidantes, preservantes, dióxido de azufre, sabores y pesticidas
<b>Remover</b>	Lactosa y colesterol
<b>Control de temperatura</b>	Aislantes, envase autocalentante, envase cocinante, susceptible de microondas y envase termosensible
<b>Control microbiano</b>	UV y superficie de envases tratada

Fuente: Pasado, presente y futuro de los envases activos e inteligentes para carnes. Universidad Nacional de Irlanda.

Imagen 52. Aplicación en contacto con el producto. (agrimundo.cl)

Aplicaciones y tecnologías de envases inteligentes	
Aplicación	Elementos
<b>Indicar calidad e inocuidad</b>	Indicadores de tiempo y temperatura (ITT), dispositivo sensible a gases, indicador de actividad microbiana, detector de patógenos
<b>Trazabilidad</b>	Identificación con radiofrecuencia (etiquetas, chips)
<b>Indicar autenticidad</b>	Imágenes o logos holográficos, elementos impresos escondidos, identificación con radio frecuencia

Fuente: Pasado, presente y futuro de los envases activos e inteligentes para carnes. Universidad Nacional de Irlanda.

Imagen 53. Aplicaciones interacción con el cliente. (agrimundo.cl)

## Referentes de Packagings en alimentos y otros objetos.

El packaging en alimento ha experimentado varias innovaciones en los últimos años, saliendo de encasillamientos convencionales y variando tanto en formas como en materialidades. En la actualidad se busca una optimización en procesos productivos, en ahorro de materiales y una multiplicidad en las funcionalidades posibles de un embalaje.

Es así como se crean packagings orientados no sólo a la protección del producto, sino que también en muchos casos son estos embalajes los encargados de presentarlos, darles superioridad, facilitar su consumo, generar y obtener la atención inmediata por medio de un sutil juego de intriga.

A continuación, veremos algunos ejemplos de packaging tanto de alimentos como de objetos comunes, que hacen mención a lo descrito anteriormente.



Imagen 55. Diseño en Cartón.  
° Packaging Essentials. 100 design principles for Creating Packages. Autores: Sarah Roncarelli and Candace Ellicott. 2010. Rockport Publishers, INC. Pág. 2

“En este packaging, los diseñadores toman como referencia una caja de cartón como un contenedor para una serie limitada de chocolates que imita huevos de gallina. El paquete en sí es un cartón cortado con láser y con una etiqueta adhesiva diseñada para parecerse a un recibo, aumentando el contraste entre las cajas y los exclusivos chocolates en su interior.”(Ellicott 2010)

Proyecto: Producto Package Design

Firma: Zoo Studio

Diseño: Gerard Calm; Jordi Serra

Cliente: Rubén Álvarez



Imagen 56. Innovación en materiales. ° Packaging Essentials. 100 design principles for Creating Packages. Autores: Sarah Roncarelli and Candace Ellicott. 2010. Rockport Publishers, INC. Pag. 34

“Este packaging descontextualiza el rutinario embalaje de vestimenta y utiliza la imagen de un packagin alimentario, innovando en materialidad utilizando plástico reciclable HDPE #2 y cambiando la convención de imagen existente para el embalaje de poleras de algodón” (Ellicott 2010)

Proyecto: Producto Package Design

Firma: Viidrio Design

Diseño: Ruben Trelles

Cliente: Viidrio



Imagen 57. Diseño conveniente y funcional.

◦ *Packaging Essentials. 100 design principles for Creating Packages.* Autores: Sarah Roncarelli and Candace Ellicott. 2010. Rockport Publishers, INC. Pag. 189



Imagen 58. Diseño Plegados. ◦ *Packaging Essentials. 100 design principles for Creating Packages.* Autores: Sarah Roncarelli and Candace Ellicott. 2010. Rockport Publishers, INC. Pag. 46

“Esta línea de productos promueve un enfoque mix-and-match de Snack. Cuando se abre la caja, los frutos secos y las nueces salen a exposición, convirtiéndose el embalaje en un conveniente dispensador. La caja se abre en el centro para hacer dos compartimentos, cada uno con suficiente y amplio espacio para mantener los paquetes de snack. Este packaging aumenta las funciones normales de un embalaje, siendo no sólo un packaging, sino que también un dispensador.” (Ellicott 2010)

Proyecto: Producto Line Package Design

Firma: Internal Design

Diseño: Antonio Jaô Policarpo

Cliente: Boa Boca Gourmet

“Como el origami, el plegado se puede utilizar para crear la forma. En ciertos casos, este enfoque de diseño entrega rigidez y economía en el proceso de acabado. Siempre se debe probar la fuerza del concepto y el plegado con el material real a utilizar antes de comprometerse a un troquel final para evitar cualquier contratiempo” (Ellicott 2010)

Proyecto: Producto Package Design

Firma: Aloof Design

Diseño: Sam Aloof, Jon Hodgkinson

Cliente: Heal´s

Generar estructuras por medio del plegado es una técnica famosa por el origami y muy utilizada en la industria de la metalurgia, por lo que se busca fuera de los contextos convencionales nuevas técnicas aplicadas al diseño de un embalaje.



Imagen 59. Cuchillo-mantequilla, funcionalidad. ° Prototipo Yeongkeun. Obtenido <http://www.mique.es/blog/>

Este prototipo de Yeongkeun nos demuestra de una manera lúdica una solución fácil, funcional y rápida. Este packaging no sólo contiene la mantequilla, sino posee en sí mismo un elemento para poder esparcirla de manera rápida y efectiva, sobre todo en situaciones de picnic o en medio de un vuelo en avión. Este tipo de packaging proporciona más de una función al cliente, otorgando a la vez una experiencia de uso al usuario, quien crea inmediatamente un lazo emocional, visceral con el producto.



Imagen 60. Naturalidad de producto, apilabilidad. ° Honey concept. Diseñado por Maksim Arbuzov. Obtenido en <http://www.mique.es/blog/>

“Las formas naturales son la mejor manera de mostrar la naturalidad del producto. Se necesita una única forma para entender lo que está dentro del envase. La miel tiene que parecerse a la miel. Es por ello que este paquete es tan simple y limpio. Hay que disfrutar el olor y el sabor de la miel. Nada más debería molestar”. Estas son las palabras de Maksim Arbuzov, quien, por medio de un sencillo, pero complejo diseño nos presenta un packaging limpio, que exhibe en la totalidad al producto en su interior y logra captar la atención del cliente exacerbando una convención impregnada en la sociedad, como lo es la asociación del panal de abejas con la miel. Este embalaje logra la optimización de volumen en exhibición, creando a la vez un juego de colores con los diferentes tipos de miel que se ofrecen.





Imagen 61. Packacking de alimentos. ° Packaging Essentials. 100 design principles for Creating Packages. Autores: Sarah Roncarelli and Candace Ellicott. 2010. Rockport Publishers, INC. Pag. 99

“Ferroconcrete fue solicitado a marcar una nueva y sofisticada tienda de fruta llamada la Casa de la fruta decadente. El nombre empleado fue inspirado por la primera tentación de la fruta en el Jardín del Edén. La solución era caracterizar la fruta como el dibujo del empaquetado simplemente permitiendo que el consumidor vea la calidad a través del plástico claro. El uso táctil de la tipografía en las cintas y las etiquetas comunicaba una sofisticación atractiva y sencilla.” (Ellicott 2010)

Proyecto: Producto Package Design

Firma: Ferroconcrete

Diseño: Yolanda Santosa, Wendy Thai, Sunjoo Park, Ann Kim

Cliente: éple

“La Fotografía se utiliza en este ejemplo para capturar los sabores de frutas frescas que se han añadido a los productos. La fotografía transmite el verdadero sabor a fruta del agua, al tiempo que aumenta las características del producto.” (Ellicott 2010)

Proyecto: Producto Package Design

Firma: Pemberton & Whitefoord Design Consultants

Diseño: Simon Pemberton, Barry Crombie A. Whitefoord

Cliente: F & E Water



Imagen 62. Resaltar con fotografías. Packacking de alimentos. ° Packaging Essentials. 100 design principles for Creating Packages. Autores: Sarah Roncarelli and Candace Ellicott. 2010. Rockport Publishers, INC. Pag. 152



Imagen 63. Diseño innovador. .  
° Packaging Essentials. 100 design principles for Creating Packages. Autores: Sarah Roncarelli and Candace Ellicott. 2010. Rockport Publishers, INC. Pag. 49

“La forma de la botella transmite la sensación de que acaba de ser cortada, tal vez por una espada de samurai. El gracioso envase de la botella invita a los consumidores a recogerlo y a recorrer con los dedos a lo largo del corte en el vaso.” (Ellicott 2010)

Proyecto: Producto Package Design

Firma: Arthur Schreiber

Diseño: Arthur Schreiber

Cliente: Concept Piece

“La preocupación por la eficiencia, la interacción y el medio ambiente llevó al equipo de diseño a formar una caja de papel de pulpa compuesta de 100 por ciento de residuos post-consumo (PCW) alrededor de un par de zapatos de running Newton. La forma reduce la cantidad de espacio de estante y llama la atención a los zapatos.” (Ellicott 2010)  
Proyecto: Producto Package Design  
Firma: TDA Advertising & Design  
Diseño: Thomas Dooley, Matthew Ebbing  
Cliente: Newton



Imagen 64. Diseño de envases por molde. ° Packaging Essentials. 100 design principles for Creating Packages. Autores: Sarah Roncarelli and Candace Ellicott. 2010. Rockport Publishers, INC. Pag. 43





# **Análisis Sistémico**

---





## Procesos y gestos involucrados

Para llegar al envasado final de la trufa, se sigue una serie de procesos dependientes el uno del otro, que permiten el óptimo e idóneo envasado, distribución y final uso de este hongo.

Los primeros cuatro procesos previos al envasado de la trufa, son básicamente aquellos que permiten la vida y obtención de este hongo:

- 1.- Proceso de Micorrización de árboles
- 2.- Proceso de cultivo de la trufa
- 3.- Proceso de Cosecha de la Trufa
- 4.- Proceso de Limpieza de la Trufa

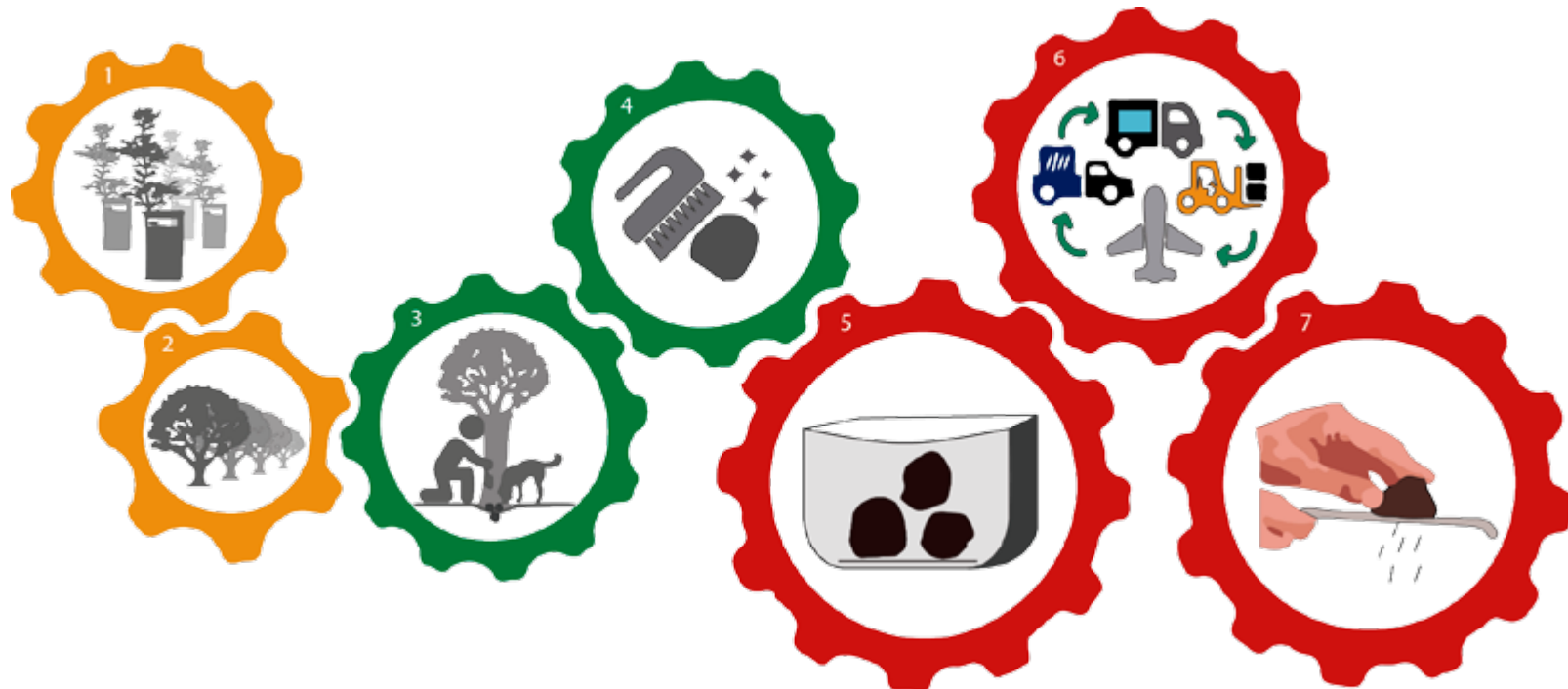


Figura 6. Diagrama de Procesos de la trufa. (Elaboración Propia)

Dentro de estos, los dos últimos, tienen suma importancia en la calidad del producto final, ya que una buena cosecha, cuidadosa y delicada, logrará una trufa sin piquetes de pala, sin cortes ni rasgaduras. Siguiendo, el proceso de limpieza es vital para el envasado, ya que como se menciona anteriormente la trufa limpia y desinfectada tiene una perspectiva de vida mucho mayor a aquella que no pasa por todo este proceso.

Los siguientes tres procesos toman una gran relevancia para la elaboración de estudios y posteriores propuestas de diseño del packaging de la Trufa:

- 5.- Proceso de envasado
- 6.- Proceso de transporte
- 7.- Proceso de uso

Estos tres últimos procesos necesitan otorgar protección al hongo, ya sea en su integridad física, como en la mantención de sus propiedades organolépticas, logrando alargar la vida útil y el estado de frescor de la Trufa Negra, para su posterior uso.

El proceso de envasado de la trufa negra, es diferente según cada productor, ya que la venta de la trufa negra se da en tres ambientes muy diferentes: Directo para restaurantes, en ferias específicas y a consumidor, principalmente vía web.

La venta en ferias específicas de cosecha, se da básicamente en el continente europeo en plena época de cosecha, por lo que en este mercado no existe un envasado de la trufa, sino que se vende a granel, in situ. Este tipo de venta ha tenido un gran auge gracias al micro-turismo, el cual no sólo

da a conocer más del cultivo y cosecha de estos hongos, sino que también hace partícipe al turista de esta actividad, fomentando la venta final del producto.



Imagen 65. Venta de trufa negra en la feria de la cosecha de Burgos. (soriashop.com)

En el caso de la venta a restaurantes, la trufa se vende envasada o en algunos casos a granel, directamente desde el productor, dando la opción a los administradores y/o chefs de escoger la trufa específica a llevar. En la actualidad, la venta a granel es cada vez más escasa,

ya que el mercado europeo hace pocos años empezó a cultivar por medio "artificial", es decir, por medio de la infección de árboles, la trufa negra, ya que anteriormente se daba de forma natural en los suelos españoles, italianos y sobre todo franceses, pero la sobre-explotación y poca regulación creó escasez de este diamante negro.

El envasado de la Trufa Negra en la actualidad se realiza para una corta duración en la mayoría de los casos.

El estudio más avanzado con relación a la aplicación de nuevas tecnologías para el envasado de la trufa negra, lo lleva a cabo el Dr. Domingo Blanco Parmo junto a un equipo de la universidad de Zaragoza, quienes han asesorado a trufas españolas para el envasado de estas.

Aquí vemos dos casos de trufas españolas (Trufato y Truf-box) que han desarrollado un packaging para la venta online



Imagen 66. Packaging trufa trufato. (quelinka.com)



Imagen 67. Packaging trufa trufbox. (la-gastronoma.com)

de sus trufas, en el cual ofrecen trufas negras con despacho exprés de 24hrs/48hrs, para así poder asegurar la frescura de su producto.

En ambos casos se elige el cartón como material principal de elaboración. En el caso de Trufato, se presenta un packaging con un borde mínimo de contacto con la trufa negra. En el caso de Trufabox, optan por una caja cuadrada que contiene un paño para proteger y absorber la humedad que genera la trufa.



Imagen 68. Packaging Domingo Blanco. (artedellaterra.com)

En estas imágenes vemos trufas asesoradas que han implementado un packaging con atmosfera modificada, que otorgan mayor tiempo de frescura a la trufa asegurando, en el caso de la investigación de la Universidad de Zaragoza y Domingo Blanco, una duración de hasta un mes.

En estos casos se proponen cajas plásticas, con un film superior micro perforado para permitir la respiración del hongo. En ambos casos este packaging depende de un envase mayor aislante de temperatura, y se deben acompañar de hielo gel y/o una forma de refrigeración continua.



Imagen 69. Packaging Aragotruf (aragotruf.com)

Estos packaging si bien se preocupan de la atmosfera controlada y de las propiedades organolépticas de la trufa, dejan de lado el cuidado físico de esta, y a su vez se desprecupan del diseño corporativo de marca, a diferencia de los otros dos casos anteriormente expuestos.



## Gestos involucrados

Tomando la referencia de los packaging con atmosfera controlada, se identifican los siguientes gestos para la aplicación de estos.

1.- Retiro del packaging vacío del lugar de acopio



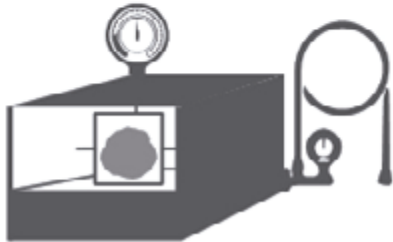
2.- Posicionamiento de la trufa en el packaging



3.- Cerrado/sellado de packaging de packaging



4.- Introducción de gases



5.- Aplicación de etiqueta



6.- Posicionamiento en lugar de acopio



Imagen 70. Gestos proceso de envasado. (Elaboración propia).

Terminado el proceso de envasado, se inicia el proceso de transporte, donde muchas veces no se tiene el mayor cuidado con los objetos transportados.

Dentro del transporte es importante mencionar la optimización que debe incluir el diseño del packaging, ya que el transporte en el caso de la trufa negra a mercados europeos, se debe realizar en avión debido a los cortos tiempos de frescura de este hongo.

En este proceso se pueden observar los siguientes gestos y tareas.



Imagen 71. Gestos proceso de transporte. (Elaboración propia).

El proceso de transporte puede llegar a ser repetitivo en los puntos 2, 3, 4, 5 y 6 las veces que se requiera.

Finalmente, el producto llega al cliente, quien al momento de adquirirlo interactuará no sólo con la Trufa Negra, sino que también con el envase que la contiene. Esta interacción no es sólo en la instancia que el usuario saca por primera vez el hongo, ya que por las propiedades de intenso aroma y sabor que tiene, en muy pocas ocasiones se utiliza en una sola preparación la totalidad de la trufa, por lo que es nuevamente guardada para una próxima oportunidad.

En el proceso de uso de la trufa, relacionándolo con el packaging de ésta, se observan los siguientes gestos.

1.- Apertura del packaging



2.- Extracción de la trufa



3.- Utilización de la trufa



4.- Guardado de la trufa sobrante en packaging



5.- Cerrado del packaging



6.- Almacenamiento del packaging



Imagen 72. Gestos proceso de uso. (Elaboración propia).

Los puntos 4, 5 y 6 se pueden repetir las veces que sea necesario hasta consumir la totalidad de la trufa.

# Planteamiento del Proyecto

---







## Oportunidad de Diseño

La contra temporada de cosecha en relación al mercado europeo, le da a nuestro país y a los productores chilenos de trufa negra, la posibilidad de entrar de manera inmediata a este mercado en países donde la trufa negra tiene un gran prestigio gastronómico, tales como Francia, España, Italia en el mundo europeo y Estados Unidos, Canadá y China en el resto del mundo.

En el mercado europeo, aproximadamente entre los meses de Mayo – Noviembre, se suelen encontrar mensajes como el que vemos en la Imagen 73. Dando aviso de esta forma de la inexistencia del producto cuando no se encuentran en temporada de cosecha.

En Chile el consumo de trufa aún no está arraigado en los paladares, por lo que los cultivos truferos están orientados a la exportación de trufas de primera calidad al mercado europeo, o bien a la venta de productos derivados de este hongo.

Se visualiza evidentemente una gran proyección de negocio posibilitando la exportación de este hongo, pero existe el problema de la delicadeza de la Trufa Negra y la corta duración de las propiedades organolépticas tan apetecidas en la gastronomía.

Es por esto que el solucionar este problema, alargando el estado de frescura de la trufa para poder lograr la exportación, es una gran oportunidad de diseño, que permitirá desarrollar un gran nicho de negocios creando una nueva exportación agrícola para nuestro país, que suma una gran experiencia y prestigio en las exportaciones silvoagropecuarias.



Imagen 73. Compra online de trufa Negra en España. (Trufato.es)

## Propuesta conceptual

Teniendo en cuenta el problema y oportunidad que representa este hongo en el desarrollo del mercado nacional e internacional, se pretende conseguir una solución por medio de un **Packaging activo** para proteger las propiedades organolépticas y la integridad física del hongo **Tuber Melanosporum (Trufa Negra)**, a objeto de alargar así su vida útil para posibilitar la prolongación de su venta y exportación, asegurando su calidad en estado fresco.



Imagen 74. Trufas en mano de chef. ([diariodegastronomia.com](http://diariodegastronomia.com))

## Requerimientos de Diseño

- Debe proteger la integridad física de la Trufa, imposibilitando golpes accidentales del hongo al interior del packaging
- Crear una atmosfera idónea para los requerimientos biológicos de la Trufa.
- Mantener temperaturas entre 1°C y 4°C para lograr un letargo del hongo, para así alargar su estado de frescor.
- Permitir la respiración del hongo.
- Absorber el exceso de humedad generado por la trufa.
- Crear un mínimo apoyo en la superficie de la trufa para evitar pudrición en zona de contacto.
- Permitir la apilabilidad para transporte en cantidad
- Dar carácter de exhibidor al packaging que contenga la trufa
- Crear una asociación de producto como producto gourmet.



## Hipótesis

Encontrándose un mercado fuertemente consolidado en el continente europeo, la exportación de las trufas chilenas hacia países como Francia, España e Italia parece casi lógica, pero la corta duración de la Trufa Negra una vez que madura (3 a 5 días), dificulta la venta y exportación de ésta una vez cosechada.

Según los últimos estudios de la Universidad de Zaragoza y el Profesor Domingo Blanco Parmo, la trufa podría extender en aproximadamente 1 mes su estado de frescor, otorgándoles las condiciones y atmosferas idóneas para formar un letargo en este hongo, evitando la sobre maduración y pudrición en el corto plazo.

Este proyecto busca unir los requerimientos reflejados en la investigación del Profesor Blanco, con los requerimientos de protección física de la trufa negra y los requerimientos característicos de un buen packaging, en cuanto a los temas sociales, ambientales y económicos de este.

Es por esto que se plantea crear un packaging con una atmosfera controlada reflejada en el estudio del profesor, que permita el letargo y extensión vital del hongo como lo señala en sus estudios, pero a la vez se piensa en un packaging que proteja de posibles golpes a la trufa y a la vez que presente la menor cantidad de superficie de apoyo entre trufa y envase. Ya que esto aumenta la posibilidad de pudrición por exceso de humedad en la zona. Junto a lo anteriormente mencionado se proyecta utilizar métodos de absorción de humedad y otorgar las mayores propiedades bacteriológicas posibles, para así poder proteger al hongo.

Si con este packaging se logra alargar el estado de frescor de la Trufa Negra, protegiéndola tanto organoléptica como físicamente, se posibilitará su venta a nuevos mercados, tanto nacionales como en el extranjero.

# Desarrollo Formal

---







## Génesis Formal

Como primera medida en la búsqueda de forma de packaging, se establece el tamaño y forma de qué es lo que contendrá: la trufa.

La trufa comercial de primera calidad es de 30gr a 200gr aproximadamente, con forma globosa irregular, con diámetros aproximados entre los 4 a 7 cm de diámetro, sin cortes ni piquetes.



Figura 7. Tamaños de trufas. (Elaboración propia)

Para esto se realizan maquetas formales de Poli estireno expandido, estableciendo los tamaños y buscando semejanza formal en la irregularidad y rugosidad.

Posteriormente se les agrega el peso estimado para cada tamaño, por medio del vaciado del globo de poliestireno, seguido por el llenado de éste con plomo para lograr simular el peso en el pequeño tamaño definido.



Imagen 77. Maquetas trufas 1. (Elaboración propia)



Imagen 75. Maquetas de trufas con peso. (Elaboración propia)

Los pesos estimados son:  
35 gramos para 4 cm de diámetro; 98 gramos para 5,5 cm de diámetro y 180 gramos para 7 cm de diámetro.

Para finalizar las maquetas, se cierra el globo y se cubre con una mezcla de topex, pasta muro y pintura blanca.

Una vez definidos los tamaños y pesos de las trufas, se realiza una primera búsqueda de la línea de diseño posible para el packaging. Por medio de la técnica del plegado, que otorga la adaptabilidad necesaria para la forma y tamaños posibles de la trufa, se investigan posibles aproximaciones de formas.



Imagen 76. Maquetas de trufas con y sin peso. (Elaboración Propia)

*"Todos los diseñadores pliegan.*

*Es decir, todos los diseñadores doblan, curvan, plisan, recogen, anudan, giran, acanala, ondulan, retuercen, enrollan, arrugan, abollan, facetan o envuelven hojas de dos dimensiones, y mediante el plegado crean objetos tridimensionales. Éstos no parecerán piezas de origami, o el plegado sólo será un detalle en ellos, pero habrán sido doblados de alguna manera, en todo o en parte. Casi todos los objetos están hechos de hojas (tejido, plástico, metal o*

*cartulina) o fabricados con piezas que se usan para hacer láminas (como ladrillos: una pared de ladrillos es una forma laminar). El plegado puede considerarse una de las técnicas de diseño más comunes." (Jackson 2011)*

Para esta búsqueda de forma por medio de los pliegues, se toma como referencia el libro de Paúl Jackson: Técnicas de plegado para diseñadores y arquitectos, obteniendo los siguientes resultados:

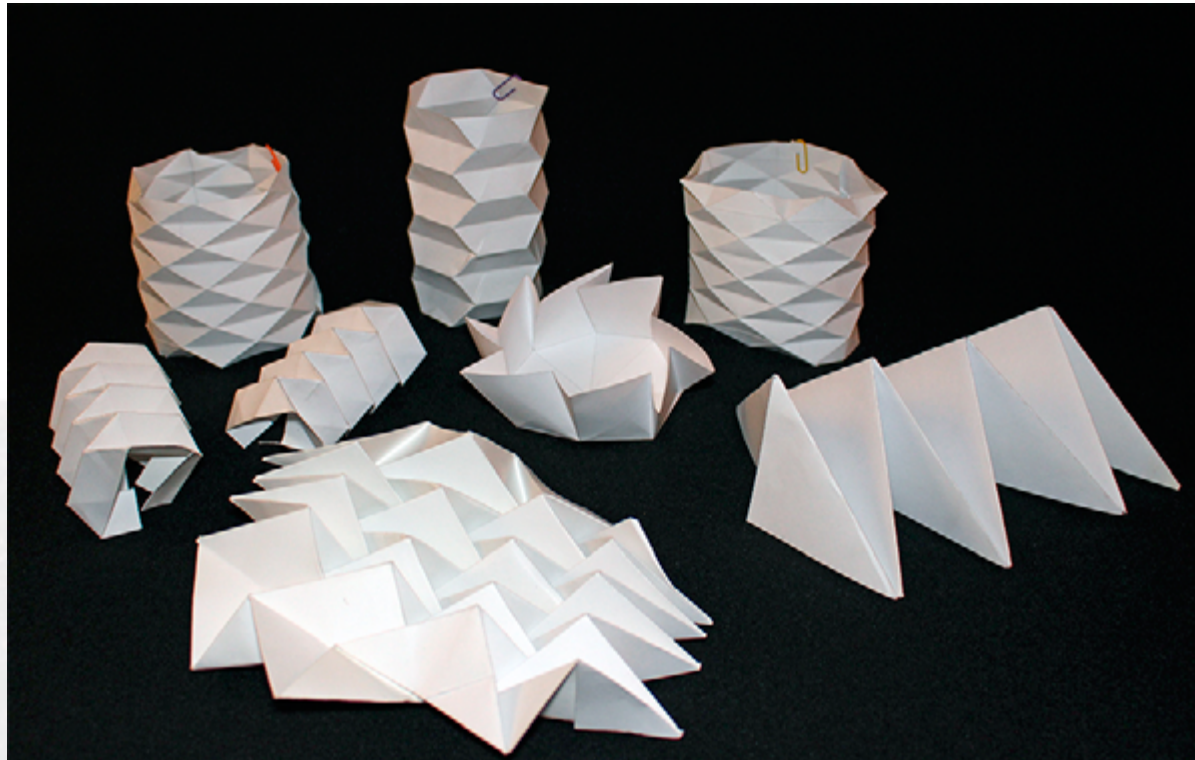


Imagen 78. Búsqueda formal con plegados. (Elaboración propia)

Se inicia la experimentación de formas con un plegado sencillo de movimiento simétrico de traslación de una misma geometría, tal como lo muestra la figura del diagrama de plegado 1, dando a entender el origen de la forma que genera el origami.



En este caso se genera una trama lineal de plegados, realizando en una cartulina blanca los plegados que indica la figura del diagrama,

Figura 8. Diagrama de Plegado 1. (Técnicas de plegados para diseñadores y arquitectos. p31)

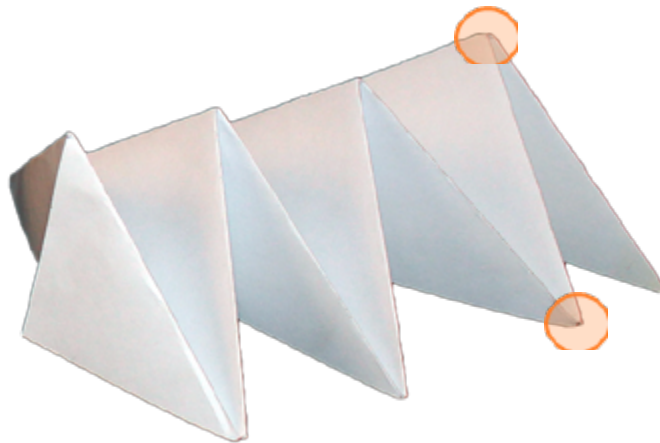
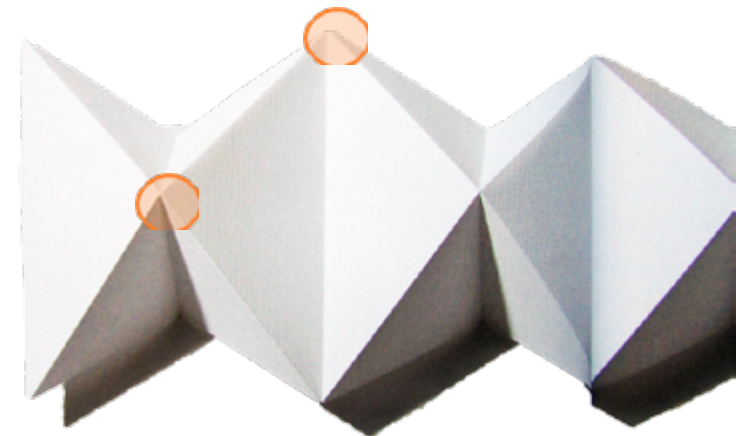


Imagen 79. Experimentación de Formas plegadas 1. (Elaboración Propia)

donde las líneas verdes corresponden un lado de doblez, mientras que las líneas anaranjadas indican el lado contrario.

Con este procedimiento se crea una forma tridimensional con capacidad de variar su longitud gracias a los dobleces ejecutados, pudiendo comprimirse y estirarse hasta los límites que el papel le permite.

Las aristas producidas por los plegados realizados otorgan el esqueleto de la figura, generando los puntos de resistencias a fuerzas tanto laterales como superiores. Entre más abierto se encuentre este ángulo, menor resistencia a estas fuerzas tendrá la figura.



Como figura lineal esta forma pierde sus propiedades de plegado si se intenta crear en forma cilíndrica y/o circular, por lo que la protección que otorga gracias a sus aristas, no podría ser aprovechada en su totalidad por elementos esféricos o similares.

Es por esta razón que se continúa la experimentación con un modelo que se acerque a una forma más envolvente, otorgando mayor protección en su interior.

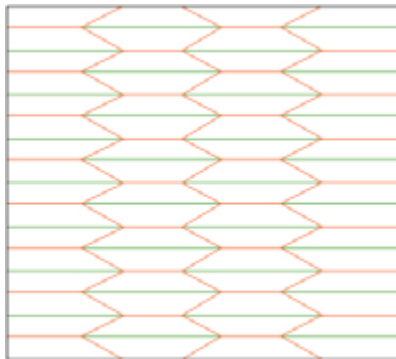


Figura 9. Diagrama de plegado 2. (Técnicas de plegados para diseñadores y arquitectos. P143)

Se prueba una malla de plegados consistente en tres líneas de plegado en "V", con ángulos entre los trazos de 60°, buscando una extensión mayor en el plegado.

Según la distancia entre los dobleces en "V" y las regletas que se generan con este, será la rigidez que se cree en la figura tridimensional. Entre más distante sean estos, existirá una menor rigidez en la figura, repitiéndose el patrón de la experimentación anterior, donde las aristas son las que crean la mayor resistencia a fuerzas externas. De igual manera, entre más patrones de "V" se realicen, mayor será la rigidez en el cerrado del origami, ya que habrá una cantidad mayor de aristas en la forma.

La distancia entre los ángulos, también determinará la resistencia de la figura, obteniendo mayor resistencia en aquel plegado que se realice a menor distancia, que en aquel que tenga una mayor separación entre estos patrones.

La transformación longitudinal que puede presentar la forma es mucho más forzada que en el caso anterior, ya que la fuerza proporcionada para ejercer dicha transformación es mayor, pero a diferencia del primer caso la figura extendida posee un mayor reguardo y protección de su zona interior, siendo esta menos frágil a fuerzas de apriete en su estado de mayor longitud.

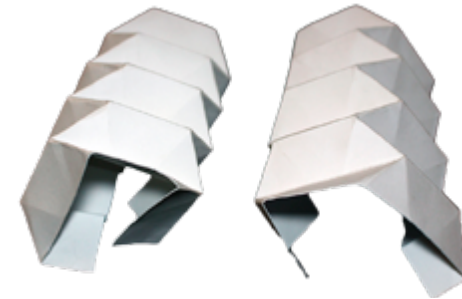


Imagen 80. Experimentación de Formas plegadas 2. (Elaboración propia)

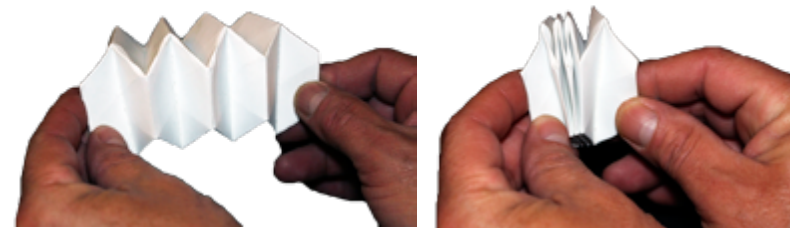


Imagen 81. Experimentación de Formas plegadas 2, transformación de longitud. (Elaboración Propia)



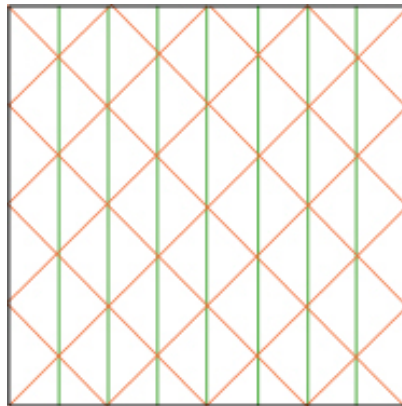
Con el mismo patrón ejecutado anteriormente, se experimenta la realización de una figura cilíndrica siguiendo los patrones de plegados que anteriormente se habían dejados abiertos, en forma de túnel.

Al cerrar la figura plegada y generar un cilindro abierto, la resistencia a la fuerza de apriete es mucho mayor, y las posibilidades de plegarse en mínima expresión como se muestra en la imagen 82 desaparecen.

Esta nueva forma es capaz de proteger y envolver en su interior, creando un espacio seguro a los golpes y fuerzas externas. Pero a su vez, adquiriendo esta característica, pierde la capacidad de adaptabilidad de tamaños, que si otorgaban otras formas plegadas.



Imagen 82. Experimentación de Formas plegadas 2, transformación cilíndrica. (Elaboración Propia)



Siguiendo con la misma línea de experimentación, se busca un nuevo patrón de plegado.

Se utiliza una expansión en forma de "X". "Estas expansiones se realizan a partir de un patrón de pliegues repetidos. El patrón

Figura 10. Diagrama de Plegado 3. (Técnicas de plegados para diseñadores y arquitectos. P139)

de doblado es el mismo en todos los casos, pero se comprime o se estira para cambiar la geometría de la expansión, y ello define su curvatura. Cada expansión constituye una sección de un cilindro"(Jackson 2011)

Se crea una figura cilíndrica con muy poca capacidad de compresión, perdiendo casi en su totalidad su capacidad de adaptabilidad formal, pero al igual que en la exploración anterior, se crea un interior protegido a fuerzas externas.



Imagen 83. Experimentación de Formas plegadas 3, figura cilíndrica. (Elaboración Propia)



Imagen 84. Experimentación de Formas plegadas 3, espacio interior. (Elaboración Propia)

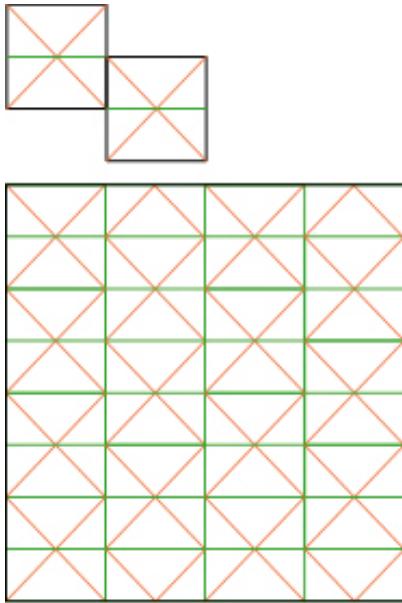


Figura 11. Diagrama de Plegado 5.  
(Técnicas de plegados para diseñadores y arquitectos. P40)

Cómo última experimentación con este tipo de geometría, se construye un plegado con forma de manto, para así evaluar su comportamiento en relación a flexibilidad, adaptabilidad de forma y resistencia a fuerzas.

Para este fin, se utiliza un patrón con reflexión por deslizamiento, es decir, con traslación y reflexión de un mismo motivo, teniendo dobleces horizontales seguidos en un mismo sentido y dobleces en "X" cruzadas hacia el sentido contrario.

La malla de plegado es más compleja, generando una gran cantidad de aristas y pliegues en ambos sentidos del manto, pero el resultado final posee un nivel de flexibilidad mucho mayor a las experimentaciones pasadas, flexibilidad que se evidencia sólo en su forma de manto, ya que, al intentar una curvatura con el manto, esta flexibilidad se pierde exponencialmente a la curvatura realizada, quedando totalmente rígida al intentar elaborar un cilindro.

El tramado de la figura tridimensional es a base de triángulos, por lo que posee una gran resistencia a fuerzas apli-

cadas en sentido vertical, pero si las fuerzas son aplicadas de modo horizontal, la figura se adapta a su mínima expresión, comprimiendo todos los pliegues elaborados, tal como se muestra en la siguiente imagen.

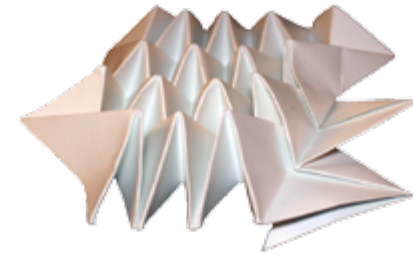


Imagen 85. Experimentación de Formas plegadas 4. (Elaboración Propia)

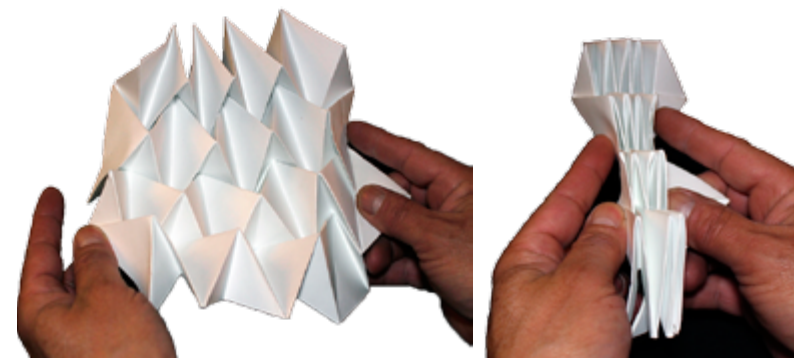
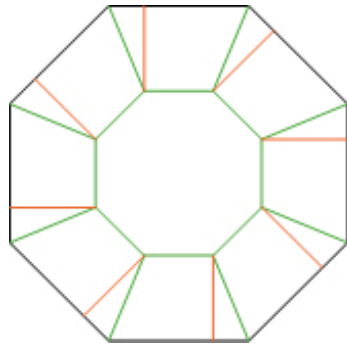


Imagen 86. Experimentación de Formas plegadas 4, transformación de longitud. (Elaboración Propia)

"La curvatura natural de la hoja plegada en las formas expandidas o parabólicas le otorga gran resistencia. La presencia de multitud de triángulos refuerza las estructuras, ya que el triángulo es el más fuerte y estable de los polígonos. Aunque estas formas muestran la totalidad de la superficie de la hoja, muchas de ellas pueden plegarse en acordeón formando una estrecha franja"(Jackson 2011)

Tras las experimentaciones de plegado en geometría cuadrada, se decide elaborar una experimentación con una geometría octogonal.



Con este patrón de plegado, se genera una figura tridimensional similar a un "bol" que posee no sólo paredes en su alrededor, como las figuras cilíndricas anteriores, sino que también proporciona una base, acercán-

Figura 12. . Diagrama de Plegado 5.  
(Técnicas de plegados para diseñadores y arquitectos. P173)

dose más a un contenedor por medio exclusivamente de pliegues.

Esta nueva figura no presenta una gran resistencia a fuerzas externas, y la adaptabilidad de tamaños de su forma está sometida al grado de apertura que tendrá en su parte superior.

Sin embargo, su forma de apertura circular provoca una intención de exhibición de su interior con la apertura de la figura, como se ve en la imagen a continuación.

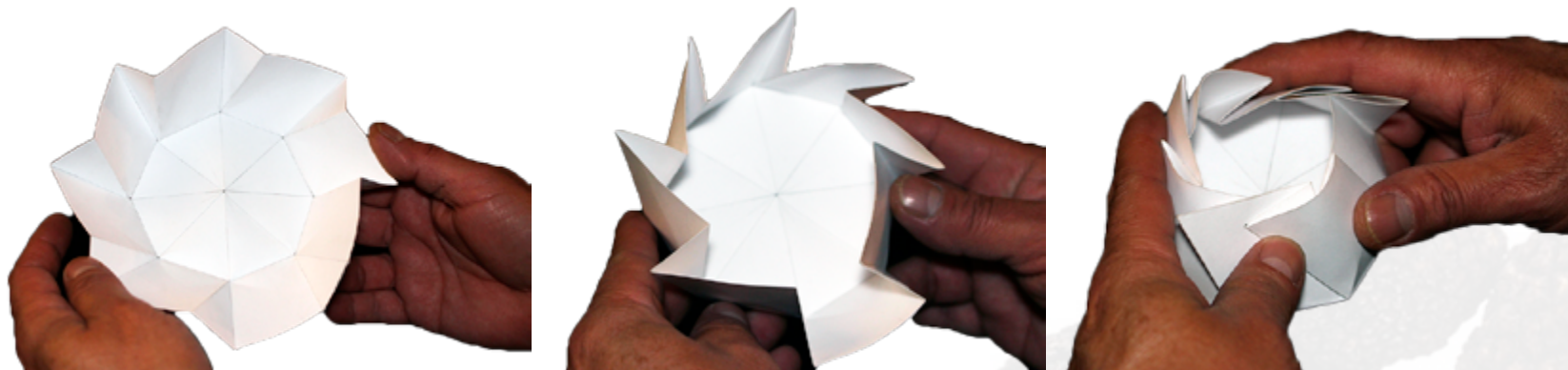


Imagen 87.. Experimentación de Formas plegadas 5, apertura espiral. (Elaboración Propia)



Como conclusión a estas exploraciones, podemos determinar que, si bien el plegado ayuda a otorgar **mayor resistencia a las formas, por la generación de aristas y/o triangulaciones**, no se logra crear un real contenedor que facilite una leve adaptabilidad en la forma.



**Diseñador:** Dillon Baker  
**Características:** Modular / Presentación del Producto  
**Materialidad:** Cartón

Imagen 88. Prototipo packaging para pelotas de ping-pong. (dillonbaker.com/package-design)



**Diseñador:** Sunrise Valley  
**Año:** 2014 (Enero)  
**Características:** Modular / Protección / Bajo % de adaptabilidad  
**Materialidad:** Cartón

Imagen 89. Packaging huevos. (portfolios.pratt.edu/gallery/14729167/Sunrise-Valley-Egg-packaging)



Es por esto que se realiza una nueva búsqueda del estado del arte, donde la protección y posible adaptabilidad de forma y/o tamaño se vean reflejadas en el packaging.



**Diseñador:** Tea Smile.  
**Características:** Protección / Exhibición  
**Materialidad:** Cartulina

Imagen 90. Packaging té. (www.packagingoftheworld.com/2016/08/everest-light-bulb-student-project.html)



**Diseñador:** Neha G Prabhakar / Proyecto Estudiantil Instituto Mit De Diseño, Pune, India, 2016  
**Características:** Presentación / Protección / Uso Secundario  
**Materialidad:** Papel Softboard

Imagen 91. Proyecto packaging ampolletas. (www.packagingoftheworld.com/2016/08/everest-light-bulb-student-project.html)



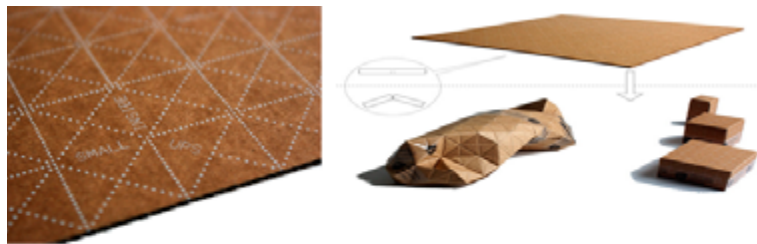
**Diseñador:** Bryant Yee  
**Año:** 2011  
**Características:** Protección Interior / Plegado-Sin Pegamento  
**Materialidad:** Papel – Cartón Reciclado

Imagen 92. Packaging ampollitas. ([www.packagingoftheworld.com/2011/05/re-designing-led-packaging-student-work.html](http://www.packagingoftheworld.com/2011/05/re-designing-led-packaging-student-work.html) )



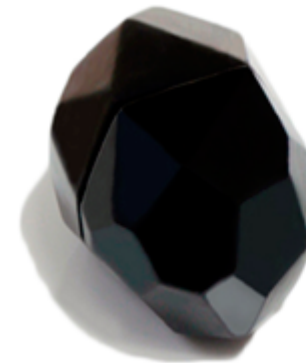
**Diseñador:** Nikolo Kerimov  
**Año:** 2014  
**Características:** Fuelle que modifica tamaño  
**Materialidad:** Cartón Esmaltado

Imagen 94. Packaging perfue. ([www.packagingoftheworld.com/2014/10/le-roux-cardboard-perfume-concept.html](http://www.packagingoftheworld.com/2014/10/le-roux-cardboard-perfume-concept.html))



**Diseñador:** Patrick Sung  
**Año:** 2010  
**Características:** Adaptable 100%  
**Materialidad:** Cartón Estructurado

Imagen 93. Packaging adaptable. ([mariposasenlacabeza.wordpress.com/2010/09/28/packaging-adaptable](http://mariposasenlacabeza.wordpress.com/2010/09/28/packaging-adaptable))



**Diseñador:** Victor Vetterlein  
**Año:** 2008  
**Características:** Presentación / Exhibición

Imagen 95. Packaging joya. ([www.dezeen.com/2008/10/06/g-pod-by-victor-vetterlein](http://www.dezeen.com/2008/10/06/g-pod-by-victor-vetterlein))





**Diseñador:** Federico Beyer Y Marisol Escorza.  
**Año:** 2011  
**Características:** Adaptable (100-200 Gr Chocolate) / Rigidez / Protección  
**Materialidad:** Cartulina Encerada

Imagen 96. Packaging chocolates adaptable. ([packaging.elisava.net/ecodiseno](http://packaging.elisava.net/ecodiseno))



Imagen 97. Packaging miel. ([abcblogs.abc.es/alvaro-anguita/2014/01/14/los-20-packaging-mas-originales-del-mundo](http://abcblogs.abc.es/alvaro-anguita/2014/01/14/los-20-packaging-mas-originales-del-mundo))

**Diseñador:** Stepan Azaryan de Backbone creative  
**Año:** 2014  
**Características:** Presentación / Exhibición / Asociación  
**Materialidad:** Madera

Tras los referentes vistos, se evidencia que la protección en la mayoría de los casos está dada por formas con elementos geométricos, tales como triangulaciones, pliegues y formas geométricas en general o bien, por las materialidades utilizadas.

Por otra parte, se evidencia que la adaptabilidad de tamaños que se puede llegar a generar es en forma lineal y longitudinal por medio de fuelles plegados, y sólo en un porcentaje muy bajo, como lo muestra el packaging de cartón de los huevos, una adaptabilidad global.

Es por esto que se decide generar una leve adaptabilidad en el interior de una forma rígida por medio de una malla elástica, que otorgue protección, realizando una nueva exploración formal, con elementos geométricos que contenga aristas y posibles triangulaciones de fuerza en su propia forma. Y se opta por explorar los Poliedros.

Los sólidos platónicos son aquellos poliedros convexos que se construyen con la misma geometría, también conocidos como poliedros perfectos, ya que todas sus caras son regulares.

Los 13 poliedros arquimedianos derivan de los 5 sólidos platónicos, creando combinaciones entre ellos. Sus características principales, entre muchas son:

- Todos sus vértices son puntos de una esfera.
- Sus caras son polígonos regulares de, al menos, dos tipos diferentes.
- Todas sus aristas tienen la misma longitud.

(Díaz 2016)

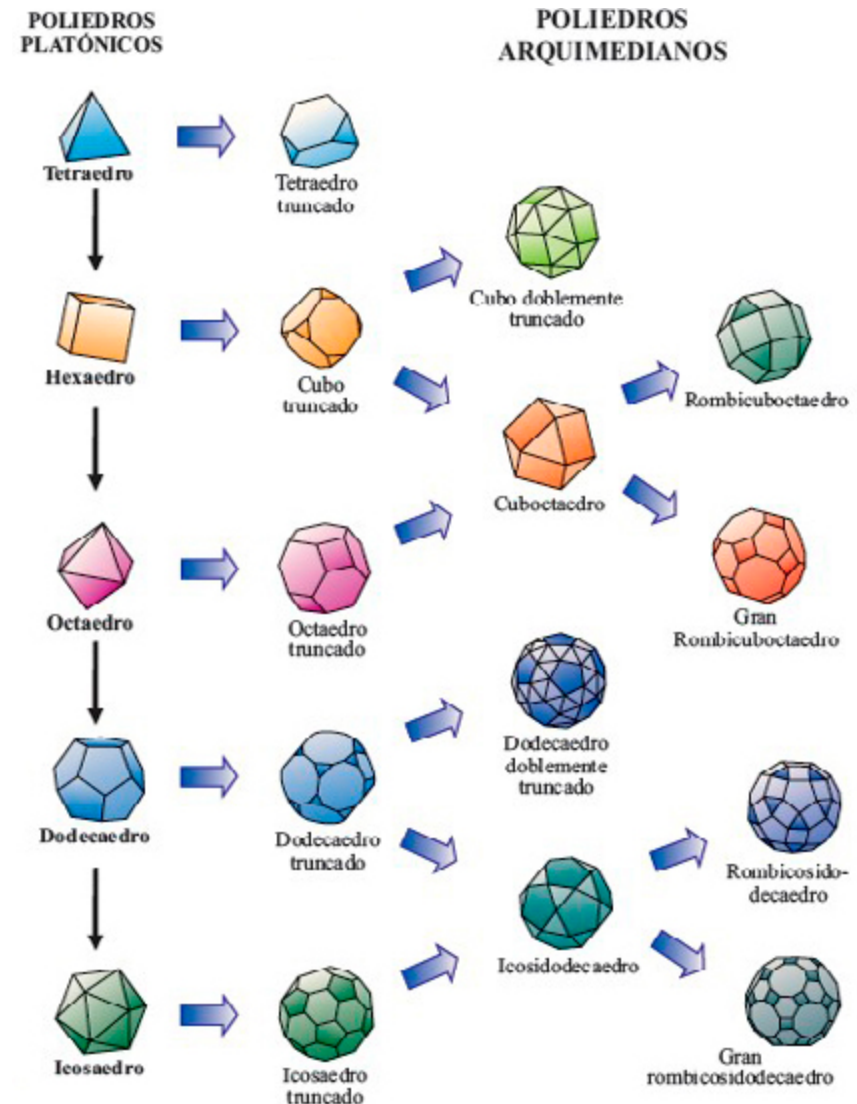


Imagen 98. Poliedros. (historiasdematematicas.blogspot.cl)

## Referente Icónico en la naturaleza

"El gran libro, siempre abierto y que hay que esforzarse en leer, es el de la naturaleza." (A. Gaudí).

En la naturaleza, específicamente dentro de los minerales, vemos que uno de los componentes más fuertes y estables derivados del carbono es el diamante, el cual posee químicamente una clara y fuerte geometrización.

En búsqueda de la perfección, el ser humano se ha esmerado durante siglos por tallar esta piedra preciosa buscando formas no sólo elegantes sino con una capacidad de fuerza única.

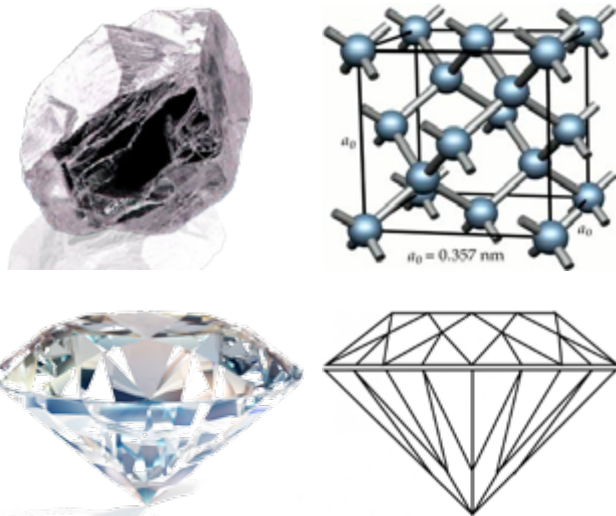


Imagen 99. Diamantes: Piedra en bruto, enlaces químicos y tallado geométrico (Recopilación web)

Formalmente, la geometría ayuda a los cuerpos confiriéndole mayor resistencia a las fuerzas que los afecten; la formación de aristas, la triangulación, estructura la forma y les agrega las características físicas a las formas

Existe una similitud formal entre la mayoría de los poliedros arquimedianos de segunda y tercera combinación con la geometría del diamante, logrando una semejanza formal entre estos.

A su vez, el diamante se ha posicionado en la sociedad no sólo como un mineral fuerte y poderoso por sus características de dureza, sino que también es valorado como una joya única y extremadamente valiosa, una joya que, a pesar de su fuerza, necesita protección, al igual que la joya de la gastronomía, el Diamante Negro de la gastronomía internacional: **La Trufa Negra.**

Se experimenta con 6 poliedros diferentes, tomando 1 platónico y otros 5 arquimedianos, construyendo estas figuras, en una primera instancia, en cartulina.

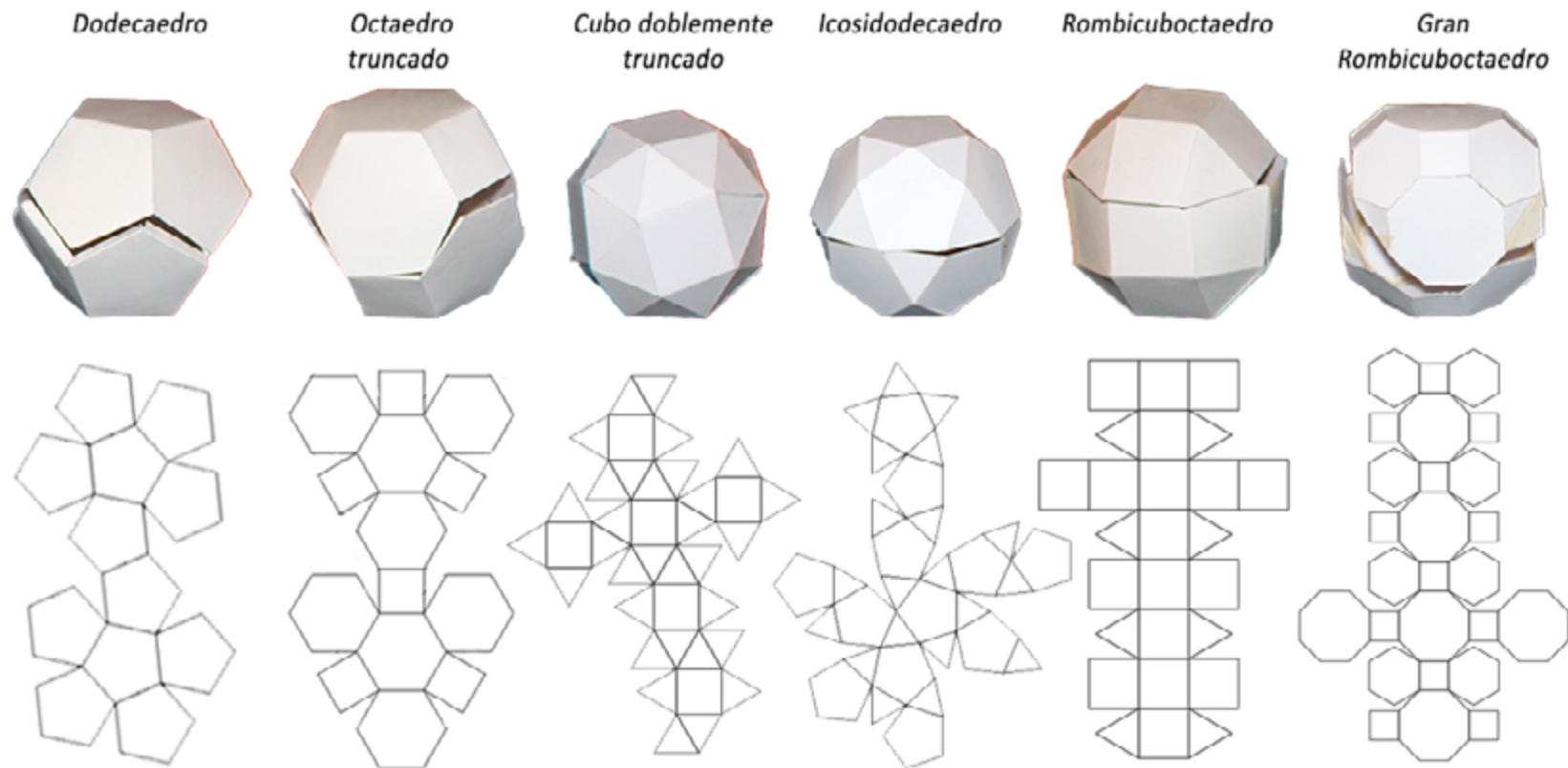


Imagen 100. Primeros poliedros en cartulina con su base de elaboración. (Elaboración propia)

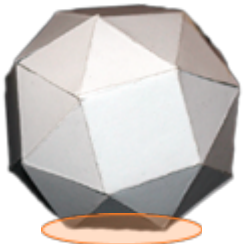


Imagen 101. Cubo doblemente truncado. (Elaboración propia).

Con estos primeros 6 polígonos se descarta el Cubo doblemente truncado, ya que su base de apoyo es muy reducida, siendo su estabilidad mucho menor, dificultando una posición definida y una futura oportunidad de protección.

Con los 5 poliedros restantes, se experimentan diferentes posibilidades de aperturas de estas, creando nuevas alternativas desde una misma figura.

En esta experimentación se busca evaluar la estabilidad que poseerán las variaciones de estas figuras, la presentación visual que otorgan, el volumen interior generado, la facilidad de agarre de malla pensada para el descanso y adaptabilidad de forma de la trufa, y el espacio existente para un posterior etiquetado.

Para eso se identificó a cada figura con un número y cada variación con una letra, tal como se evidencia en la imagen.

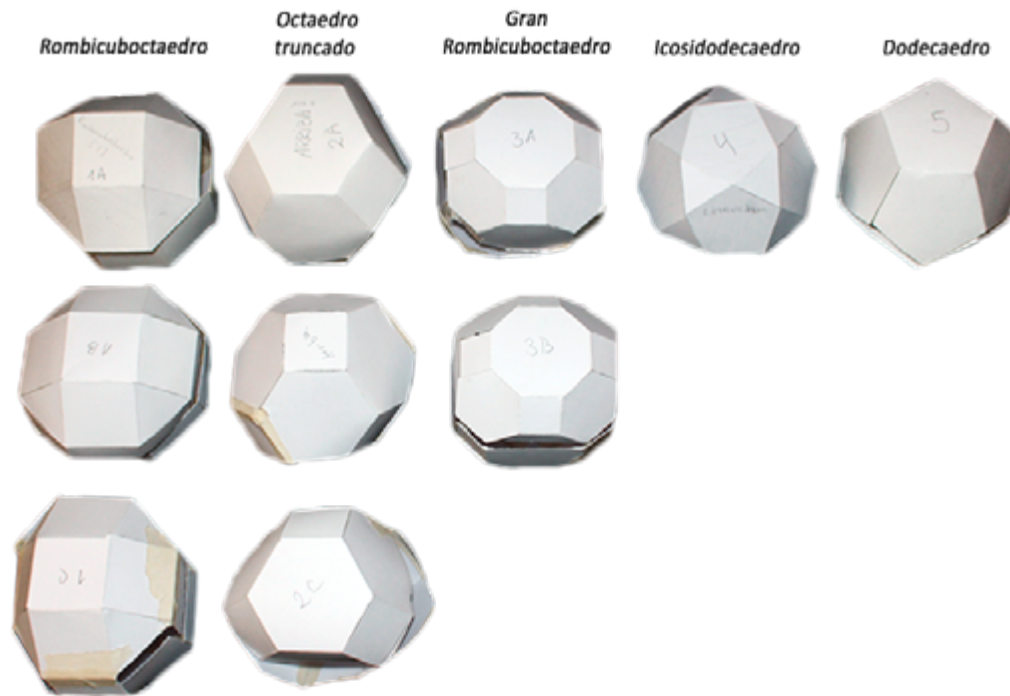


Imagen 102. Variaciones formales de poliedros. (Elaboración propia)





Imagen 103. Familia 1, Rombicuboctaedro A, B y C (Elaboración propia)

Explorando las diversas posibilidades de apertura que estas figuras ofrecían para una posterior evaluación perceptual grupal, donde la familia 1, de Rombicuboctaedro presentó las siguientes opciones: 1A – 1B – 1C

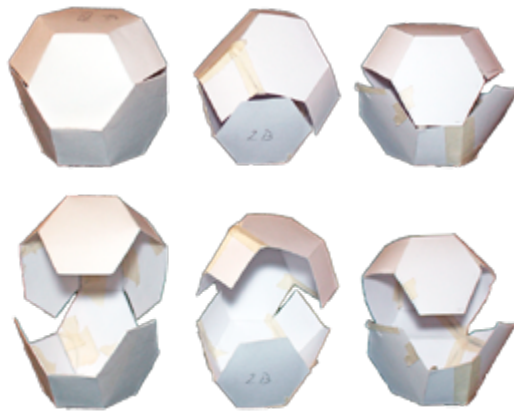


Imagen 104. Familia 2, Octaedros truncados A, B y C (Elaboración propia)

La familia de los octaedros truncados, nominada con el número 2, derivó las siguientes opciones de apertura: 2A – 2B – 2, mostrándose en las imágenes la visualización de estas con y sin apertura.

El Gran Rombicuboctaedro presentó dos opciones de apertura, pero analizando en la opción 3ª, dos modos formales de llegada de tapa con recipiente, optando finalmente por la línea diagonal, que no genera visualmente corte en la figura.

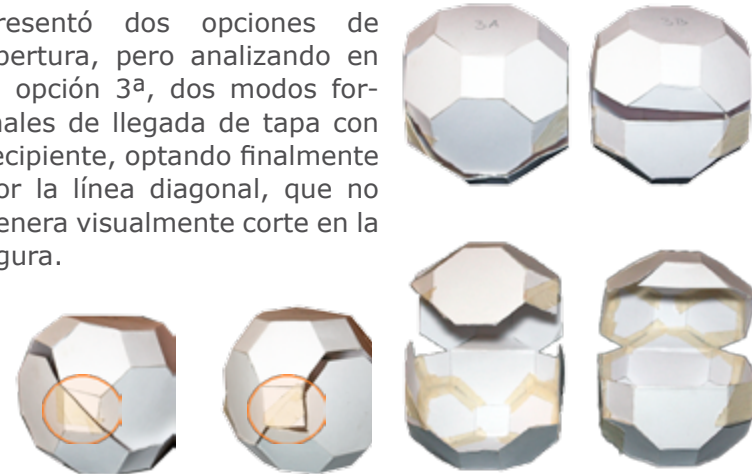


Imagen 105. Familia 3, Gran Rombicuboctaedro A, B (Elaboración propia).

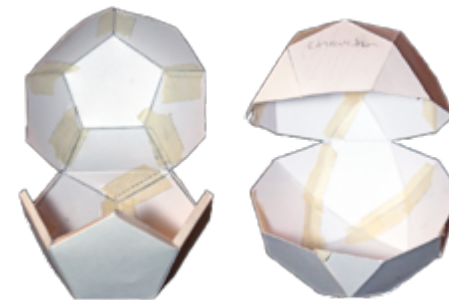


Imagen 106. Dodecaedro e Icosidodecaedro. (Elaboración propia)

El Dodecaedro y el Icosidodecaedro no dieron variaciones formales con posibilidades de apertura, por lo cual fueron evaluadas en una única forma.

Para el proceso de selección de estas figuras, se les solicitó a 12 personas interactuar y tomar libremente cada una de las figuras, para posteriormente evaluar en una rúbrica entregada con nota de 1 a 5 cada una de ellas.



## Prototipo y evaluación de formas

Para poder tener una idea más verídica y real de la estabilidad y factores referentes a su posibilidad de fabricación, se decide fabricar a los 4 poliedros con evaluación más alta en ABS y/o PLA con impresión 3D extruida.

Para ello se elaboró cada poliedro en programa paramétrico 3D, por medio de mantos poligonales. En esta elaboración se prestó especial cuidado en la forma en que cada poliedro se cierra, experimentando en ángulos tanto en la bisagra, como en la llegada de cada uno de los lados.

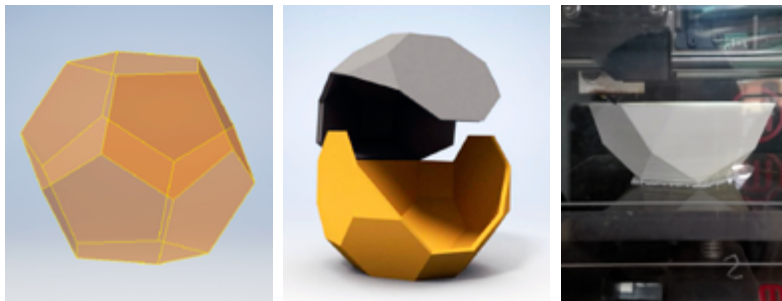


Imagen 107. Desarrollo 3D. (Elaboración propia)

Con los poliedros tangibles, se realizaron percepciones visuales, relaciones de tamaños con el usuario y con las trufas simuladas, posibilidades de apilabilidad, estabilidad de cada figura, posibilidades de fabricación por medio de

molde de inyección y el cómo cada forma lograba exhibir y mostrar el producto final.



Imagen 108. Poliedros en extrusión 3D. (Elaboración propia)

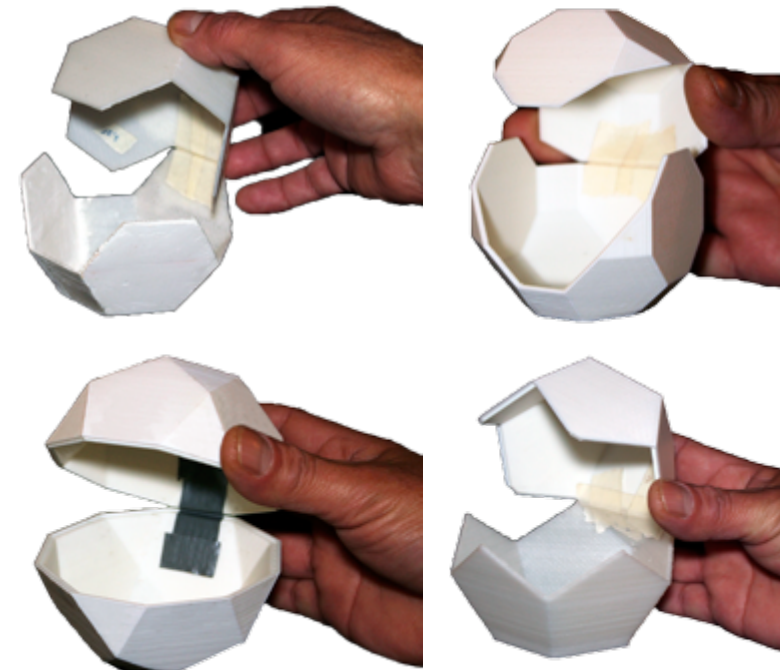


Imagen 109. Interacción prototipos físicos impresos en 3D. (Elaboración propia).

Se realizó un focus group, con los poliedros tangibles, donde cada persona pudo verlos, tocarlos y manipularlos, evaluando así, siete variables especificadas con anterioridad, llegando a un resultado final expuesto en la siguiente tabla.

De esta forma, se logra una forma única con la cual se puede seguir trabajando según los requerimientos de la Trufa Negra, y los componentes que tendrá este packaging.

### Evaluación Formal

	2A	3A	4	5
Modo de Uso	4	7	6	5,5
Fabricación	6	3,5	7	5
Estabilidad	5	7	5	6
Exhibición del producto	6	7	5	6
Agarre Malla	3	3,5	7	5,5
Espacio Etiqueta	7	5	6	4
Apilabilidad	4,5	4,5	7	2
Promedio	5	5,4	6,1	4,9

Tabla 8. Evaluación Poliedros 3D. (Elaboración propia)

La forma 4, poliedro Icosidodecaedro, es el de mayor puntuación, por lo que se realiza un análisis formal, para posteriormente seguir trabajando con esta forma.

El Icosidodecaedro es un poliedro arquimediano, derivado de los poliedros platónicos Dodecaedro e Icosaedro. Posee 32 caras, de las cuales 20 son triángulos equiláteros y las otras 12 corresponden a pentágonos equiláteros. Formando un poliedro convexo, con 30 vértices y 60 aristas uniformes.

Es una forma que, gracias a su gran cantidad de aristas, es capaz de triangular las fuerzas que la pudiesen atacar, formando una especie de "pilares" en cada una de sus aristas.

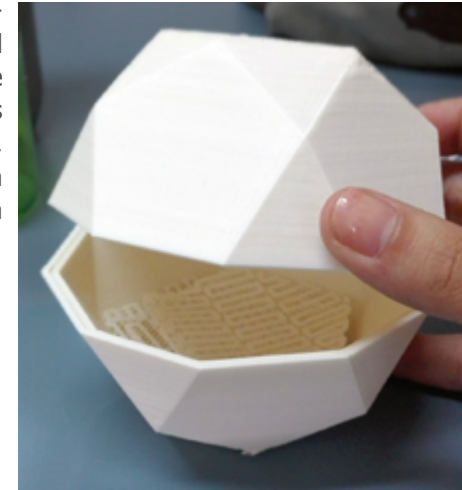


Imagen 110. Icosidodecaedro en ABS. (Elaboración propia).

## Desarrollo formal Icosidodecaedro.

Según el volumen de la forma, y las variaciones de peso y tamaño presentadas en las trufas comerciales de primera categoría se determina generar una familia de packaging de diversos tamaños, especificando un tamaño diferente para los 50 gr. 100gr y 250gr.

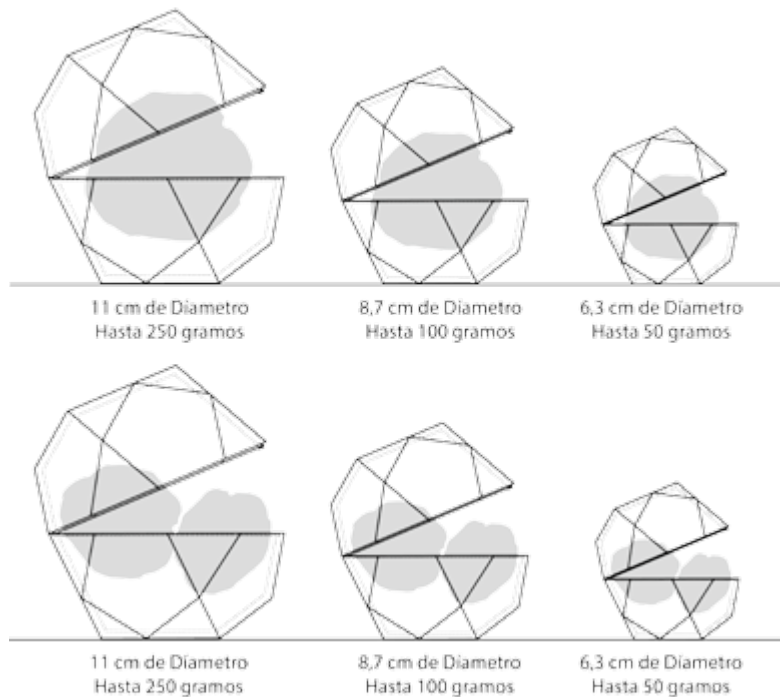


Imagen 111. Tamaños de packaging según gramaje. (Elaboración propia).

Como exigencia de la trufa, el contenedor debe permitir la respiración de esta, sin alterar la atmosfera controlada creada en el interior. Para esto, el estudio del Dr. Blanco sugiere dar respiración al hongo por medio de un film microperforado.

La empresa india UFlex, lleva más de 30 años en el desarrollo de envolturas y envases plásticos destinados a la industria alimenticia, abarcando mercados en gran parte del mundo, con sede en E.E.U.U, Singapur, Polonia, Egipto, Reino Unido, Dubái y México, entre otros lugares.



Imagen 112. Logo UFlex. (uflexltd.com).

Esta importante empresa de embalajes flexibles, decide el 2014 ofrecer una solución para la extensión de la vida útil de productos frescos, desarrollando un nuevo producto, las láminas y bolsas FLEXFRESHTM, una película polimérica micro-perforada, con permeabilidad selectiva, generando la posibilidad de respiración a estos productos, y a la vez, permitiendo mantener una atmosfera modificada en el interior. (Unflexltd.com 2016)

Posterior al desarrollo de este nuevo film, la empresa se une con Perfotec, empresa holandesa, poseedora de un software que ayuda a determinar la frecuencia respiratoria de los productos, calculando el grado de permeabilidad adecuado para la película. Con esta unión, UFlex utiliza esta información para adaptar la permeabilidad de la película Flexfresh™ mediante las micro-perforaciones necesarias para cada producto según su envase. (Rohit Sharma 2016)



En la actualidad, esta tecnología de envasado es utilizada en nuestro país para los packaging de exportación y venta de Arándanos frescos, logrando prolongar su estado de frescor hasta en 50 días, posibilitando mayor cantidad de venta y mayores distancias para exportación.



Imagen 113. Arándanos envasados con FLEXFRESHTM. ([www.freshplaza.es](http://www.freshplaza.es)).

Para poder incorporar este film micro-perforado en el contenedor de la trufa, se propone la creación de dos ventanas que contengan este film, con un color negro traslucido, para impedir el abundante paso de luz.

El color de estas ventanas se determina por la exigencia biológica de la trufa de no recibir luminosidad, ni rayos UV.

Estas ventanas, además de tener una función respiratoria para la Trufa Negra, posibilitan la observación del producto sin necesidad de abrir el contenedor.

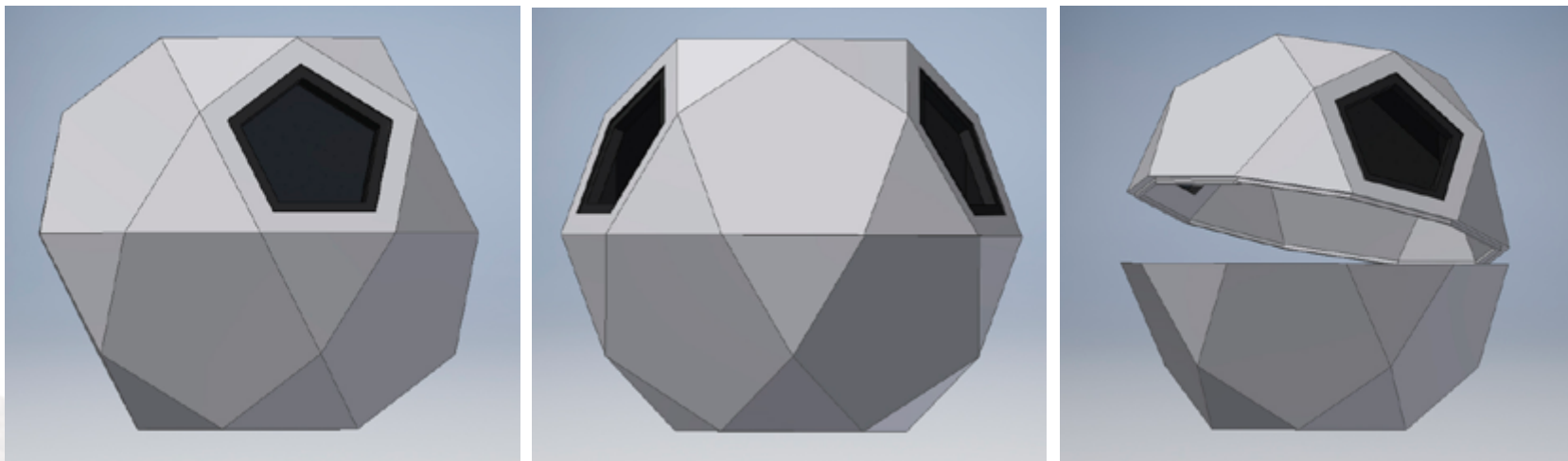


Imagen 114. Prototipo digital con ventanas. (Elaboración Propia).

## Desarrollo Cierre

Se piensa el cierre del contenedor como un calce discreto, que no altere la forma del Icosidodecaedro, pero que, a la vez, logre la hermeticidad necesaria para la Trufa.

En búsqueda de esto, se realiza un estudio del estado del arte de tipos de cierres con las características antes descritas.



Imagen 115. Estado del arte cierres. (Recopilación web)

Se analiza en detalle los requerimientos formales que deben tener este tipo de cierres, y los elementos necesarios para el mejor funcionamiento de la hermeticidad.

Tras la observación de esto, se determina la necesidad de un burlete, el cual es el encargado de generar y/o asegurar la hermeticidad. Este burlete en el caso del packaging, puede compartir función con la malla de silicona que acoge a la Trufa.



Imagen 116. Análisis formales de cierres. (Recopilación web).

Luego estas observaciones, se realizan los primeros bocetos de posibles cierres. Proponiéndose dos opciones totalmente diferentes, donde en la primera se piensa en un cierre superficial, interviniendo formalmente la parte exterior del Icosidodecaedro.

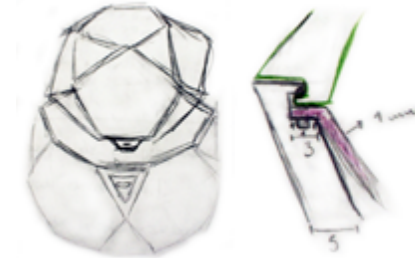


Imagen 117. Bocetos de opciones de cierres. (Elaboración propia).

La segunda opción consta de un cierre interior, que logra abrirse por la leve presión ejercida en la tapa superior.

Ambos bocetos son posteriormente llevados a prototipos digitales 3D, con un alto contraste entre sus piezas para facilitar su visualización, y para un análisis más detallado de las formas que los condicionan, logrando ver en detalle el sistema de cierre y posibilitando una posterior simulación de esfuerzo, para despejar las dudas existentes.

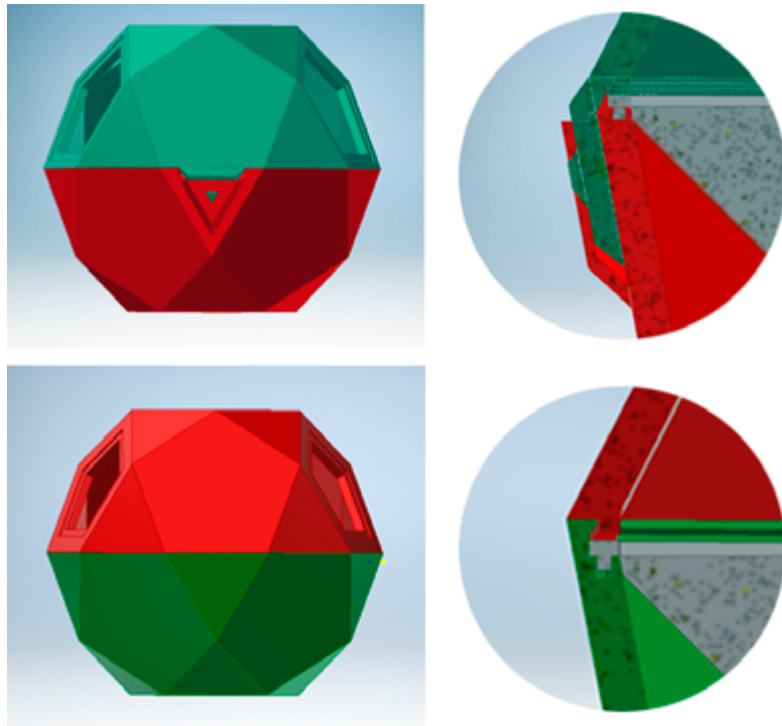


Imagen 118. Prototipos digitales, cierres. (Elaboración propia).

Para la apertura del packaging, se utiliza una presión en pinza superior fina, utilizando un agarre en modo de pinza, empleada con la parte más distal del dedo índice y pulgar.

Para determinar la fuerza el punto de esfuerzo que puede contener el packaging, sin afectar en la salud muscular de la mano del usuario, se visualizan tablas que muestran un estudio con relación al promedio de fuerza observada en las pinzas distales, en hombres y mujeres de 18 a 61 años. (M.A. LORENZO-AGUDO 2007)

**TABLA 1.** Valores promedio de fuerza muscular en mujeres (kg), media aritmética y desviación estándar

	Lado derecho dominante	Número de casos	Lado izquierdo no dominante	Número de casos
Fuerza de pinza distal	5,86 ± 1,36	24	5,57 ± 1,20	30

**TABLA 2.** Valores promedio de fuerza muscular en varones (kg), media aritmética y desviación estándar

	Lado derecho dominante	Número de casos	Lado izquierdo dominante	Número de casos	Lado izquierdo no dominante	Número de casos
Fuerza de pinza distal	8,91 ± 1,91	71	8,5 ± 1,97	5	8,3 ± 1,89	78

**TABLA 3.** Fuerza muscular en mujeres (kg) correspondiente al lado derecho dominante

Número de casos	Fuerza de puño		Fuerza de pinza lateral		Fuerza de pinza distal		
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
24	26,84	11,16	9,50	2,20	6,38	1,77	
18-30	7	25,58	6,21	9,10	1,71	5,51	1,31
31-40	6	20,93	2,85	9,46	2,17	5,50	1,60
41-50	3	21,45	3,89	10,14	1,45	5,85	1,08
51-60	7	12,4	-	6,20	-	5,40	-
> 61	1						

DE: desviación estándar.

**TABLA 4.** Fuerza muscular en mujeres (kg) correspondiente al lado izquierdo no dominante

Número de casos	Fuerza de puño		Fuerza de pinza lateral		Fuerza de pinza distal		
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
30	22,51	3,24	9,15	1,39	5,46	1,11	
18-30	6	25,68	2,63	8,83	1,33	5,88	0,86
31-40	6	21,60	4,50	9,05	1,29	4,85	0,84
41-50	6	19,56	3,03	7,86	1,23	5,65	1,69
51-60	6	19,60	4,75	8,78	1,58	6,01	1,34
> 61	6						

DE: desviación estándar.

**TABLA 5.** Fuerza muscular en varones (kg) correspondiente al lado derecho dominante

Número de casos	Fuerza de puño		Fuerza de pinza lateral		Fuerza de pinza distal		
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
71	46,20	7,62	13,40	2,48	8,54	2,23	
18-30	17	48,40	6,71	14,94	2,30	9,30	1,80
31-40	19	43,99	5,85	13,88	1,90	8,53	1,93
41-50	21	38,38	7,25	15,03	1,43	9,61	1,35
51-60	12	37,20	19,23	13,25	3,88	8,40	2,54
> 61	2						

DE: desviación estándar.

**TABLA 7.** Fuerza muscular en varones (kg) correspondiente al lado izquierdo no dominante

Número de casos	Fuerza de puño		Fuerza de pinza lateral		Fuerza de pinza distal		
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
78	40,68	10,19	12,27	1,48	7,46	1,55	
18-30	13	44,63	9,83	13,38	1,90	8,45	2,07
31-40	23	41,77	7,58	13,27	2,13	8,76	2,00
41-50	26	36,54	6,11	13,18	1,70	8,51	1,49
51-60	13	35,83	9,94	12,47	2,06	7,46	2,02
> 61	3						

DE: desviación estándar.

Tabla 9. Fuerza muscular en KG de hombres y mujeres entre 18 61 años. (M.A. LORENZO-AGUDO 2007)

Podemos observar que el menor valor obtenido en la ejecución de fuerza con pinza distal está en mujeres entre 41 – 50 años, con 4,85 kg. con mano izquierda no dominante.

Esto quiere decir, que la fuerza empleada para la apertura del packaging, debe ser menor a 4kg, para dar opción de fácil apertura con ambas manos.

Según forma, la segunda opción con un cierre interior invisible a simple vista, resulta más atractiva, pero debe existir seguridad que la fuerza realizada para poder abrir sea adecuada para el usuario.

Para ello, el ángulo y forma del cierre interior será fundamental para definir la fuerza que debe realizar una persona al momento de querer abrir o cerrar el packaging y, a su vez, el ángulo necesario que este contenedor debe poseer para no abrirse con una fuerza mínima. Por esta razón, se realiza un test de esfuerzo con esta opción de cierre. Se observa en este test que existe una gran presión en las

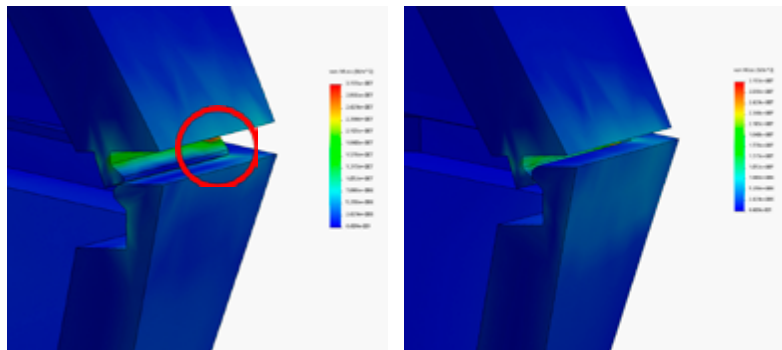


Imagen 119. Test de esfuerzo 1. (Elaboración propia).

esquinas del cierre, ya que existe un tope que impide la deformación de la forma para poder cerrar y abrir el contenedor.

Por esta razón se realiza un corte en ángulo de en este tope trasero, generando el espacio adecuado para poder permitir la deformación de esta pestaña que permite el cierre.

A su vez, se decide redondear los ángulos de contacto de ambos extremos del contenedor, con el fin de suavizar y facilitar el movimiento ejercido para abrir y cerrar.

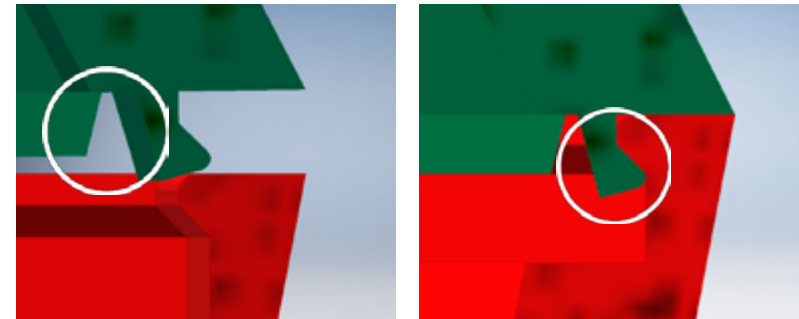


Imagen 120. Cambios en prototipo digital, cierre. (Elaboración propia).

Realizados estos cambios, se genera nuevamente una simulación de esfuerzo, donde se observa una positiva acogida de dichos cambios, lográndose el cierre del contenedor de forma óptima.

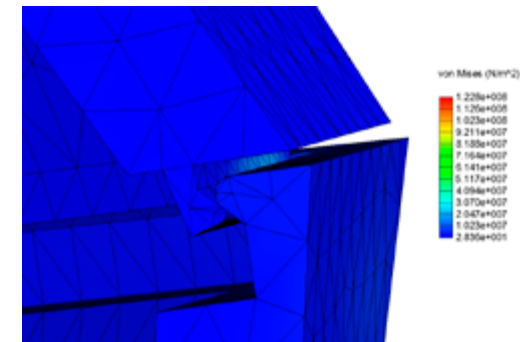


Imagen 121. Simulación esfuerzo 2. (Elaboración propia).

A pesar de que el cierre otorga y asegura la hermeticidad del contenedor, por protocolo de venta cada producto debe agregar un sello gráfico, de forma de stickers, para dar a conocer que el producto no ha sido abierto posteriormente a la colocación de la trufa y la generación de la atmósfera.



## Desarrollo Bisagra

En primera instancia, se piensa en desarrollar una bisagra tipo pomel, de dos o tres partes, como las expuestas a continuación.

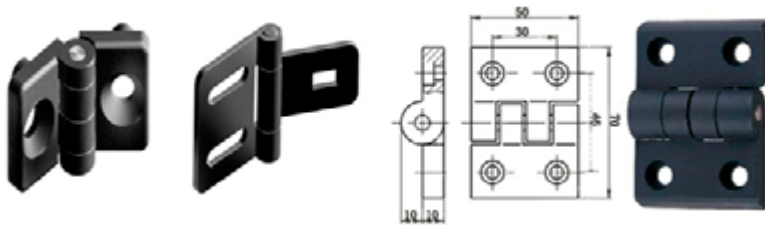


Imagen 122. Tipos de bisagras posibles para utilizar. (Recopilación web).

Analizando la forma de construcción de cada una de estas opciones de bisagra, se contempla que la fabricación del Icosidodecaedro por medio de un molde único se ve imposibilitada, por lo que se empiezan a investigar nuevas opciones.

Dentro de la búsqueda por dar una solución sutil en lo formal, que no rompa la geometría del packaging, y facilite su construcción en serie, se investiga la opción del abisagramiento por medio del propio material.



Imagen 123. Ejemplo de bisagra de polipropileno. (petroquim.cl)

El polipropileno presenta una gran resistencia a la fatiga, posibilitando en óptimas condiciones formas abisagradas, y solucionando a la vez el problema de moldeo que generaban las otras opciones evaluadas.

La bisagra de polipropileno es fácil de lograr por medio del termoformado e inyección. Con este segundo método son construidos los envases herméticos de alimentos que se exponen de ejemplo en la imagen siguiente:



Imagen 124. Ejemplos de envases de alimentos con bisagra de pp. (Recopilación web).



## Absorbedor de humedad

"Todos los alimentos, cualquiera que sea el método de industrialización a que hayan sido sometidos, contienen agua en mayor o menor proporción. Las cifras de contenido en agua varían entre un 60 y un 95% en los alimentos naturales." (QuimiNet 2013)

El exceso de humedad en los alimentos facilita el desarrollo de microorganismos no deseados, pudiendo dañar los productos en el proceso de transporte y el tiempo en el que estos estén envasados.



Imagen 125. Ejemplo de Absorbentes de humedad. (Recopilación web)

Es por esto, que la industria del packaging emplea sustancias destinadas a absorber este exceso de humedad en las atmosferas modificadas. Los desecantes, en diferentes formatos permiten absorber la humedad del aire, o bien de una zona específica.

Existen diferentes tipos de desecantes, los más conocidos son las toallitas absorbentes que encontramos en carnes rojas, o bien las bolsitas de Silica Gel que contienen las cajas de zapatos al comprarse.

En la actualidad, la industria orientada al packaging se ha esforzado por alargar el estado de frescor de los productos, ya sean carnes, frutas, hortalizas, hongos, etc.

Por lo anterior, se han elaborado nuevos sistemas de absorción de humedad dentro de atmosferas modificadas, con nuevos métodos, materiales y formatos, otorgando una mayor gama de opciones a la industria.

Dos de estos nuevos sistemas, reflejan una opción idónea para el packaging de la Trufa Negra.

El primer sistema, es elaborado por la empresa MICRO-PAK®, y corresponde a un stickers de polietileno de baja densidad, que al detectar niveles altos de humedad se activa, absorbiendo y liberando una atmosfera que eliminará activamente las esporas de moho.



Imagen 126. Micro-pack stickers. (microcakltd.com)

Es un producto con una toxicidad despreciable, con una forma de uso muy sencilla, ya que funciona como pegatina, colocándose en el área conjunta al producto.

Este innovador producto recién es utilizado por la industria del packaging, y cumple con las normativas regidas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Estados Unidos), siendo sometidas a rigurosas pruebas de seguridad para los usuarios de estas. (Micro-Pack).

El segundo sistema posible a utilizar son los sobres BioX, de la empresa BioXtend, los cuales, están diseñados específicamente para la exportación de alimentos frescos como frutas, verduras, hongos y hortalizas. Estos sobres, además de absorber la humedad del ambiente, manteniendo libre de esporas de moho, ayudan al control de etileno del ambiente. El etileno es producido por la mayoría de los productos agrícolas, produciendo la maduración de estos. Por lo cual, bajando los niveles de etanol de la atmosfera, se retrasa la sobre-maduración de los productos y su pronta pudrición. (Amar 2014, BIOXTEND 2014).



Imagen 127. Controlador de humedad y etileno BioXTEND. (bioxtend.com)

Este método, producido en Estados Unidos, Florida, cuenta también con todas las normas sanitarias requeridas para su uso en alimentos, lo cual es de gran importancia, ya que se ubica en contacto directo con el alimento, tal cual se aprecia en la imagen siguiente.

Las ventajas de este controlador son evidentes para el beneficio del producto. Por otra parte, estos sobres están producidos por un compuesto orgánico; el material de embalaje (Tyvek®) y la tinta son aprobados por la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE. UU) para el contacto con alimentos; es altamente poroso y 100% reciclable, aunque resistente a las lágrimas, el agua y los rayos UV y el residuo agotado es respetuoso con el medio ambiente y puede ser desechado en la basura regular. (BIOXTEND 2014)

En la tabla expuesta, se señala que la cantidad necesaria de sobres por productos es unitaria, con una capacidad de absorción de 13.200 partes por millón (ppm), equivalente al 13,2%.

BioXTEND® Sachet	PESO gr.	DIMENSION mm (in)	C2H2 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN ppm	PCS por BAG	BOLSAS POR CASO
BXTS4	4	70x50 (2.75x2)	13200	1800	1

Tabla 10. Especificaciones Técnicas Sobre BioXTEND. (bioxtend.com).

Según los datos expuestos, se determina que el producto BioXTEND, es el idóneo para acompañar la Trufa Negra en el packaging, otorgando la absorción necesaria, y el control de etileno propicio para evitar la rápida sobre-maduración y pudrición de este hongo.

Sin embargo, para casos de prueba, y por la adquisición del material, se realizarán pruebas con el Micro-Pack Stickers, evaluando cual es la baja en porcentaje que presenta la humedad al interior del contenedor.

## Inyección de Gases

Dentro de los packaging con atmosfera modificada la inyección de gases inertes, tales como oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno, entre los más comunes, resulta vital.

Según el estudio del Dr. Blanco y la Universidad de Zaragoza, en España, la trufa necesita una atmosfera con una concentración de gases de:

**10% Oxígeno ; 10% Dióxido de Carbono ; 80% Nitrógeno.**

Para poder agregar estos gases al packaging de la trufa negra, es necesario un método de inyección externo. Es decir, posibilitar está ingesta de gases de forma directa al contenedor.



Imagen 128. Accesorio de Atmosfera modificada externo. (distform.com)

Para esto, se utiliza una extensión que permite una inyección de gases externa.

Para poder facilitar este llenado, es necesario incorporar en el packaging una válvula de llenado, que permita sólo la introducción de los gases, y no la fuga de estos, y a la vez que sea compatible con esta extensión de llenado externo de gases, la cual necesita poder entrar levemente en esta válvula, introduciendo la punta por la que se desprenden los gases.

Existen diversos métodos de válvulas unidireccionales. Pudiendo generar esta condición por medio de resorte completo o parcial, presión o columpio, como se expone en la siguiente imagen. Teniendo en cuenta las exigencias de la extensión, ya que esta necesita empujar una "puerta" para realizar el vaciado y posterior llenado de gases y posteriormente, al salir, cerrar esta "puerta".

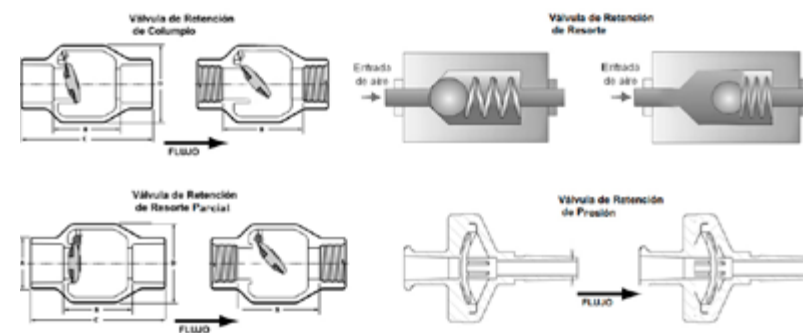


Imagen 129. Tipos de válvulas. (Recopilación web)

Para esto se buscan válvulas de gases, de retención unidireccionales de los tres tipos restantes. Evaluando su direccionalidad, tipo de enganche para la inyección de gases y tamaño.



Imagen 130. Válvulas unidireccionales de diferentes tipos. (Recopilación web).

Se elige finalmente una válvula unidireccional por presión, existente en el mercado, y que es la más pequeña que puede desarrollar esta función de forma segura. Cabe mencionar, que las válvulas de retención por columpio son menos resistentes, por lo que una presión leve puede activarlas y abrirlas, a diferencia de las válvulas de resortes.

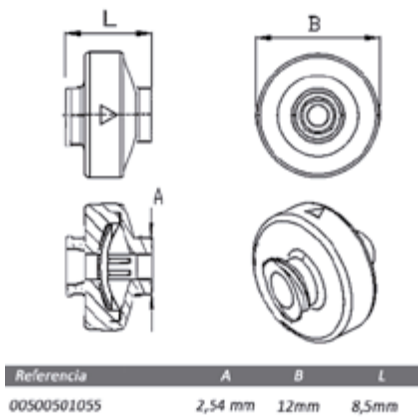


Imagen 131. Dimensiones de válvula elegida. (iscsl.de)

Estas válvulas son desarrolladas con un diafragma de Silicona / Viton / EPDM y la carcasa puede ser construida en Poliamida, PA66 – Polipropileno, PP – polifluoruro de vinilideno, PVDF o acrilonitrilo butadieno estireno ABS. Para este caso, se ocuparán con carcasa de Polipropileno.

Las medidas de esta válvula facilitan el posicionamiento de estas en el packaging, pudiéndose incorporar en la parte superior posterior del contenedor.

Tal como muestra la imagen, la válvula presenta una única dirección para la introducción de gases, ya que, al presionar la membrana, se abre esta "puerta", permitiendo la entrada y/o salida de aire, la cual una vez extraída la presión en la dirección estipulada, esta "puerta" se cierra.

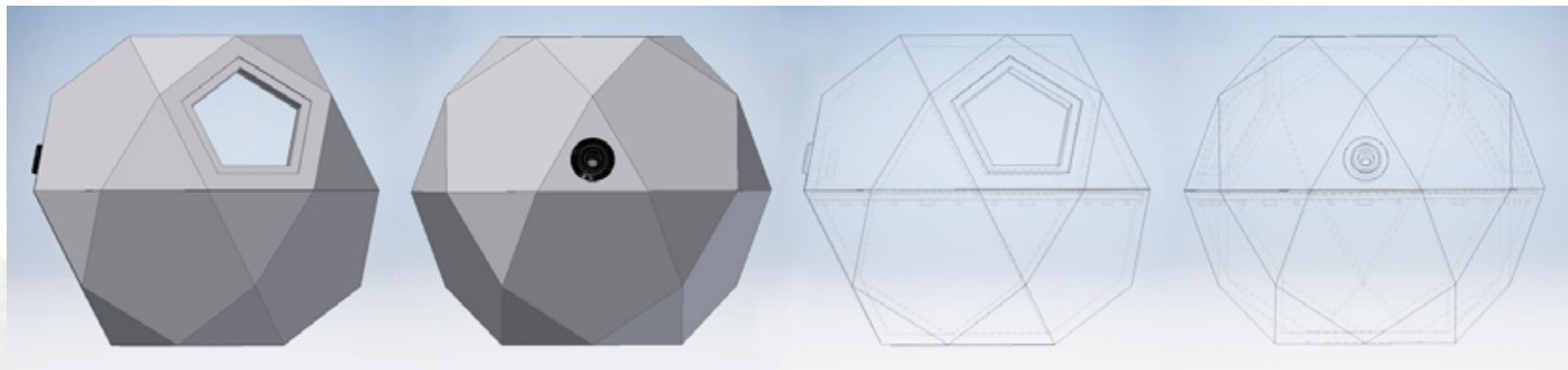


Imagen 132. Prototipo digital con válvula agregada. (Elaboración propia).



## Desarrollo Formal Malla

En búsqueda de una leve adaptabilidad formal para acoger a la trufa, con sus diferentes aspectos y pequeñas variaciones de tamaño según gramaje estipulado.

## Exploración de tramas

Para realizar esta malla, se ejecuta un estudio del estado del arte para ver posibles tramas a realizar en estas mallas flexibles, que permitan cuidar a la trufa, otorgando una leve superficie de contacto y logrando a la vez la leve adaptabilidad que se busca.

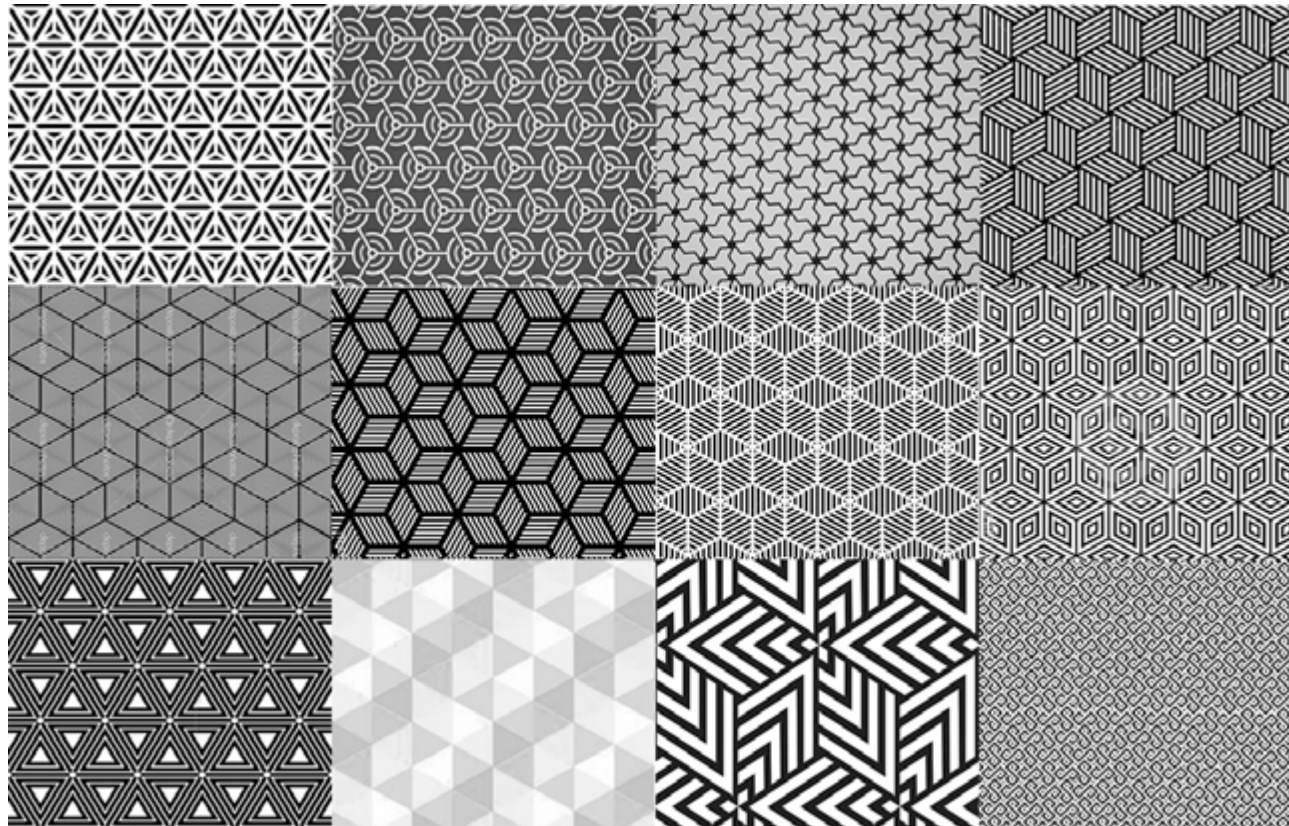
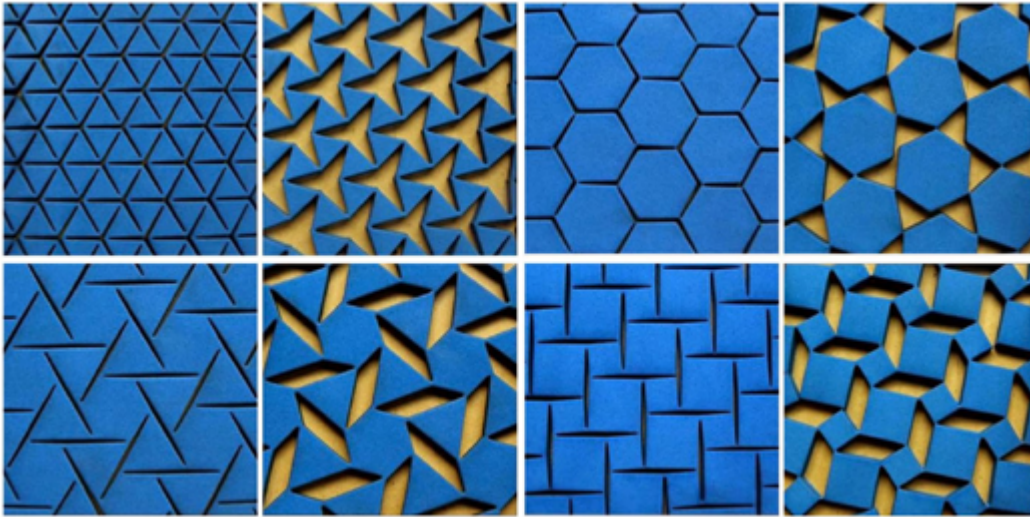


Imagen 133. Compilado de Tramas. (Adquisición Pinterest.es)





Tras la observación de diferentes tramados, se decide experimentar en una primera instancia con tres formas, las cuales presentarán variación en altura y separación del patrón.

Imagen 135. Ejemplo de malla textil. (pinterest.es)



Imagen 134. Tramas elegidas para experimentación. (Elaboración propia)

## Prototipos y evaluación de mallas

Para la elaboración de las mallas, se crean prototipos digitales determinando las variantes de altura y cercanía de cada patrón, para posteriormente crear el molde en el que se crearán estas mallas flexibles de silicona.



Imagen 136. Creación 3D de mallas. (Elaboración propia).

Se decide trabajar con silicona caucho de moldeo blanca para la elaboración de estas mallas, agregando en la parte superior de los pilares de cada trama, polvo de cobre, otorgando un carácter bacteriológico a la malla en el contacto directo con la trufa.

Los primeros prototipos contemplan 6 mallas diferentes basadas en las 3 tramas elegidas con anterioridad. En los dos primeros tramados se experimentará la distancia entre los patrones, viendo la flexibilidad que estos otorgan. Con el tercer tramado se evaluará la diferencia en la altura de las texturas de las mallas, realizándose una en 9mm de altura y la otra en 12mm.

Para la creación de los moldes de siliconas se experimenta con un compilado de 7 capas de MDF de 3 mm, cortados por medio de laser según cada uno de los tramados (trazos rojos), y grabados para generar guía y orden al momento de elaborar (trazos azules) tal como muestra la imagen a continuación.

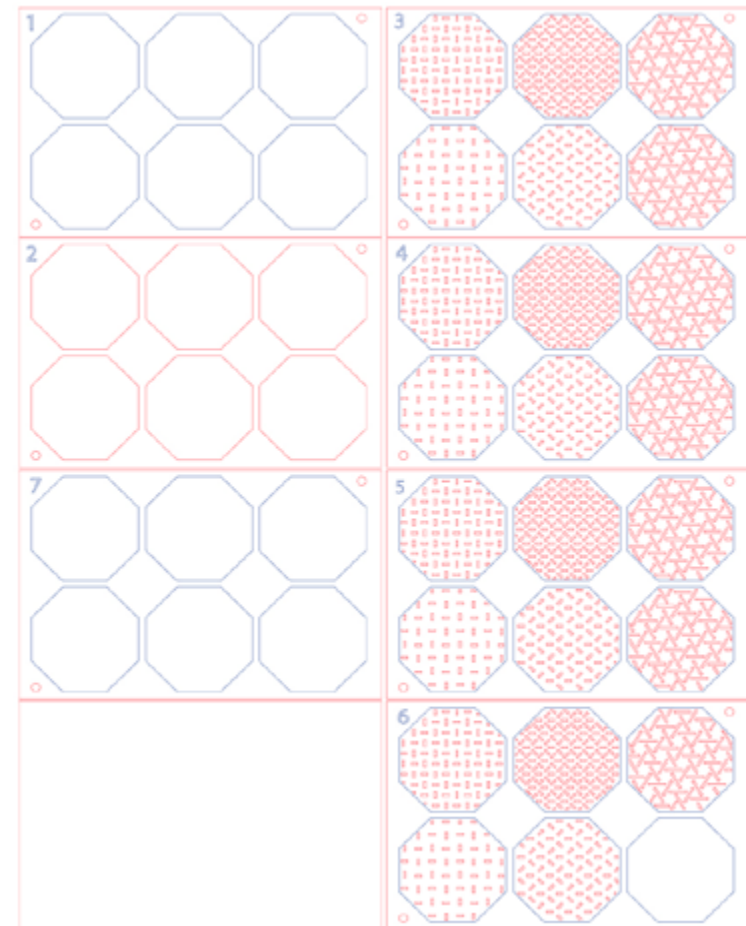


Imagen 137. Trazos para corte laser, moldes de silicona. (Elaboración propia).

Teniendo cada una de las capas cortadas, se realiza un leve limado en la capa número 3 (según imagen anterior) para rebajar el ángulo de llegada hacia la base de la silicona. Posteriormente a esto, se cubre los bordes de los octaedros con cera de vela y se vierte y esparce vaselina por cada una de las placas de MDF y los orificios que éstos poseen.



Imagen 138. Primer molde Siliconas. (Elaboración propia)

A continuación, se procede a la preparación de la silicona y vertido de esta en los moldes, realizando el llenado desde la capa número 6 hasta la 2, según imagen anterior (ya que las capas 1 y 7 son las tapas finales).

Con las capas compiladas, rellenas y prensadas, se espera durante 24hrs. para ver el resultado de esta prueba de mallas.

Pasado el tiempo descrito, al abrir el compilado de capas se evidencia una primera dificultad y error en la prueba, ya que la silicona no logra su punto de endurecimiento idóneo, por lo cual se vuelve a cerrar y esperar otras 24 horas. Pero al momento de abrir nuevamente, se evidencia el mismo problema, por lo que se decide proseguir.

Se abren cada una de las capas con dificultad, ayudando con una espátula esta labor. Como se puede ver en las imágenes siguientes, hay tramas que no alcanzan la altura deseada, o bien se cortan en el momento de ser extraídos del molde.

Al finalizar el proceso de desvinculación del molde de cada una de las mallas, son bañadas con un talco para que la silicona no solidificada pierda su viscosidad.



Imagen 139. Fabricación primeras mallas de silicona. (Elaboración propia).





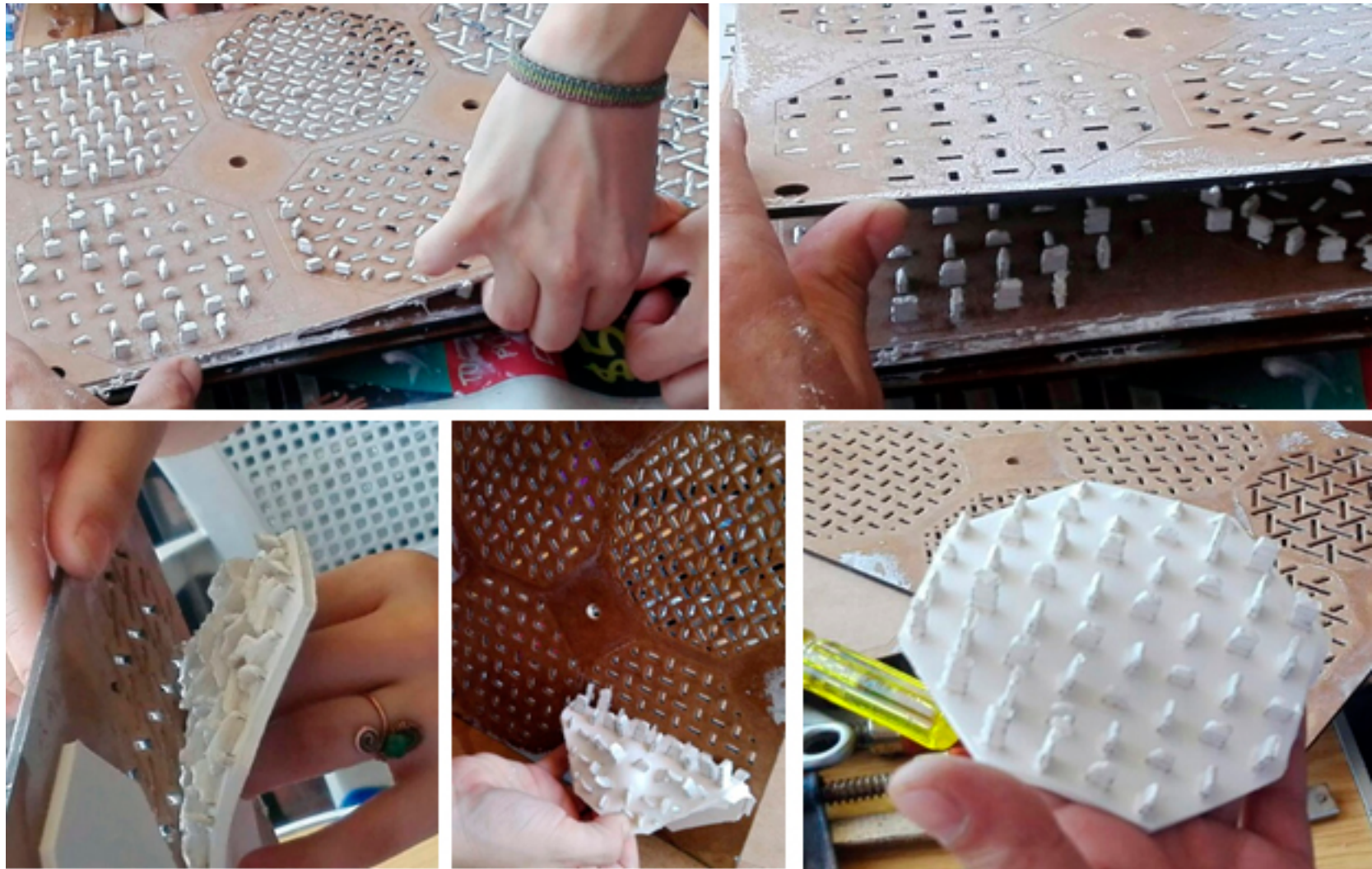


Imagen 140. Extracción primeras mallas de silicona. (Elaboración propia)



Imagen 141. 1<sup>as</sup> Mallas de silicona. (Elaboración propia)

A pesar que el resultado de esta primera experimentación de mallas no fue el esperado, se puede realizar una comparación formal entre estas, para así descartar algunas variables y tomar decisiones para una nueva experimentación.

Se decide obviar la primera trama según imagen lateral, ya que no permite la flexibilidad deseada, por tope entre los propios pilares de apoyo para la trufa.

También se descarta la experimentación de patrones más juntos, ya que su flexibilidad es muy leve.

Las mallas de puntas de 12 mm son encontradas excesivas en altura, por lo que se decide continuar probando con 9mm.

Como última acotación de esta experimentación, se determina disminuir considerablemente el grosor de la base de la silicona, de 3mm a 1mm.

Se realiza una segunda experimentación con una silicona diferente, silicona de caucho rtv xl8820, agregándole un aceite especial para esta, diluyendo un poco su viscosidad al momento de ser vertida, para que así pueda llegar a to-

dos los espacios.

En esta oportunidad, se realizan 6 nuevas mallas en forma octogonal, de las cuales 3 poseen una altura de 6mm y las otras 3 d e 9mm. Las tramas que se realizarán son las dos rescatadas de la experimentación anterior, más una con tramado regular y pilares de forma cónica, buscando la menor superficie de contacto con la trufa.

Los moldes realizados en esta experimentación son fabricados en acrílico transparente, con el fin de poder observar el llenado de la silicona al ser vertida, y a su vez por temas de permeabilidad al momento de ser desmoldada, ya que el MDF en la oportunidad anterior de todas formas absorbió la vaselina agregada, y hubo dificultades para la extracción de las mallas.

Las planchas de acrílico, son cortadas por medio de láser. Las planchas 1,2 y 6 poseen un espesor de 2mm, mientras que las placas 3,4 y 5 poseen 3mm de espesor. Los círculos sólo son grabados, para generar una guía que posteriormente será perforada con una broca cónica.

En esta segunda experimentación se generan más puntos de guías para pernos, ya que cumplirán una segunda función, prensando la estructura del molde de acrílico además de limitar su movimiento.

Previo a verter la mezcla de silicona, el molde es bañado en vaselina líquida, para evitar dificultades al momento de desmoldar las mallas de silicona.



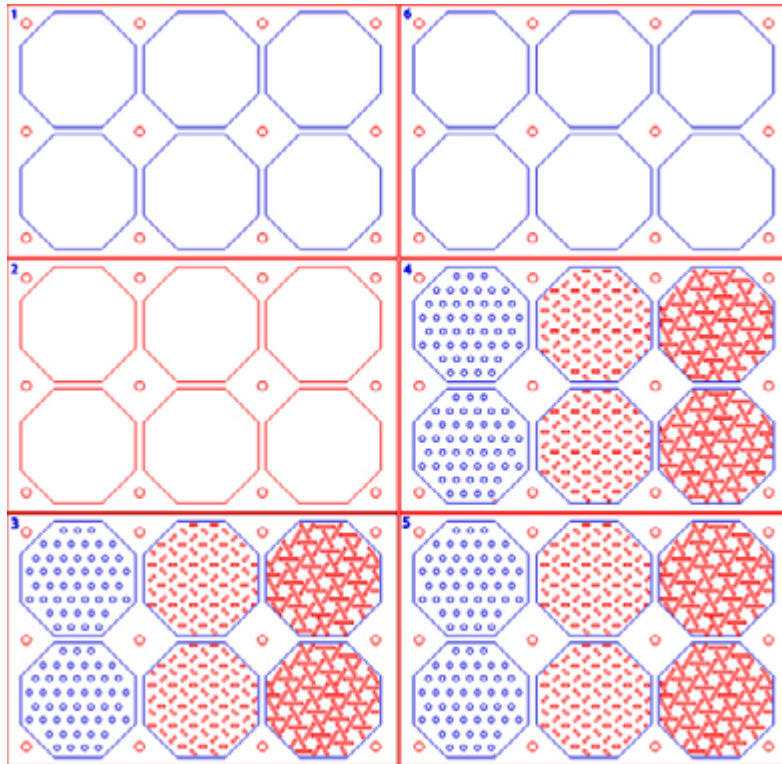


Imagen 142. Trazos para corte laser moldes de silicona 2. (Elaboración propia).

El llenado del molde se realiza desde la capa número 6 a la 1, para poder asegurar llegar al final de cada una de las perforaciones de las mallas. Conjunto a este acto se realizan pequeños movimientos horizontales constantes, para forzar la bajada de la silicona líquida, completando todos los espacios y emergiendo las posibles burbujas formadas al verter la silicona.

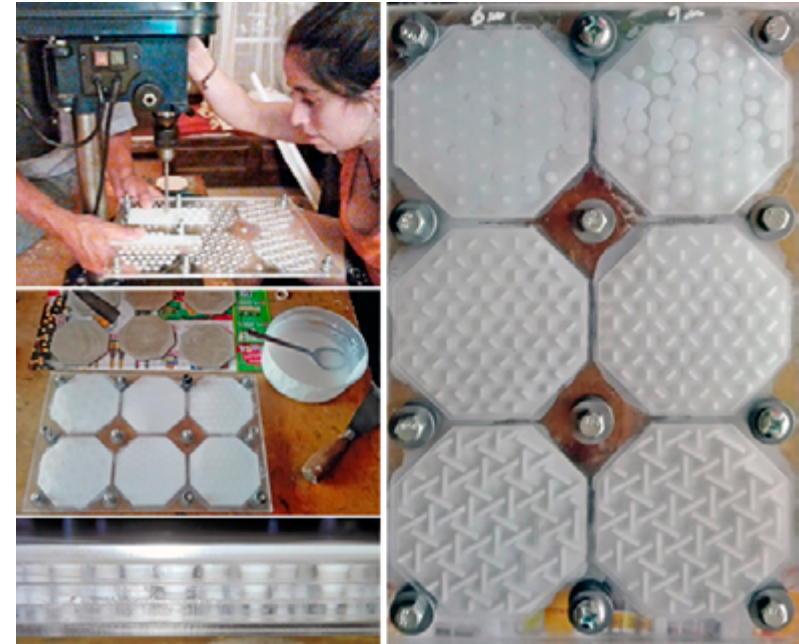


Imagen 143. Fabricación segundas mallas de silicona. (Elaboración propia).

Al llegar a la base de las mallas, se agrega un cartón cortado de forma octogonal para poder lograr un espesor de 1mm en las mallas, ya que la plancha de acrílico es de 2mm. Estos cartones, están previamente encerados y envueltos en vaselina sólida para evitar que al momento de desmolde queden adheridos a las mallas.

Pasadas 24 hrs, las siliconas son extraídas. En esta oportunidad la mezcla de esta nueva silicona cuaja de manera perfecta, solidificando al 100%.



Imagen 143. Fabricación segundas mallas de silicona. (Elaboración propia).



Los cartones son retirados con facilidad, logrando una base notablemente más delgada, pero resistente para soportar fuerzas y peso.

Posteriormente se abren las placas de acrílico, limpiando con espátula los residuos de siliconas que escurrieron, para continuar de manera más sencilla y limpia la extracción de las mallas de esta segunda experimentación.

Al finalizar por completo el desmolde de las mallas, se les aplica nuevamente un poco de talco, para cuidarlas al momento de ser guardadas.

Los moldes son lavados y guardados.

Evaluando la segunda experimentación se determina que los pilares de las tramas en 9mm son muy largos aún, por lo que se decide continuar con 6mm y realizar una prueba con 7,5mm.

En relación a las tramas de las mallas, se determina continuar la experimentación con la primera trama, (según imagen superior) y la tercera trama con pilares cónicos, ya que el segundo tramado coarta mucho la flexibilidad de la malla y posee un contacto mucho mayor en relación a las otras dos.

Finalizando, se determina realizar una tercera experimentación, pero con la forma definitiva de la malla, probando la disposición real del tramado en esta nueva forma.



Imagen 145. 2<sup>as</sup> Mallas de silicona. (Elaboración propia)

Para determinar la forma final de la malla, se busca poder transformar la base plana de estas, pensada en 2 dimensiones a una base que otorgue la posibilidad de generar una forma en 3 dimensiones.

En busca de este objetivo, se realiza una experimentación de geometrización de un decágono, forma de la base superior al cortar en 2 el Icosidodecaedro.



Imagen 146. Experimentación con decágonos. (Elaboración propia)

Se identifican las líneas de uniones de cada una de las aristas, y cuales otorgarían mayor o menor resistencia a la figura como conjunto.

Se prueba en una primera instancia con diferentes colores los trazos posibles a considerar. Posteriormente se prueba cortándolos y ajustando la concavidad que cada uno de ellos genera, en la mitad del Icosidodecaedro.

En base a a esto, se empiezan a realizar pequeñas variaciones en los plegados de la forma, lo cual determinará la altura y ancho que tendrá la concavidad que acogerá a la trufa y el espacio que quedará disponible para el hielo-gel.

Como se puede observar en las plantillas de la imagen aldaña, la forma de corte del decágono presenta leves alteraciones, considerando siempre el corte de 10 triángulos correspondientes a los vértices de la figura base, pero con

mayor y menores profundidades de estos, lo cual generan leve alteración en la profundidad que posee la concavidad final de la forma.

Por otra parte, los plegados explorados en esta forma también determinarán la concavidad final de la malla, y a la vez el modo de agarre de esta a la base, ya que se propone que el anillo de "aletas" formado por la malla, sea a su vez el burlete que ayude al hermetismo del contenedor.

Se observa que mientras más pliegues de doblado contenga la malla, más asemejará la forma de una esfera. Ya que al contener pocos pliegues la forma queda muy puntiaguda, en el caso de presentarlos en la parte más central, o bien demasiado plana, en el caso de presentar estos pliegues en la parte más perimetral de la figura.

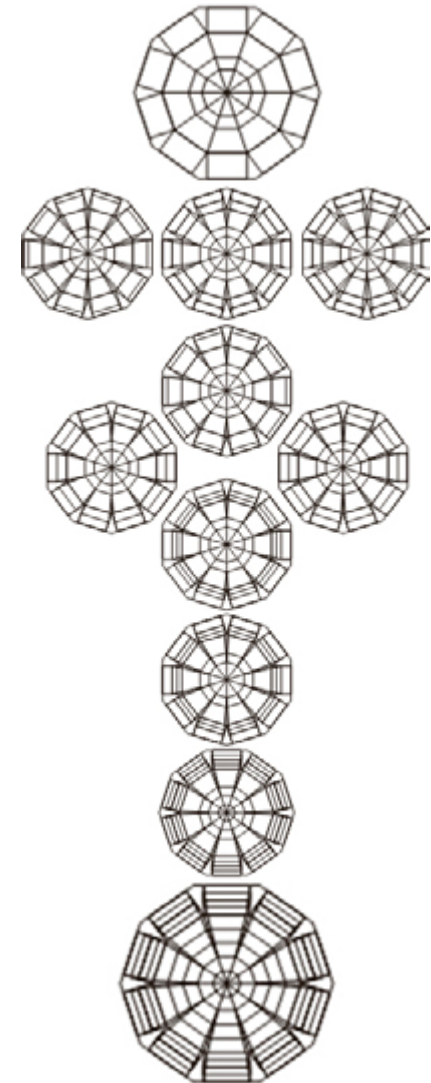


Imagen 148. Experimentación plegado y corte de las mallas. (Elaboración propia)

Es por esto que, finalmente, la mutación de la forma encamina a un decágono con triángulos de cortes radiales hacia el centro de la figura, terminados en un diámetro menor de la misma figura y no en el punto central final de esta. Por otra parte, se puede observar que posee múltiples pliegues, los cuales ayudarán a que la acogida de la trufa sea de forma más suave y envolvente, acercándose formalmente a la concavidad de la una esfera.

Finalmente, las lengüetas producidas se probarán como se comportan con las paredes de la forma, para dar solución al agarre de la malla y a la hermeticidad del contenedor. Con la forma definida, se crea un nuevo molde acrílico, adaptando los patrones de las tramas escogidas a esta nueva forma.

Conjuntamente se realiza un nuevo molde, pensado para la parte interna superior del contenedor. Esta nueva malla presentará forma de estrella, imitando la forma existente del interior de Icosidodecaedro.

Las tramas circulares, al igual que en las experimentaciones anteriores, son grabadas para poder ejecutar con una broca cónica los orificios del molde final para ser llenado.

En esta oportunidad se realizan las placas 1, 2, 3, y 6 de ambos moldes en un acrílico transparente de 2mm y las placas 4 y 5, en acrílico de 3mm de espesor.

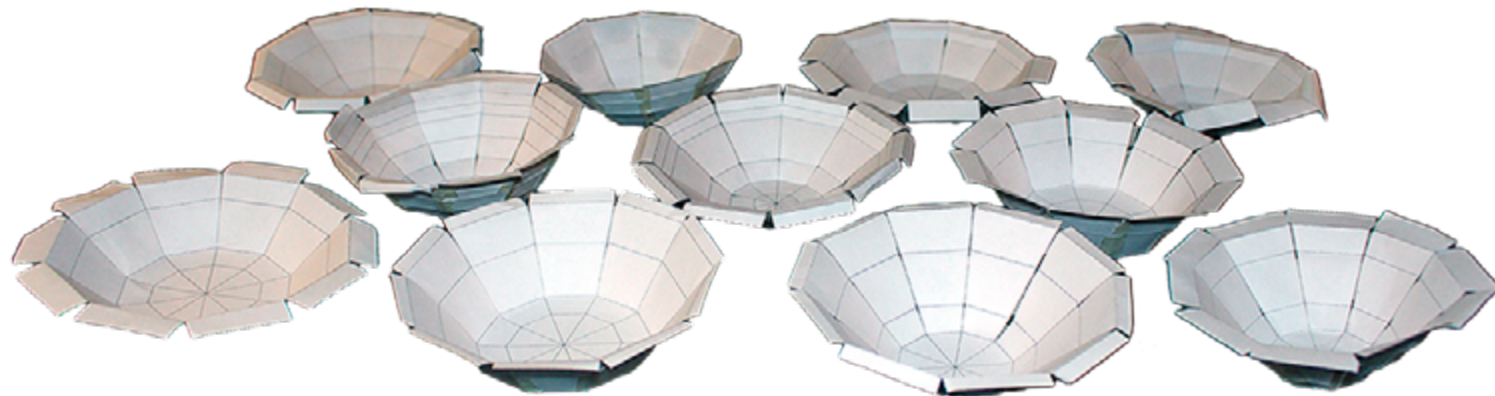


Imagen 147. Maquetas experimentación de mallas. (elaboración propia)



Se realizan 2 pruebas, 6mm y 8mm de altura en los orificios de las tramas. Para esto, se realizan dos tandas de llenado de moldes, la primera se realiza con la totalidad de las placas, para lograr una altura de 8mm. En la segunda tanda de llenado, no se considera la placa número 3 (de 2mm de espesor), logrando generar mallas con pilares de 6mm.

Para la elaboración de los pliegues experimentados con anterioridad, se elaboran bases de cartón con segmentos lineales en relieves, para así, forzar el pliegue en la base de las mallas de siliconas.

También se realizan perforaciones en los bordes de las bases con el fin de experimentar un posible agarre de la malla al borde del poliedro.

Luego de pegar cada tramo, cada base es cubierta por cera para moldes en dos capas, la cual posteriormente es pulida para otorgar una impermeabilidad al cartón y así lograr que este no se pegue con la silicona al momento de desmoldar. De igual manera, las bases son bañadas en vaselina líquida al momento de utilizarse.

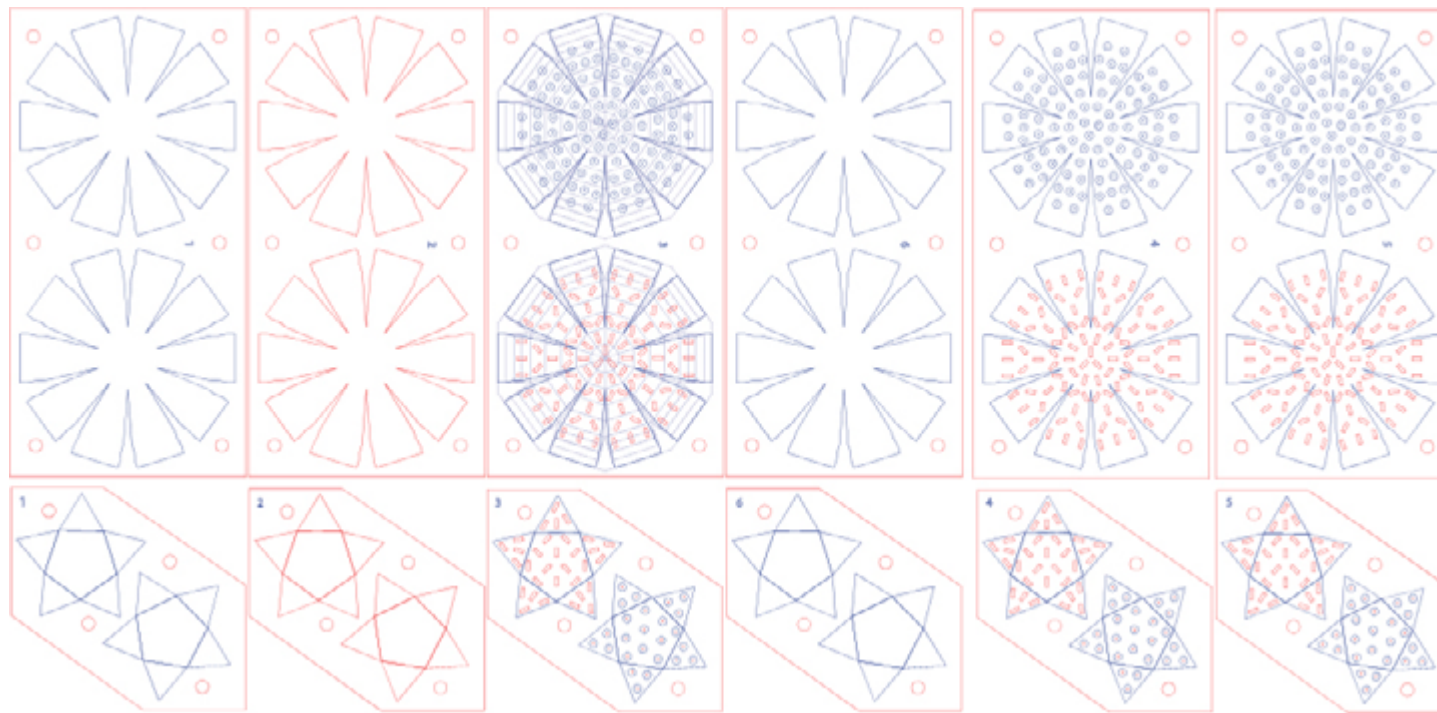


Imagen 149. Trazos para corte laser de moldes de silicona 3. (Elaboración propia).

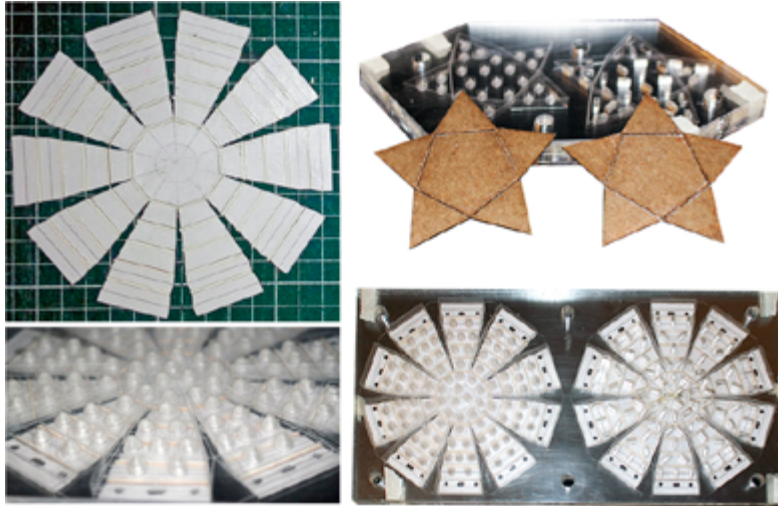


Imagen 150. Moldes para elaboración 3º mallas. (Elaboración propia)

El resultado de esta tercera experimentación de mallas, muestra que la nueva forma adoptada, logra positivamente una concavidad similar a la de una esfera que acoge de buena manera a las trufas.

A su vez, se evidencia que el largo de los pilares óptimos para recibir la trufa es de 6mm, ya que la probeta con pilares de 8mm presenta una flexibilidad excesiva, no cumpliendo en todos los casos la protección anti golpes que la malla debe entregar a la trufa que acoge en su interior.

Las mallas superiores en forma de estrellas, reaccionan positivamente en cuanto a forma con relación al contenedor. Por otra parte, se verifica la ayuda que otorga al proteger de posibles golpes superiores a la trufa.

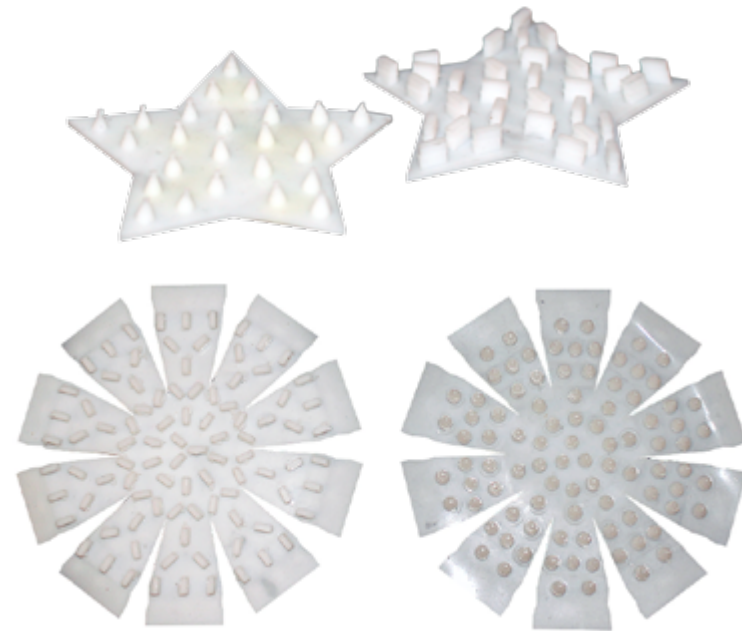


Imagen 151. 3ºs Mallas de silicona. (Elaboración propia)

Los pliegues realizados con las bases de cartón, facilitaron la concavidad adoptada por las mallas de silicona, ya que, al rebajar material de la base, se crea una leve debilidad en esta, forzando en cierta medida el movimiento de esta. Se rescata también de esta tercera experimentación, que la forma de agarre de la malla a los bordes del Icosidodecaedro es válida, pero debe trabajarse aún en lo formal, puesto que se traslapan entre sí los bordes de la malla.



Imagen 152. Detalles 3º exploración de mallas. (Elaboración propia)



Imagen 153. Pruebas de mallas en poliedro y con maqueta de trufa. (Elaboración propia)

Finalmente, probando las cuatro experimentaciones en el poliedro, soportando la maqueta de trufa, se opta por la malla con trama de conos de 6mm de alto, ya que, al poseer pilares de forma cónica, la superficie de contacto con la trufa es mínima, a diferencia de la malla con pilares rectangulares.



Imagen 154. Malla con tramado cónico. (Elaboración propia)

La malla de silicona elegida tras las experimentaciones es pegada en la instancia elaboración de maquetas, con cianocrilato líquido para fijar su forma cónica, con el fin de poder seguir probando la integración de esta en el poliedro que la contiene.



A partir de esta elección, se determina la malla final, para lo cual se decide realizar prototipos digitales, poniendo gran preocupación en el enlace y la unión de la malla con poliedro.

Se toma como base inicial el borde del poliedro donde estará alojada la malla, obteniendo el perímetro que será ocupado por la silicona, con el detalle de los orificios para poder estabilizar el agarre de esta a la figura.

El perímetro es superpuesto y explosionado hacia la forma

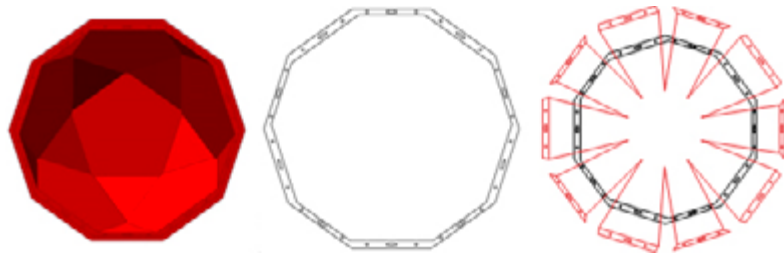


Imagen 155. Proceso de construcción forma final malla. (Elaboración propia)

plana para lograr la malla cóncava, determinando los puntos de agarre y los ángulos de termino e inicio de cada una de las secciones que hacen posible la concavidad de la malla.

Posterior a esto se definen el tramado al interior de la forma, donde posteriormente se realizarán las perforaciones que darán vida a los pilares cónicos de la malla.

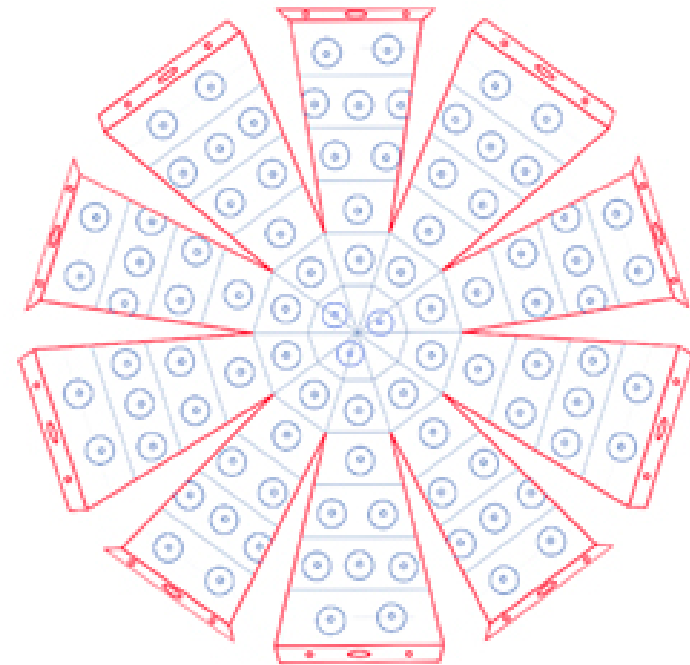


Imagen 156. Forma final malla silicona (Elaboración propia).



## Integración de prototipos físicos integrales

"Definimos prototipo como "una aproximación al producto en una o más dimensiones de interés". Con esta definición, cualquier entidad que exhiba al menos un aspecto del producto que es de interés para el equipo de desarrollo puede considerarse como un prototipo... Construir prototipos es el proceso de desarrollar esa aproximación al producto." (Karl T. Ulrich 2004)

Tras la construcción de los prototipos físicos enfocados en la malla y el contenedor por separado, se realiza la integración de ambos.

Si bien, los prototipos analíticos realizados con anterioridad, no muestran inconvenientes en la unión de estos elementos, la construcción final de estos, dependerá del comportamiento que ambos tienen entre sí, y de cómo interactúan con el usuario y objeto a contener.

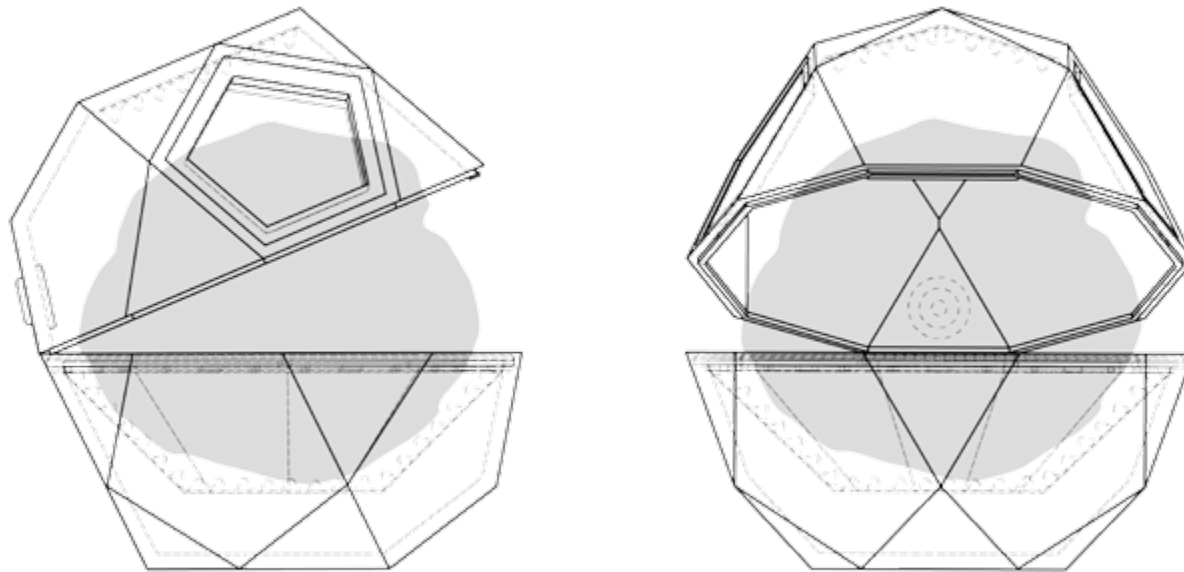


Imagen 157. Visualización de integración en prototipo analítico. (Elaboración propia)



Se evalúan los espacios y volúmenes dispuestos para el hielo-gel necesario para la mantención de temperatura, y el espacio destinado a la Trufa Negra.

Por otro lado, se realiza un ejercicio de uso, para observar el comportamiento del tamaño del contenedor con el usuario. Sin embargo, la integración de estos prototipos, ayudan a

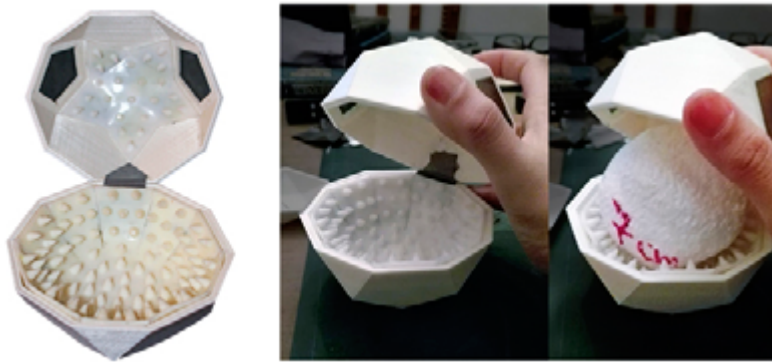


Imagen 158. Manipulación de integración de prototipos físicos. (Elaboración propia)

detectar el apropiado compartimiento para el hielo-gel, y la eficiencia de la malla superior en forma de estrella para evitar los golpes de la trufa al momento de manipular el contenedor en el transporte.





condensación, una gran capacidad para absorber líquidos, no favorece el crecimiento de hongos y permite permeabilidad de aire y/o vapor, lo cual sería de gran ayuda en el caso de la humedad producida por la respiración de la Trufa Negra. (Lozada 2015)

Este material se presenta como la opción perfecta para la protección del hongo hipogeo, pudiendo ser utilizado en la malla que tiene directo contacto con la trufa, pero, a pesar de llevar años de su descubrimiento, el aerogel aún es un material "nuevo" y difícil de adquirir en forma natural, en formatos no procesados.

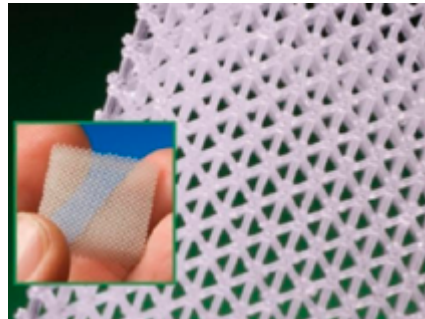


Imagen 159. Aerogel de Silicio. (aerogelfau.blogspot.cl)

Es por este motivo, que, a pesar de su idóneo calce en la mayoría de las funciones, es dejado de lado, pero no descartado si en un futuro llegase a ser más asequible.

Los siguientes aislantes mejor valorados según la gráfica expuesta son el Poliuretano y la Lámina de barrera radiante. En el caso del Poliuretano, por sus características químicas, no puede ir en contacto directo con alimentos, pero no se descarta su uso como refuerzo aislante.

La lamina de barrera radiante se presenta como una buena opción de aislante térmico, pero se debe tener cuidado con el contacto con la trufa negra, ya que la condensación que posee es mucho mayor, al no permitir traspaso de aire, por lo cual la humedad producida por la trufa se condensaría, produciendo exceso de humedad en las zonas de contacto.

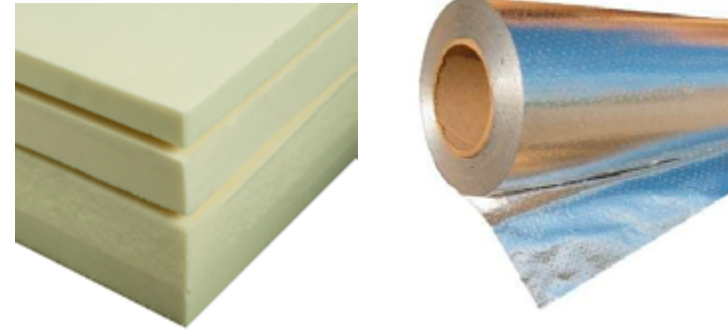


Imagen 160. Espuma de poliuretano y Rollo de Lamina de barrera radiante. (Recopilación web)

Se realiza una segunda investigación de materiales, enfocándose en esta oportunidad en los polímeros disponibles para la industria de los alimentos, acotando el estudio a tres tipos de plásticos:

- HDPE (Polietileno de Alta Densidad)



- LDPE (Polietileno de Baja Densidad)



- PP (Polipropileno)



El polipropileno, no es tóxico, por lo que es ideal para el envasado de alimentos. Si bien el polietileno igual es usado en la industria alimentaria, posee un nivel bajo de toxicidad al ser un derivado del etanol.

Otro punto a considerar es la alta resistencia a la fatiga que posee el polipropileno a diferencia del polietileno, posibilitando la creación de pliegues y bisagras de material.



Imagen 161. Pellet polietileno. (imagestun.com)

En cuanto a posibilidad de procesos productivos el polipropileno obedece en perfectas condiciones a procesos de inyección, soplado, extrusión y termo-formado. El polietileno responde a procesos por inyección y soplado.

El polipropileno posee mayor resistencia a golpes e impactos, a pesar de ser más ligero que el polipropileno.

Ambos plásticos son muy maleables y manejables, fáciles de colorear y poseen buena resistencia ante posibles ataques de ácidos, si bien, el polietileno es de menor valor en cuanto a materia elaboración, la diferencia de valor entre uno y el otro no es un factor determinante para la elección.

Considerando los pros y contras de cada material, la elección para la fabricación del contenedor es el **Polipropileno**, ya que no es tóxico, factor fundamental ante la permeabilidad de la trufa, y, por otro lado, su resistencia a la fatiga permitirá la construcción de la bisagra, sin alterar la forma del Icosidodecaedro.

Dada la forma del contenedor, el Polipropileno será inyectado en un molde del Icosidodecaedro abierto, resultando inmediatamente los 2 lados y la bisagra de la carcasa del packaging.

Para el caso de la malla flexible, se propone el uso de **Silicona caucho** especial para el contacto con alimentos.

*"Las siliconas constituyen un grupo de materiales que pueden emplearse en multitud de sectores. El caso particular de las siliconas elastoméricas es especialmente importante en aplicaciones destinadas al contacto con alimentos y el desarrollo de productos infantiles. Propiedades como la resistencia a la temperatura, resistencia química, sin olor, sin sabor entre otras hacen que la aplicación en el campo de la alimentación se realice en forma de productos como cubiteras, moldes para cocinar, conducciones para líquidos, tetinas de biberón, etc."* (Marín 2008)

La Silicona de caucho empleada para contacto directo con alimentos, es la conocida como **Silicona Caucho GP-ALIMEN**, cumple con la normativa de sanidad y posee certificado que lo respalda.



Imagen 162. Recipiente para alimentos de silicona. (cristalymenajeonline.com)

Esta silicona posee características mecánicas de alta resistencia a la rotura, de aproximadamente 64,24 kg/cm<sup>2</sup>, una elongación del 600%, resiste ncia al desgarramiento de 23,45 kg/cm<sup>2</sup>, posee contracción menos al 0,1% y una alta resistencia a las temperaturas.



## Estudio de colores

*"El hombre al evolucionar modificó su entorno mucho más que lo que se adaptó a él. Construyó así una segunda naturaleza, artificial y distinta, en la cual el color cumple un papel importante. Los objetos de diseño son expresión de la cultura a la que pertenecen. Son espejos de la sociedad, manifestaciones de sus valores, ideales y sueños. El lenguaje de los objetos permite transmitir significados por diversos medios: la configuración, el color, la textura, el brillo y la selección material. El color es una herramienta de fuerte impacto visual, por lo tanto, su rol comunicativo es intenso."* (Muñoz)

La elección de color en un producto es de suma importancia, siendo un elemento de comunicación vital, capaz de atraer, capaz de evocar sensaciones, capaz de determinar y encasillar a los objetos dentro de un rol social, dentro de una clasificación comercial y dentro de un concepto determinado.

El principal concepto a potenciar en este packaging es:  
- Producto Gourmet.

Conservando en todo momento la reseña de un producto totalmente natural y de origen nacional.

Como exigencia del producto, a la trufa negra le afecta luminosidad, por lo cual es necesario utilizar colores con un nivel de reflexión de luz lo más baja posible.

A continuación se presenta una tabla que muestra las reflexividades de los colores o acabados más usados, destacando aquellos colores y/o acabados de menor % de luz reflejada: (PRODUCCION 2008).

Color o Acabado	% de Luz Reflejada	Color o Acabado	% de Luz Reflejada
Blanco	85	Gris Oscuro	30
Crema Claro	75	Rojo Oscuro	13
Gris Claro	75	Café Oscuro	10
Amarillo Claro	75	Azul Oscuro	8
Verde Claro	65	Verde Oscuro	7
Azul Claro	65	Madera Medio	63
Amarillo Medio	65	Madera satinada	34
Gris Medio	55	Concreto	55
Verde Medio	52	Cartón	30
Azul Medio	35	Negro	5

Fuente: Niebel, Benjamín W. Ingeniería Industrial. Métodos, Tiempos y Movimientos. 11ª Edición. Alfaomega. Pág. 235.

Tabla 11. Reflexividad de los colores. (Producción 2008).

Con esta información, se realiza un estudio de los colores más utilizados en el mercado por el concepto elegido anteriormente, por medio de un moodboard, analizando especialmente aquellos colores de poca reflexión lumínica indicados en la tabla superior.



Imagen 163. Moodboard gourmet. (Elaboración propia desde recopilación web)

Este moodboard, relacionado con los productos Gourmet, muestra que la presencia del **negro predomina** en la mayoría de los productos, realizando **altos contrastes** sutiles, con tonos dorados, blancos y plateados en un gran número de casos. En su gran mayoría, se presenta el negro como base del producto, y se utilizan 1 o dos colores más para completar la información del packaging, resaltando el logo o una imagen del producto.

Tras las observaciones derivadas, se realizan pruebas visuales por medio de montajes cromáticos, de opciones color para el packaging, según los resultados otorgados por el moodboard, utilizando como color principal el negro, y resaltando algunos detalles con colores cromados entre plateado y dorado.

Se busca resaltar la geometría del packaging por medio del color.

Tanto el dorado como el plateado, son colores cromados que históricamente se han asociado al lujo, riqueza, y exclusividad. Según Eva Heller, en su libro de "Psicología del color", la relación de los colores con nuestros sentimientos no es mero gusto o accidente, ya que existen experiencias universales enraizadas en la sociedad, la historia, nuestro lenguaje, en un pensamiento colectivo y en nuestro propio pensar y sentir. (psicologiadelcolor.es)

El color dorado, está asociado al oro, material escaso y codiciado, es por esto que el dorado es asociado a la riqueza material, al lujo y status. Por ser un color extremadamente llamativo, generalmente no es usado como color principal, pero si es muy utilizado para resaltar marcas.

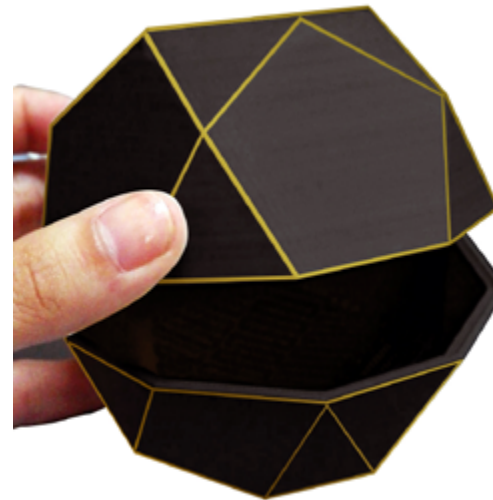
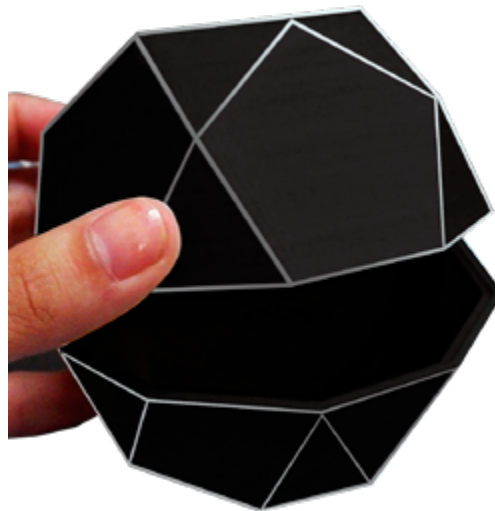


Imagen 164. Opciones de color. (Elaboración propia).

El cromado plateado, siempre comparado con el dorado, se percibe menos ostentoso que este, pero a su vez, como un color más elegante, intelectual, funcional y moderno. Es asociado con el dinero la codicia y la magia. Al igual que el oro, la plata se percibe como algo difícil de alcanzar, y se utiliza para dar categoría de elegancia, sin parecer engrèidos, y de lujo, sin ser vanidoso.

En cuanto a percepción de color, el plateado es elegante, codiciado y moderno, y el color dorado tiene un carácter más ostentoso y lujoso. Un elemento mucho más exclusivo. (lapsicologiadelcolor.com 2017)

Es por esto que se propone la utilización del color plateado para el packaging cotidiano de la trufa, pero se da la opción del dorado para ediciones especiales de cosecha, o celebraciones de aniversario de trufas nacionales.

El packaging TRUFF-PACK, propone también una zona para la marca e imagen gráfica de cada trufa que utilice este producto, otorgando una zona frontal para esto, y los pentágonos traseros para otorgar información adicional del producto.

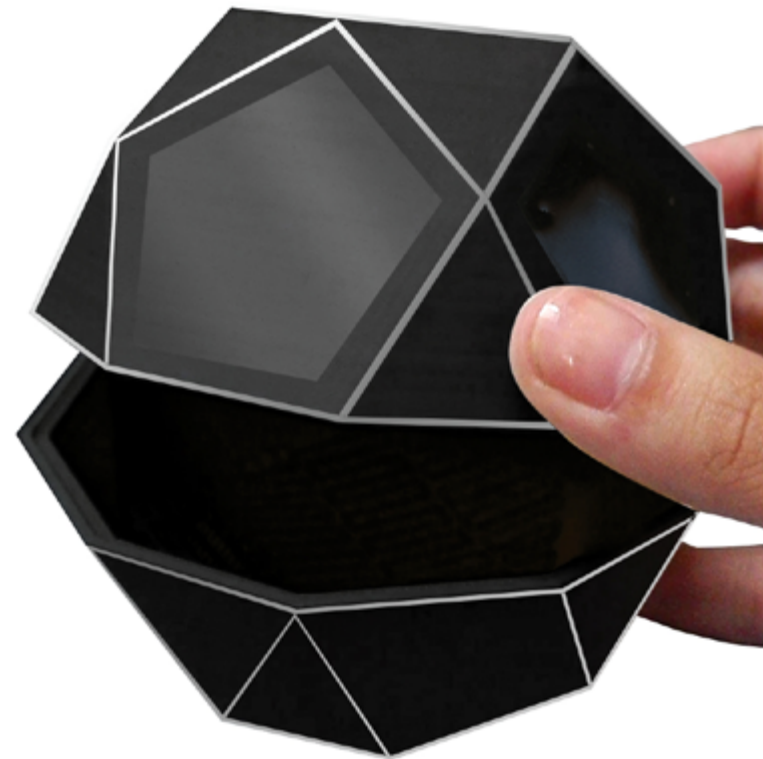


Imagen 165. Referencia etiqueta. (Elaboración propia).



# **Validación**

---





## Temperatura y Humedad

### Elección de Hielo Gel

Una de las primeras pruebas a realizarse, tiene directa relación con la elección del hielo gel a utilizar. Por medio de sensores de Temperatura y Humedad se realiza una comparación con tres tipos de hielo gel diferentes, analizando sus comportamientos al interior del contenedor bajo temperatura ambiente.

Para esto, se utilizó una placa Arduino UNO conectada con dichos sensores, con la cual se configuró un programa que leyera ambas variables, con dos sensores diferentes.

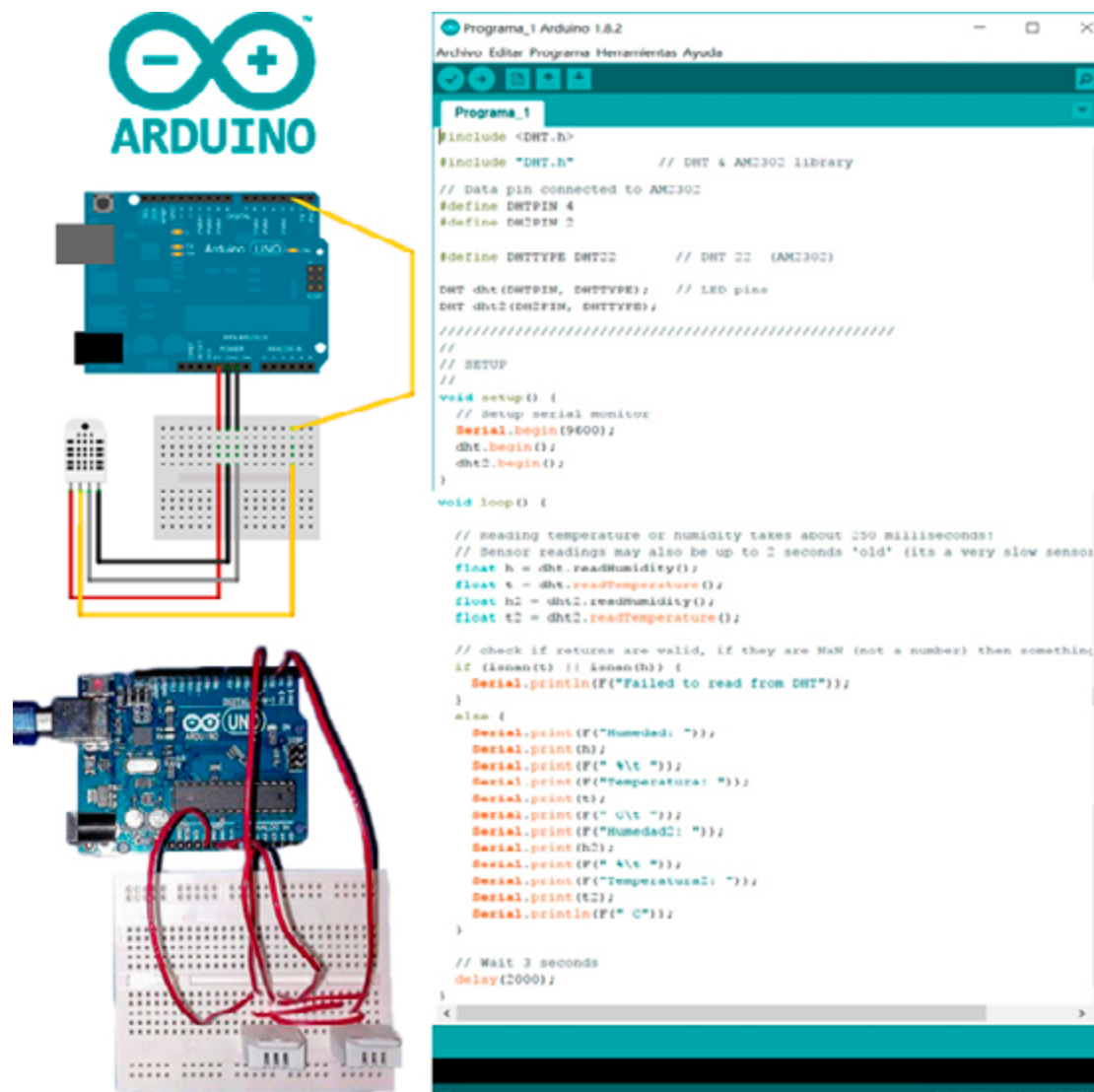


Imagen 166. Arduino: programa y placa. (Elaboración propia).

Para llevar a cabo esta prueba, se congeló por 24 horas cada uno de los hielo-gel a utilizar, directamente desde el contenedor. Para insertar el sensor al interior del contenedor se realiza una extensión de los cables desde el protoboard y se hace una pequeña perforación en la pieza superior de Icosidodecaedro, siendo sellada posteriormente a la introducción de los cables con plastilina blanca, para no perder la hermeticidad del interior del contenedor.

Los tres tipos de hielo gel que se evaluaron son:

- Gel Rock 3 Osos.
- Hielo-Gel 3M
- Hielo-Gel Taupack

El gel se posiciona bajo la malla de silicona, viendo así cual es la temperatura y humedad que traspasa al área donde se encontrará la trufa.

El registro de datos es procesado hasta que se iguala la temperatura interna en el recipiente, con la temperatura exterior.



Imagen 167. Prueba temperatura y Humedad- Hielo-Gel. (Elaboración propia).

Los resultados arrojados por el programa, son graficados para una mejor comparación, donde Humedad 1 y Temperatura 1 corresponde al registro al interior de TRUFF-PACK, mientras que Temperatura 2 y Humedad 2 a datos ambientales.

A continuación, se muestra una tabla con los resultados preliminares de esta prueba.

Hielo-Gel	Estado	Cantidad	T° inicial	T° Final	T° Mínima	Humedad máxima	Sudoración	Tiempo
<b>Gel Rock 3 Osos</b>	Sólido congelado	48,5 gr	-4,8 °C	19°C	11,9°C	79%	Leve	12 horas
<b>Hielo-Gel 3M</b>	Gel	48,5 gr	-6 °C	19°C	10,9°C	83%	Leve	4,30 horas
<b>Hielo-Gel Taupack</b>	Sólido congelado	45 gr	-5 °C	18°C	9,4°C	98%	Excesiva	12,45 horas.

Tabla 12. Resumen primera prueba Temperatura y Humedad. (Elaboración propia)



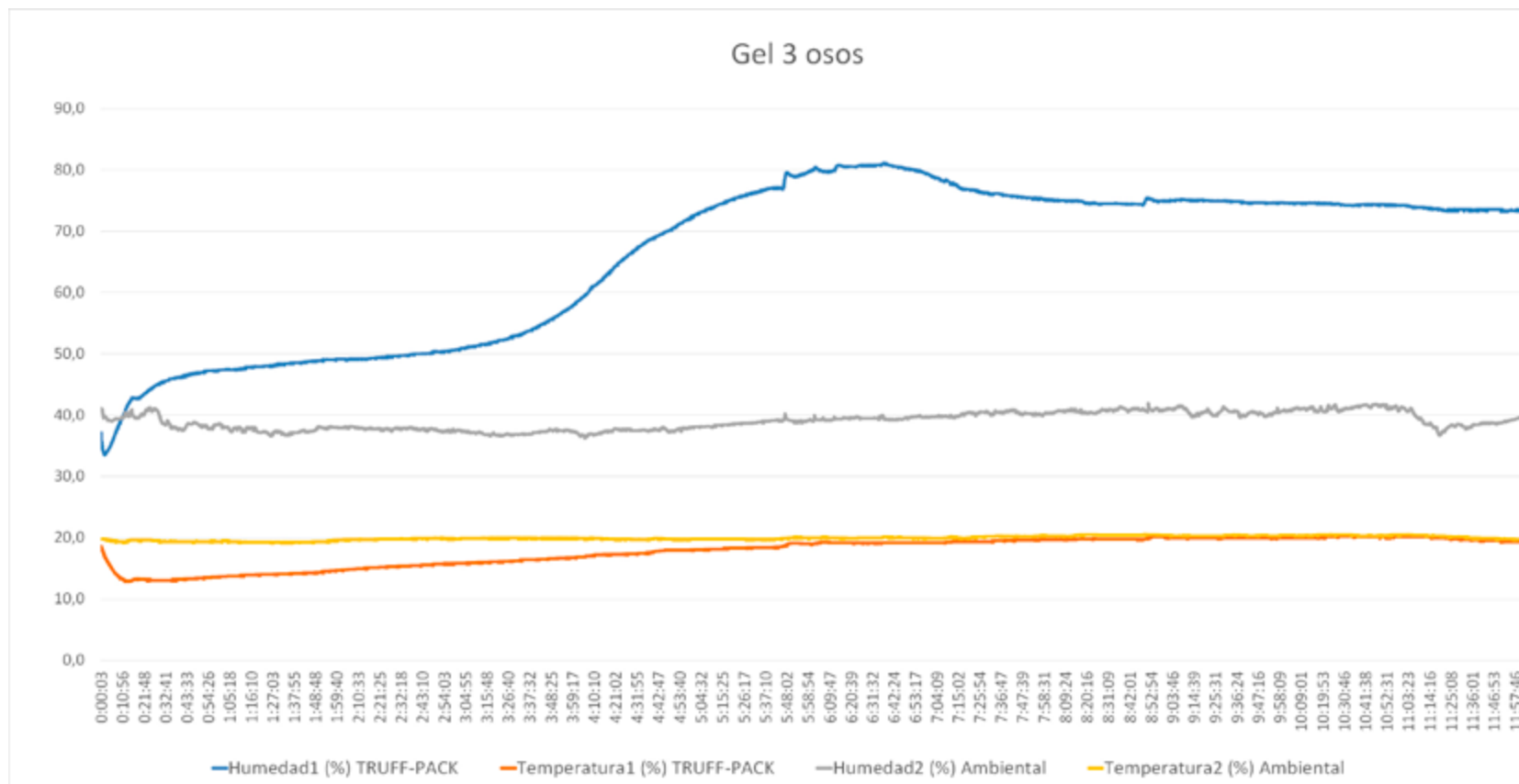


Grafico 1. Prueba 1 - Gel 3 Osos. Registro cada 3 seg. (Elaboración propia).

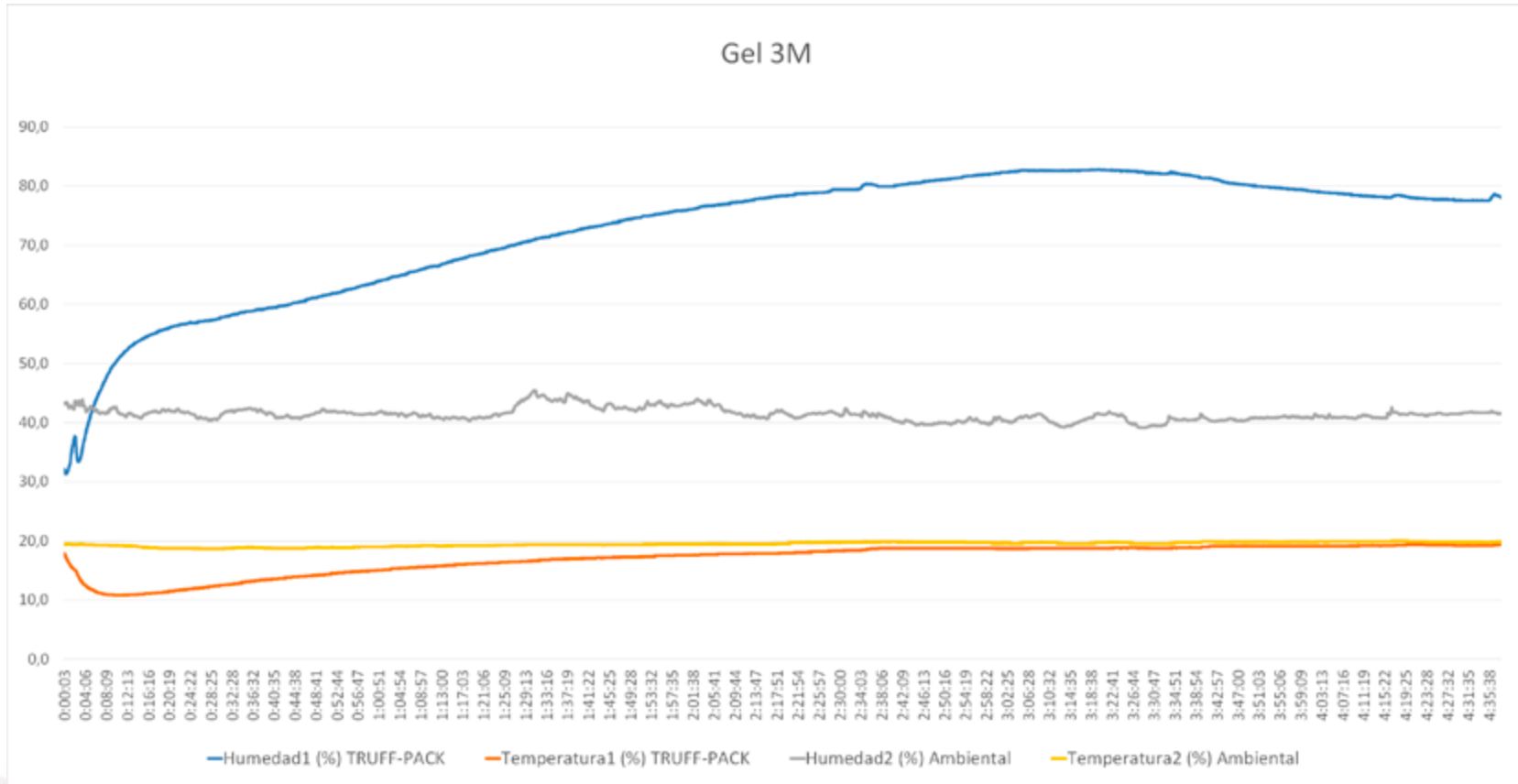


Grafico 2. Prueba 1 - Gel 3 M. Registro cada 3 seg. (Elaboración propia).

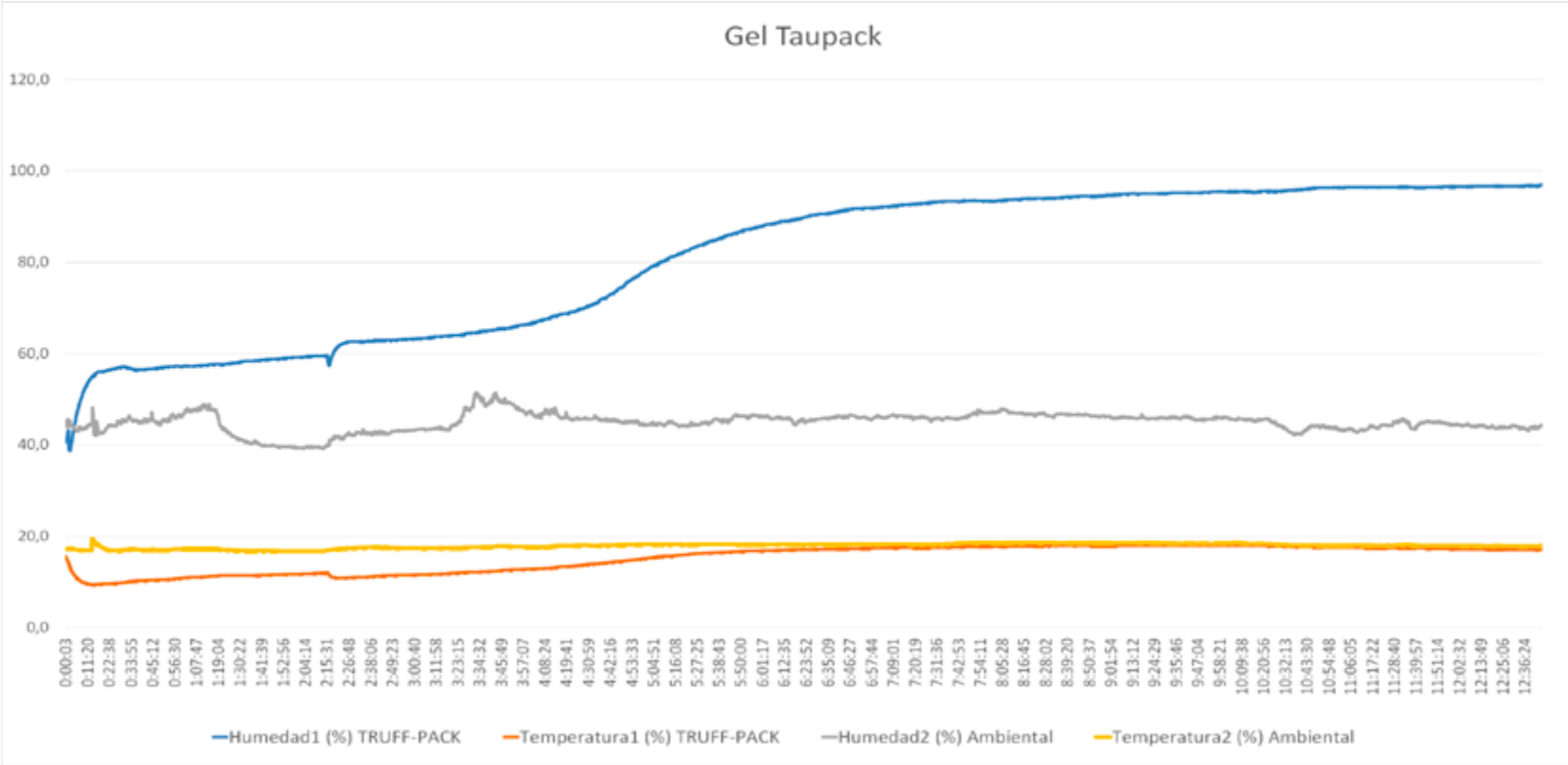
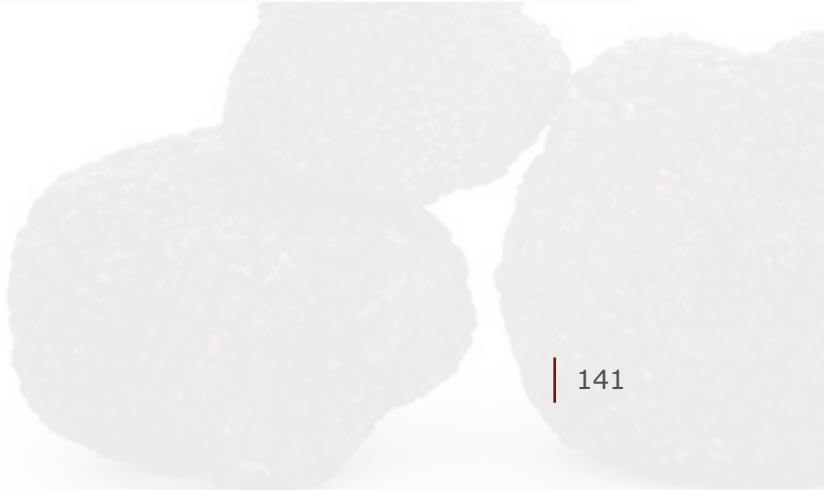


Gráfico 3. Prueba 1 - Gel Taupack. Registro cada 3 seg. (Elaboración propia).



Si bien en la tabla resumen de esta prueba, se observa una mayor duración de registro del hielo-gel Taupack, la progresión de aumento de temperatura de éste es mayor en comparación al Gel Rock 3 Osos. En otras palabras, la curva nos muestra que si bien la igualación entre la temperatura interior y la exterior transcurre en un tiempo mayor, el aumento de la misma desde la temperatura base hasta un rango aceptable para el producto es demasiado rápida.

En esta prueba se descarta totalmente el Hielo-Gel de 3M, ya que posee una duración muy corta en su mantención de la baja temperatura.

Por otra parte, se visualiza que la sudoración generada por el hielo-gel Taupack es mucho mayor que la generada por Hielo-Gel Rock 3 Osos.

Por lo anterior, se decide realizar una segunda prueba con estos dos últimos Hielo-Geles, en estado refrigerado ambos, y con un absorbente de humedad, para así tomar la decisión final del Hielo-Gel a utilizar.

Esta segunda prueba, se realiza con los mismos sensores y programa utilizado, cambiando el tiempo de registro de los sensores de 2 segundos a 5.

Al contenedor se le agrega un absorbedor de humedad Micro-Pack Stickers y se incorpora además una lámina de barrera radiante en ambas caras interiores del contenedor, para generar mayor aislación de temperatura con relación al ambiente exterior.

En esta oportunidad, el contenedor con el sensor en su interior es refrigerado para lograr una temperatura interna de 1 grado. Evaluando el tiempo empleado en elevar su temperatura hasta los 7 grados Celsius, midiendo en todo el momento la humedad registrada. De esta forma, la prueba determinará la autonomía de refrigeración que proporciona el hielo-gel en la temperatura ambiente al interior del packaging.

Los resultados de esta prueba son expuestos en la siguiente tabla resumen, donde Humedad 1 y Temperatura 1 corresponde al registro al interior de TRUFF-PACK, mientras que Temperatura 2 y Humedad 2 a datos ambientales.

Hielo-Gel	Estado	Cantidad	T° inicial	T° Final	Humedad máxima	Humedad mínima	Sudoración	Tiempo
<b>Gel Rock 3 Osos</b>	Gel levemente congelado	48,5 gr	1°C	7°C	59,2%	45,9%	Nula	5 horas
<b>Gel Taupack</b>	Gel levemente congelado	48,5 gr	1°C	7°C	65,3%	52,4%	Nula	2,5 horas.

Tabla 13. Resumen de registro prueba 2. (Elaboración propia).



En esta tabla se evidencia que el **Hielo-gel Rock 3 Osos es la mejor alternativa para otorgar autonomía de temperatura al packaging de la trufa negra**, ya que demoró el doble del tiempo en llegar a los 7°C, presentando una humedad 6 puntos porcentuales menor.

Si bien, el porcentaje de humedad ambiente (Humedad 2) en la muestra del gel Taupack fue mayor, la temperatura registrada en ese momento fue entre los 1°C – 18°C, en comparación a la registrada en la instancia de prueba del gel Rock 3 Osos, cercana a los 20 grados como muestran los gráficos expuestos.

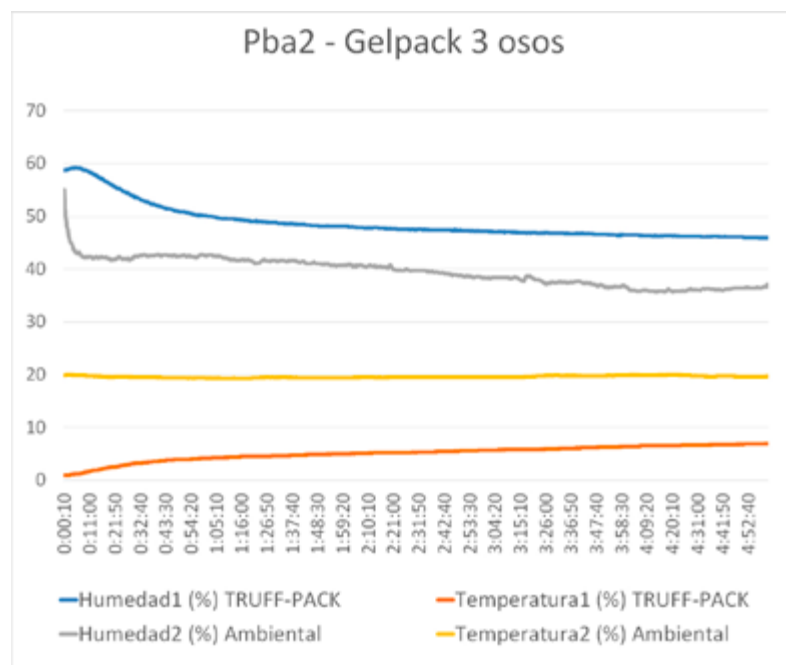


Gráfico 6. Prueba 2. Gel Rock 3 Osos. Registro cada 10 seg. (Elaboración propia).

Por otra parte, se demuestra que el uso de absorbedor de humedad es totalmente positivo y necesario, ya que, en la prueba anterior, donde no fue utilizado, la humedad presentada fue entre el 78% y el 98%.

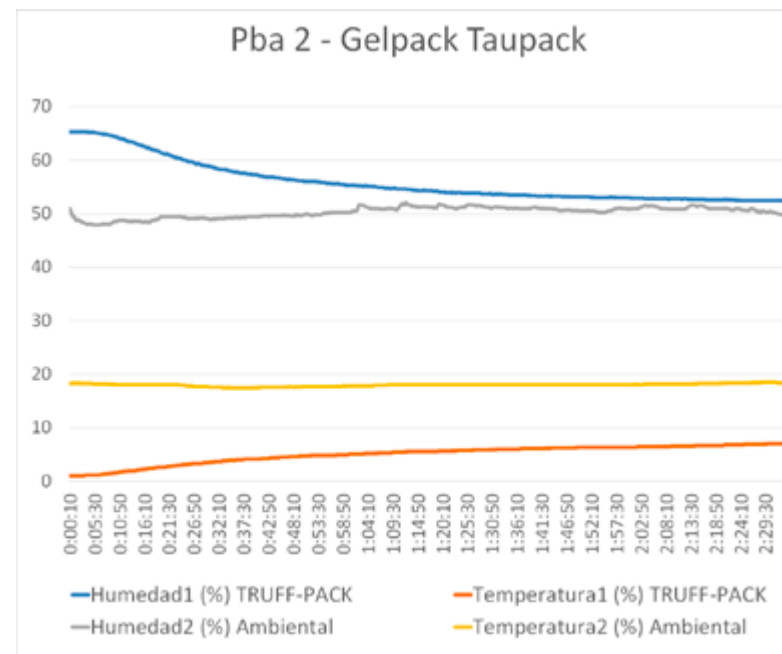


Gráfico 5. Prueba 2. Gel Taupack. Registro cada 10 seg. (Elaboración propia).

## Pruebas con hongo similar

Determinado el Hielo-gel a utilizar, se decide realizar una prueba de comportamiento físico y biológico con un hongo de características similares a la trufa negra, debido a los altos valores que posee el diamante gastronómico. Se estudiará el comportamiento del hongo *Agaricus bisporus*, comúnmente llamado champignon, visualizando el comportamiento que presenta este al interior del packaging TRUFF-PACK en un espacio de tiempo, versus a otro en la bandeja en que se comercializa.

La prueba se inicia con el champignon refrigerado en ambos formatos, evaluando la temperatura y humedad que presenta cada uno de estos, para posteriormente evaluar la mantención de temperatura e índice de humedad que presentan en ambos casos fuera del refrigerador. (Donde Humedad y Temperatura 1 corresponden al packaging TRUFF-PACK, mientras Humedad y Temperatura 2 corresponden a la bandeja de Champignon).

Tras 3 horas en refrigeración, tanto la temperatura como la humedad se estancan, determinándose los valores extremos. Estos valores para el caso de TRUFF-PACK son un 60,4% de humedad, con una temperatura de 1°C, mientras

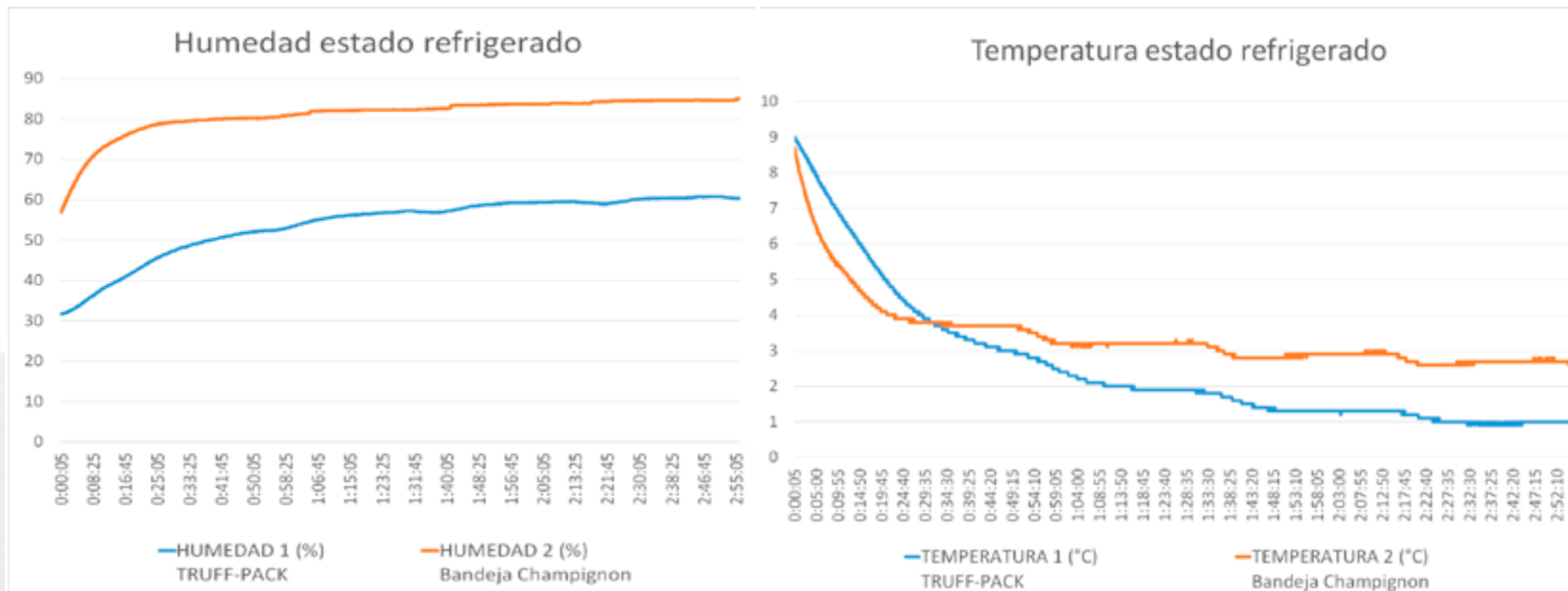


Grafico 6. Evaluación packagings en estado refrigerado. Registro cada 5 seg. (Elaboración propia).

que la bandeja de champiñones presenta un 85,1% de humedad con una temperatura del 2,6°C.

Después de 12 horas refrigerados, ambos packaging con producto en su interior, son sacados a una temperatura ambiente de 16°C, donde se evalúa el comportamiento de mantención de las bajas temperaturas al interior de cada uno de los contenedores.

Este registro se mantiene por 4 horas y 30 minutos, demostrándose un alza de temperatura que llega a los 5,3°C en el

caso de TRUFF-PACK, versus los 12,5°C expuestos por la bandeja de champignon. En cuanto a la humedad al interior de los contenedores, TRUFF-PACK mantiene una atmosfera con un 52,8% de humedad, mientras que la contraparte presenta un 75,9%.



Imagen 168. Prueba con champignon. (Elaboración propia).

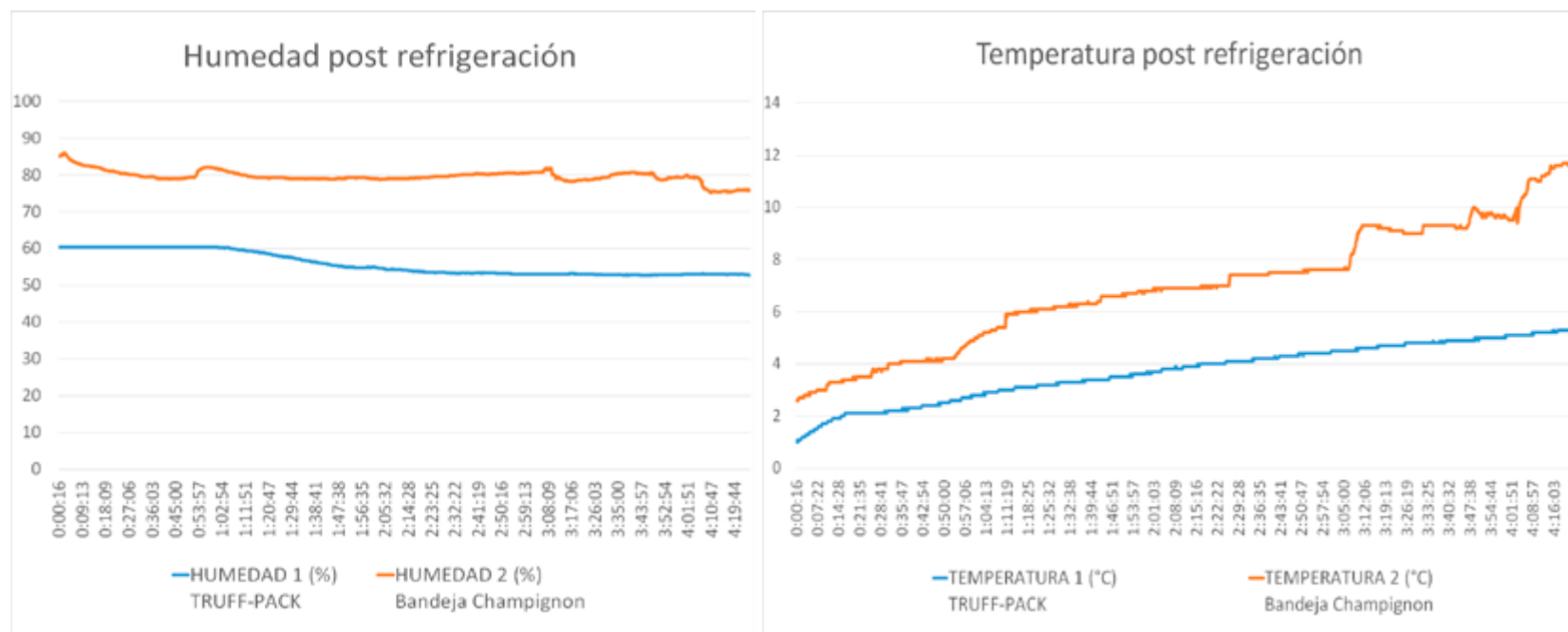


Gráfico 7. Evaluación packagings post refrigeración. Registro cada 15 seg. (Elaboración propia).

Se comprueba con estos análisis que, en ambos casos el packaging propuesto TRUFF-PACK, logra condiciones de temperatura y humedad que se ajustan de mejor manera a los requerimientos ambientales que demanda la Trufa Negra, para mantenerse en estado fresco.

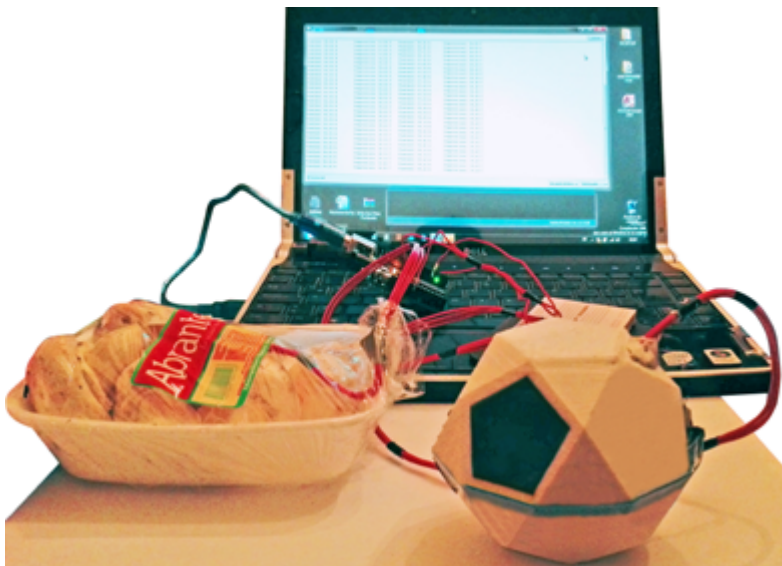


Imagen 169. Prueba bandeja vs TRUFF-PACK. (Elaboración propia).

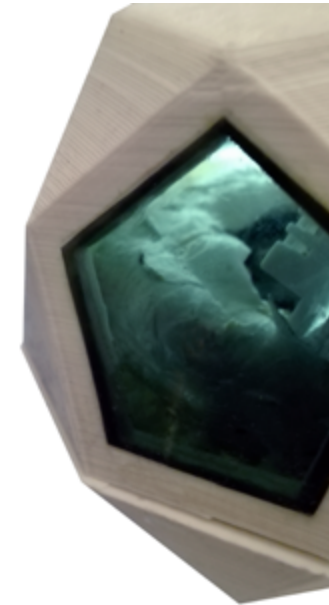


Imagen 170. Champignon dentro de TRUFF-PACK. (Elaboración propia).



# **Propuesta Final**

---







## TRUFF-PACK

Tras las consideraciones y desarrollo de diseños expuestos en la forma de la malla, el contenedor y los componentes, se logra llegar a un resultado final que cumple con los objetivos del proyecto de manera óptima y armónica.

TRUFF-PACK es un packaging activo que, gracias a su diseño, permite proteger a la Trufa Negra de golpes y exceso de humedad en su proceso de transporte y venta.

Este packaging activo, también posibilita alargar la vida en estado de frescor de este hongo, logrando extender sus apetecidas propiedades organolépticas por medio de una atmosfera controlada; atmosfera idónea y específica para este hongo en la cual la trufa logra un aletargamiento de su ciclo vital, retardando su sobre-maduración y pronta pudrición.

Gracias a TRUFF-PACK se prolongan los tiempos de transporte, acopio y venta de este delicado hongo, permitiendo acceder en mejores condiciones a los mercados internacionales de la trufa negra y solucionando uno de los principales problemas que representa su exportación a los mercados más lejanos, como es el de su durabilidad en estado fresco.



Imagen 171. TRUFF-PACK con maqueta de trufa. (Elaboración propia).

El tamaño de este packaging está determinado por el gramaje de las trufas, estableciéndose de esta forma una familia de contenedores para la venta de Trufa negra de primera calidad.

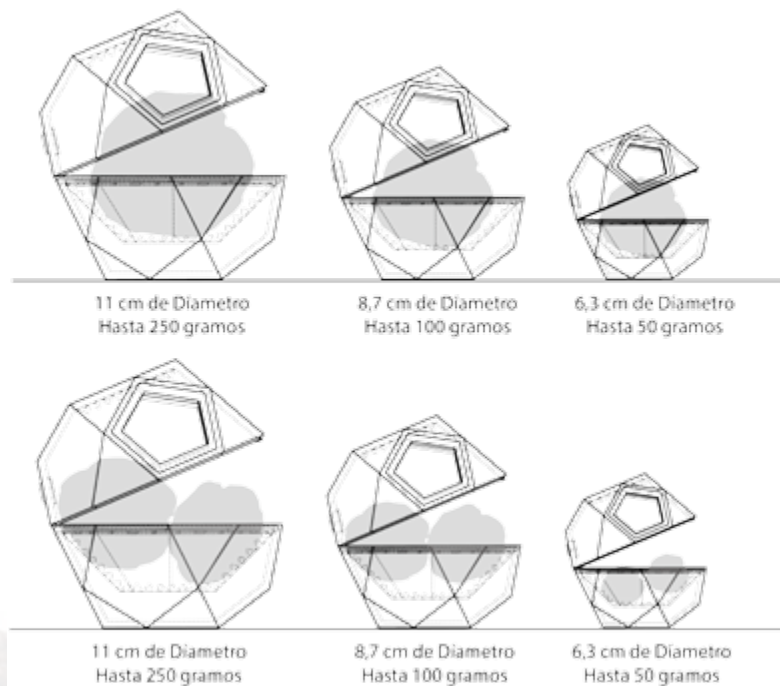


Imagen 172. Tamaños de TRUFF-PACK. (Elaboración propia).

## Modo de uso

Retiro del packaging vacío del lugar de acopio refrigerado



Insertar la o las trufas según peso



Cerrar packaging



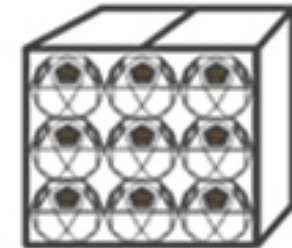
Generar atmosfera idónea por medio de la válvula



Insertar etiqueta



Apilar para enviar



Cargar



Transportar



Imagen 171. Modo de uso, primera parte. (Elaboración propia)

Entrega del producto



Abrir packaging



Sacar producto



Refrigerar producto.

Utilizar



Guardar sobrante



Cerrar packaging



Imagen 172. Modo de uso, segunda parte. (Elaboración propia).



## Transporte y apilabilidad

La apilabilidad es fundamental, tanto en el acopio del producto como en el transporte de este, ya sea desocupado o con la trufa ya en su interior.

Una de las ventajas que posee un poliedro como el Icosidodecaedro, forma del packagin, es la opción de apilabilidad en estado abierto, a la espera de ser utilizado por los productores.

Como se muestra en la imagen, el montaje de los contenedores es totalmente posible, introduciendo abiertamente uno dentro del otro, hasta el apoyo en la malla de silicona.

Esta forma de guardar el packaging antes de ser utilizado permite ahorrar espacio en los lugares de acopio y envasado de la trufa, facilitando el orden en dicha faena.

Una vez llenado el packaging con la trufa, este espera el acopio del total para enviar o bien, es despachado. Sea cual sea la opción es de vital importancia que la Trufa se mantenga respirando en todo momento, por lo cual, nuevamente la forma del Icosidodecaedro ayuda.

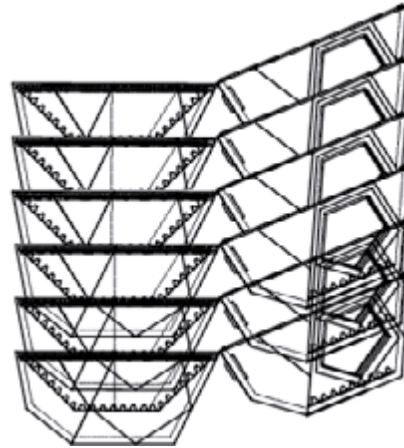


Imagen 173. Apilabilidad packaging abierto. (Elaboración propia).

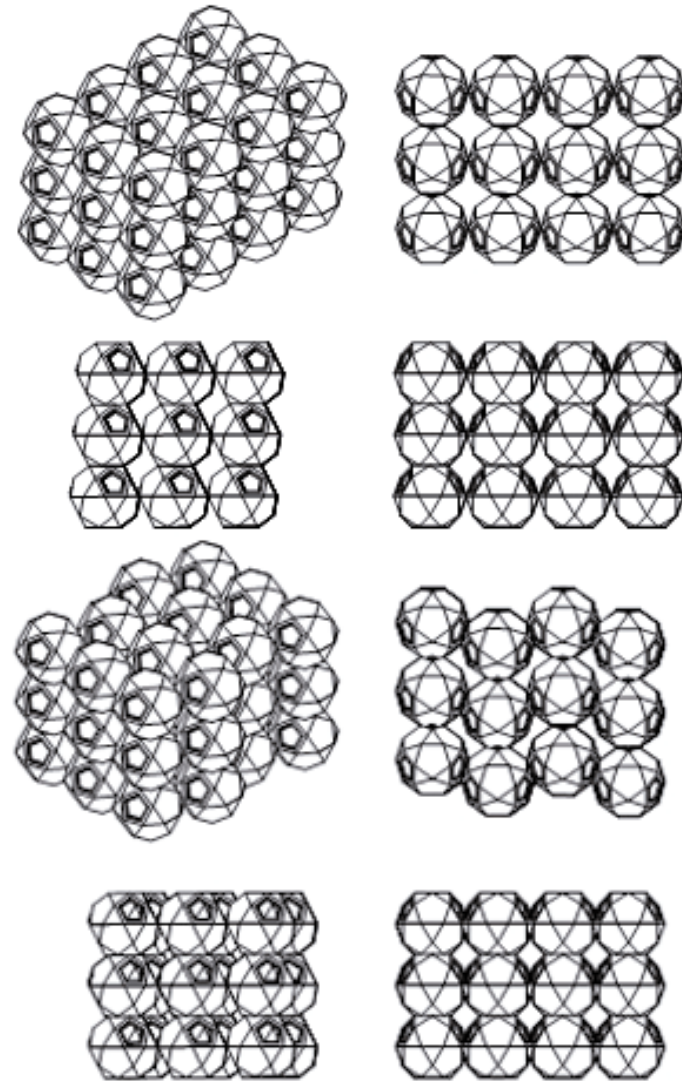


Imagen 174. Apilabilidad en transporte y exhibición. (Elaboración propia).

Las ventanas en los pentágonos laterales superiores del contenedor, las "ventanas", permiten esta respiración para la trufa. Estas ventanas no son cubiertas en ninguna opción de apilabilidad, que presenta en contenedor sin perder la verticalidad de este.

En la gráfica anterior se observaban la disposición de 36 packaging apilados para ser empacados en una caja para transporte y, en la parte inferior de la imagen, apilados para una posible exhibición en góndola y/o feria gastronómica, observando que, en ambas opciones, las "ventanas" de respiración no son cubiertas, tal como muestra la imagen a continuación.

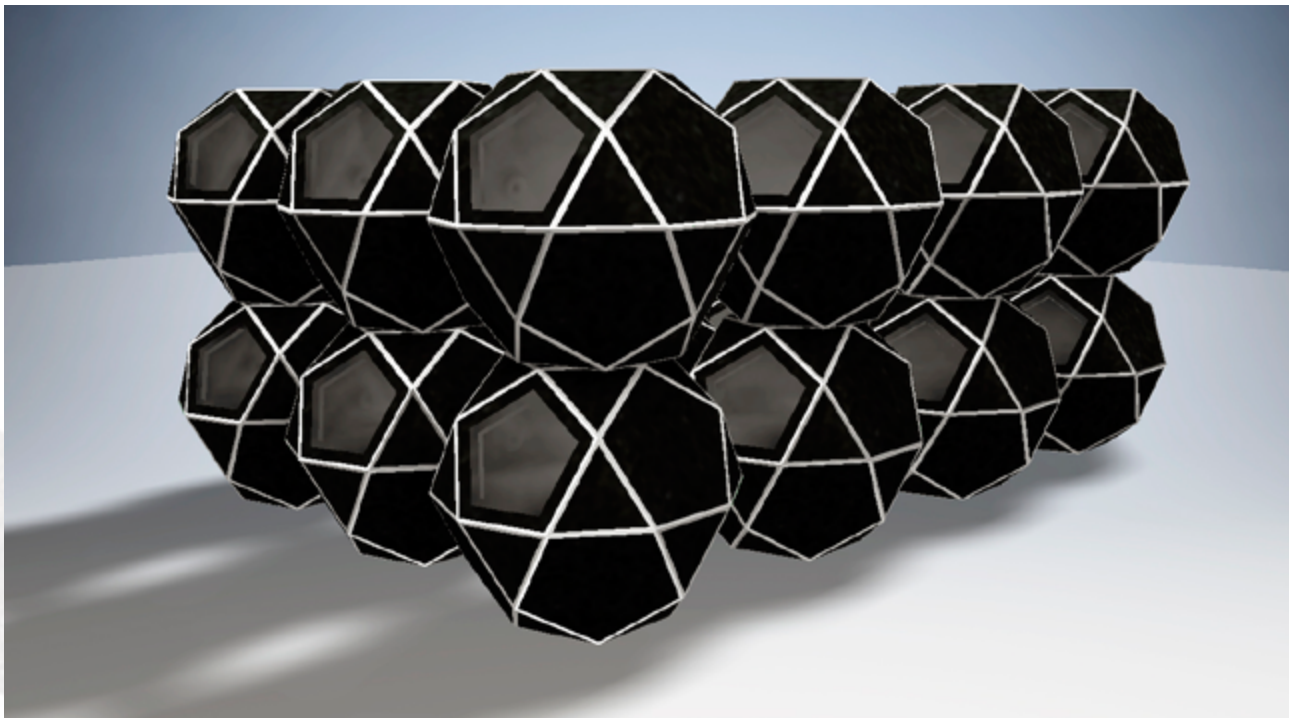


Imagen 175. Apilabilidad de TRUFF-PACK. (Elaboración propia).

## Beneficios

Los beneficios que otorga TRUFF-PACK no sólo se circunscriben al producto Trufa Negra, gracias a la extensión de su vida útil, sino que también apuntan a maximizar las ganancias que puedan tener los productores nacionales con la extensión de vida del producto, ya que les permite acceder a un mercado de gran atractivo. Esto dado a que se trata de un producto de un altísimo valor y cada día extra para poder vender constituye una gran ventaja económica: cada gramo de pérdida de la Trufa Negra, equivale a mucho dinero.

El abrir el mercado de la Truficultura Nacional al exterior, posibilitando la exportación hacia un mercado seguro, de contra-temporada y que aprecia y consume la Trufa desde hace años, es una enorme oportunidad de crecimiento para los truficultores, así como también para la agricultura nacional.

TRUFF-PACK, aparte de preservar las condiciones biológicas de la Trufa, alargando su estado de frescor; de concederle beneficios a los productores, ampliándoles sus oportunidades de venta y de otorgarle protección contra golpes y humedad a la Trufa, también le ofrece un valor agregado como lo es el establecimiento de una imagen de producto de alta gastronomía y exclusividad.

TRUFF-PACK, da la oportunidad de valorar desde el packaging a este apreciado hongo, creando un producto deseable, que llama la atención no sólo por su contenido sino que desde el exterior, exhibiendo y destacando al Diaman-

te Negro, que hasta ahora tanto en su venta como en sus envases no refleja su verdadero y gran valor, siendo sólo un producto agrícola más.

El creciente interés de la sociedad actual por la gastronomía y por los productos gourmet, abre un nuevo e interesante universo de venta para la Trufa Negra, como es el mercado de los obsequios. En este sentido, el nuevo packaging Truff Pack, por sus características formales puede ser utilizado como un regalo en sí mismo, sin necesidad de adicionar un envoltorio genérico extra, ya que éste es propio del objeto.



Imagen 176. TRUFF-PACK con grafica de productor Truferos grau. (Elaboración propia).

## Costos de producción

La producción industrial de este packaging, se realizará por medio de:

- Matriz para inyección, en el caso de la carcasa;
- Matriz para la elaboración de las mallas de silicona;
- Matriz de pintura para el caso del detalle de pintura de las aristas.

Los componentes, tales como la válvula para la creación de la atmosfera controlada, el Hielo-Gel, la lámina de barrera radiante, y los absorbedores de humedad, son comprados de forma directa a fabricantes y/o proveedores.

En la imagen a continuación, se detallan los gastos de cada uno de los ítems a considerar para la elaboración de TRUFF-PACK, estimando los costos de estos y, a su vez, el precio de venta proyectado.



Imagen 177. Carcasa TRUFF-PACK abierta. (Elaboración propia).

Si bien se observa en la Tabla 14 que el precio de venta para una producción de 3.000 unidades es elevado para un packaging, hay que considerar que el producto que contendrá es vendido a un altísimo precio, -entre los \$80.000.- a los \$120.000.- cada 100gr- por lo cual el packaging influiría en alrededor de un 5% del valor total del producto, otorgando un gran número de beneficios al producto y a su vez al productor y consumidor.

Por otra parte, la agrupación de Truficultores chilenos han proyectado la cosecha de Trufa Negra para el año 2017 en aproximadamente 300kg, estableciendo un fuerte crecimiento en los últimos años y esperando lograr para el 2025 poder contar con 1.000 hectáreas productivas activas de dicho hongo, donde el rendimiento de cosecha por hectárea es aproximadamente de 30kg, logrando una producción anual cercana a los 30.000Kg. (Mundoagro.cl, 2017).

Lográndose esta proyección de cosecha, el costo unitario del packaging bajaría considerablemente, ya que los valores de matricería, que son los más significativos, serían divididos en un mayor número de unidades.



Elemento	Material Propuesto	Costo Matricería	Valor Unitario (producción 3.000 u.)	Valor Unitario (producción 10.000 u.)
<b>Carcasa abierta</b>	Polipropileno (pp)	\$6.500.000.-	\$2.350	\$850
<b>Malla</b>	Silicona Caucho GP-ALIMEN	\$2.300.000.-	\$810	\$330
<b>Válvula</b>	Polipropileno	Adquisición directa a proveedor (\$1.5US x 100u)	\$10	\$10
<b>Gel</b>	Gel Pack 3 Osos	Adquisición directa a proveedor (\$500 x 300cc)	\$90	\$90
<b>Lamina de barrera radiante</b>	Lamina de barrera radiante	Adquisición directa a proveedor (\$520 x m2)	\$45	\$45
<b>Absorbedor Humedad</b>	Sobres BioX	Adquisición directa a proveedor (\$0,1US x u)	\$65	\$65
<b>Detalle arista</b>	Pintura Pu	\$600.000.-	\$220	\$80
<b>Total Costos Producción</b>			<b>\$ 3.590</b>	<b>\$ 1.470</b>
<b>Gasto Directo (10%)</b>			<b>\$ 359</b>	<b>\$ 147</b>
<b>Utilidad (25%)</b>			<b>\$ 987</b>	<b>\$ 404</b>
<b>Total</b>			<b>\$ 4.936</b>	<b>\$ 2.021</b>

Tabla 14. Estimación de costos. (Elaboración propia).



## Proyecciones

*"Garantizar la calidad, alargar la vida útil y avalar la inocuidad, son algunos de los desafíos más relevantes que enfrenta hoy la industria alimentaria chilena, con miras a mejorar el estándar de los productos que se trasladan durante los procesos de exportación. Es por esto que nace Co-Inventa, la primera plataforma de innovación en envases y embalajes para alimentos de Chile"(innovacionchilena.cl 2017)*

Con esta nueva plataforma, se pretende postular TRUFF-PACK para terminar su desarrollo y poder llevar a cabo su producción y venta para los productores locales.



The image is a screenshot of a news article from the website 'innovacionchilena.cl'. The article is titled 'CREAN CO-INVENTA, LA PRIMERA PLATAFORMA DE INNOVACIÓN DE ENVASES PARA ALIMENTOS' and is dated '23 Junio, 2017'. The article text discusses the challenges of the Chilean food industry and the launch of Co-Inventa, a platform for food packaging innovation. It mentions that the project is supported by the 'Programas Tecnológicos Estratégicos de Corfo' and has a total cost of over \$2,700 million. The article also includes a photograph of five people standing together at the launch event.

Imagen 178. Noticia de Innovación Chilena, plataforma de innovación de envases para alimentos. (innovacionchilena.cl 2017)

# Conclusiones

---





## Conclusiones

Se desarrolló la propuesta de un packaging para Trufa Negra, que luego de varios testeos, evoluciones formales y materiales logró prolongar la vida útil de la trufa negra, estableciendo la humedad interior del packaging a un promedio de un 50%. Se debe tener en cuenta que los contenedores actuales presentan una humedad cercana al 80%. Por otra parte, la propuesta generó una disminución de las zonas de contacto del hongo, impidiendo la putrefacción por contacto directo con zonas que retienen humedad.

Por otro lado, el desarrollo formal y material, arrojó en las pruebas una autonomía de temperatura dentro del rango requerido de 4,5 horas, para el transporte con temperatura ambiente de 16°C. Estableciendo una diferencia de 5,3°C en el packaging TRUFF-PACK versus a los 12,5°C registrados por otro tipo de packaging.

Se debe tener en cuenta que los prototipos testeados, si bien corresponden en forma y tamaño al packaging propuesto, no así en su fabricación. Por tanto, es dable esperar que al utilizar las tecnologías finales, con las piezas inyectadas y selladas, se logrará una mayor hermeticidad con lo que los indicadores de humedad y temperatura serán aún más beneficiosos.

La propuesta además recoge la necesidad de protección física ante posibles golpes en el proceso de transporte, cuidando así, eventuales maltratos en su superficie, evitando con esto, las alteraciones en sus propiedades organolépticas y la probabilidad de pudrición.

En cuanto al transporte en mayor cantidad, la morfología externa del contenedor permite una fácil y lógica apilabilidad, tanto de forma abierta antes recibir el producto, como en su forma cerrada con el producto ya en su interior. Esta apilabilidad no impide en ningún caso la respiración de la Trufa que se transporta, ya que nunca se obstruyen las ventanas propuestas para este efecto.

Dentro del estudio del estado del arte, se encuentra el trabajo del Dr. Blanco, en el cual se propone una atmosfera idónea para el aletargamiento de la Trufa Negra, compuesta por un 10% de Oxígeno, un 10% de Dióxido de Carbono y un 80% de Nitrógeno. Esta propuesta recoge y utiliza sus investigaciones y conclusiones en la proyección del packaging, estableciendo este estudio previo ya probado como base de la modificación del ambiente del contenedor.

Este packaging, toma en consideración el simbolismo icónico generado en el inconsciente colectivo, relativo a contenedores asociados a productos de alto valor, tales como son las joyas, buscando enaltecer y reflejar el alto valor tanto gastronómico como económico de la Trufa Negra.

Tras esta investigación y desarrollo de proyecto, se expone un gran campo que muchas veces los diseñadores industriales hemos dejado de lado, el mundo del Packaging.

El diseño de un packaging no sólo es la gráfica o forma de un contenedor, en la actualidad un packaging es prácticamente un verdadero "sistema", que integra microbiología, tecnologías, formas y gráficas entre otros factores, armónicamente relacionados para entregar a los consumidores cada día, un producto de mejor calidad y, a su vez, brindar a los productores nuevas y mejores condiciones y ventajas para la venta de sus productos.

Si bien existen muchas soluciones posibles para este fin, el diseño da la posibilidad no sólo de cumplir con el objetivo de protección y prolongación del estado de frescor, sino que le añade la posibilidad de enaltecer su producto, otorgarle mayor protagonismo, y transformarlo en un objeto deseable, apetecible por otros. Este factor, que es siempre buscado por los productores y/o vendedores, muchas veces no es conseguido por no contar o no recurrir a la asesoría profesional de los diseñadores industriales.



# **Bibliografía y Anexos**

---





## Bibliografía

- AGRI-NOVA-Science. "TECNOLOGÍA DEL ENVASADO EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS." Retrieved 20 de Octubre, 2014, from [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/envasado.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/envasado.htm)
- Amar, J. (2014). "BioXTEND® Co. celebra su aniversario con nuevos filtros de etileno ecológicos." 2017, from <http://www.freshplaza.es/article/79448/BioXTEND%C2%AE-Co.-celebra-su-aniversario-con-nuevos-filtros-de-etileno-ecol%C3%B3gicos>.
- Arrieta, M. L. V. (2011). "Packaging: Un aliado esencial de la cadena logística del agro." emb.cl.
- Baldomero Moreno Arroyo, J. G. F. y. E. P. C. (2005). TESOROS DE NUESTROS MONTES. TRUFAS DE ANDALUCÍA. España, 2005.
- BIOXTEND. (2014). "Sobres BioX®." 2017, from <http://www.bioxtend.com/en/products?id=98>.
- Callejas, G. (2015). Antecedentes de mercado y exportación trufa negra. M. J. Garfias. Santiago de Chile, IBM
- CODEX (1981) "Norma general para los hongos comestibles y sus productos. Codex stan 38-1981." Codex Alimentarius 38-1981, 10.
- Díaz, N. (2016). "Poliedros Arquimedianos." 2017, from <http://historiasdematematicas.blogspot.cl/2016/03/poliedros-o-solidos-arquimedianos.html>.
- Ellicott, S. R. a. C. (2010). Packaging Essentials. 100 design principles for Creating Packages. Massachusetts, Rockport.
- EstadosUnido, D. d. A. d. I. (1995). Metodos para el Cuidado de Alimentos Perecederos Durante el Transporte por Camiones. S. d. M. Agricola. Estados Unidos.
- Eyeonmedia. (2017). "NEUROMARKETING EN POCOS MINUTOS." Retrieved Julio, 2017, from <https://eyeonmedia.net/>.
- Garcia I, E. G. C., L.; Fernández N, J. (2006). "Tecnología Atmósfera Modificada." Retrieved Junio, 2017, from <http://atmosferamodificada.blogspot.cl/p/tecnologia-atmosfera-modificada.html>.

- Garfias, M. J. (2015). Estudio de los requerimientos de diseño necesarios de un packaging que ayude a la optimización de la trufa negra en el proceso de transporte. U. d. Chile. Santiago de Chile: 70.
- General, L. d. D. (2009). Guía de prácticas correctas de higiene para el sector de setas y trufas basada en el sistema de APPCC. España: 138.
- innovacionchilena.cl. (2017). "CREAN CO-INVENTA, LA PRIMERA PLATAFORMA DE INNOVACIÓN DE ENVASES PARA ALIMENTOS." 2017, from <https://innovacionchilena.cl/crean-co-inventa-la-primera-plataforma-innovacion-envases-alimentos/>.
- innovacionchilena.cl. (2017). "TRUFICULTURA CHILENA ENTRA A JUGAR EN LAS GRANDES LIGAS." Retrieved Junio, 2017, from <https://innovacionchilena.cl/truficultura-chilena-entra-jugar-las-grandes-ligas/>.
- Jackson, P. (2011). Técnicas de plegado para diseñadores y arquitectos. Barcelona, España.
- Juanma. (2015). "Propiedades del la trufa y sus beneficios para la salud." Retrieved Mayo, 2017, from <http://ejerciciosencasa.es/propiedades-del-la-trufa/>.
- Karl T. Ulrich, S. D. E. (2004). "Diseño y desarrollo de productos: enfoque multidisciplinario."
- lapsicologiadelcolor.com. (2017). "Explicando la relación entre las personas y los colores." 2017, from <http://www.lapsicologiadelcolor.com/colores-oro-plateado-marron-gris/>.
- Lozada, L. (2015). "El aerogel, un material del futuro." 2017, from <http://aerogelfau.blogspot.cl/2015/06/generalidaddes.html>.
- M.A. LORENZO-AGUDO, P. S.-G. Y. D. S.-B. (2007). Determinación de los valores normales de fuerza muscular de puño y pinza en una población laboral: 8.
- Marín, L. (2008). "Siliconas en contacto con productos alimenticios." 2017, from <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/27260-Siliconas-en-contacto-con-productos-alimenticios.html>.
- Mateo, M. P. P. (2015). "TRUFA NEGRA>UNA JOYA AROMÁTICA ", 2017, from [http://www.heraldo.es/noticias/suplementos/2015/02/17/trufa\\_negra\\_una\\_joya\\_aromatica\\_340435\\_314.html](http://www.heraldo.es/noticias/suplementos/2015/02/17/trufa_negra_una_joya_aromatica_340435_314.html).

- Micro-Pack. "MICRO-PAK® Stickers." 2017, from <http://www.micropakltd.com/product-detail/?type=stickers>.
- Mundoagro.cl. (2017). "Se iniciaron las exportaciones de trufa negra chilena." Retrieved 5 de Junio 2017, 2017, from <http://www.mundoagro.cl/se-iniciaron-las-exportaciones-de-trufa-negra-chilena/>.
- Muñoz, P. COLOR EN DISEÑO INDUSTRIAL - PROGRAMA DE COLOR. Buenos Aires. Argentina, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, Universidad Nacional de Córdoba: 2.
- nosmagazine.cl. (2015). "Trufa chilena: El diamante negro de la gastronomía mundial " Retrieved Enero, 2017, from <http://www.nosmagazine.cl/zona-agro/zona-agro-maule-30/>.
- Pablo Andrés Puvogel Varas and P. U. C. d. V. F. d. Agronomía (2006). Estado del arte del cultivo de la trufa negra (*Tuber melanosporum* Vitt.) y perspectivas para su cultivo en Chile, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Parmo, D. B. (2014). Aplicación de nuevas tecnologías para la conversación, envasado y comercialización de la trufa. España, Zaragoza, Youtube.
- Ponce, G. (2015). MAPUTRUFFLES "Black truffles from the end of the world" OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN, Universidad de Chile.
- PRODUCCION, F. I. I.-L. D. (2008). "ILUMINACION PROTOCOLO, Laboratorio de condiciones de trabajo." 1: 25.
- psicologiadelcolor.es. "psicología del color." Retrieved Julio, 2017, from <http://www.psicologiadelcolor.es/psicologia-del-color/>.
- Quezada, I. (2013). "Envases activos e inteligentes: Tendencias y principales aplicaciones para el comercio de carne." Agrimundo 7: 2.
- QuimiNet. (2013). "Absorba la humedad en productos alimenticios." 2017, from <https://www.quiminet.com/articulos/absorba-la-humedad-en-productos-alimenticios-3448803.htm>.
- redagricola.com. (2017). "La trufa: El cultivo de peor rendimiento por hectárea, pero de los más rentables." Retrieved Mayo, 2017, from <http://www.redagricola.com/la-trufa-cultivo-peor-rendimiento-hectarea-los-mas-rentables/>.



- Rohit Sharma, U. L. (2016). "Uflex y Perfotec revolucionan la industria del envasado." 2017, from <http://www.freshplaza.es/article/101109/Uflex-y-Perfotec-revolucionan-la-industria-del-ensado>.
- Unflexltd.com. (2016). "INNOVACIÓN EN UFLEX -FLEXFRESH™ EMBALAJE ATMOSFÉRICO MODIFICADO DE EQUILIBRIO (EMAP) PARA EXTENSIÓN DE VIDA ÚTIL DE PRODUCTOS FRESCOS." 2017, from <http://www.uflexltd.com/blog/innovation-at-uflex-flexfresh-equilibrium-modified-atmospheric-packaging-emap-for-shelf-life-extension-of-fresh-produce/>.
- Valencia, J. P. G. (2014). "Atmósferas Modificadas en la Industria de Alimentos." Retrieved Junio, 2017, from <http://www.indura.cl/Web/Contenido/New/18>.
- [www.trufas.net](http://www.trufas.net). (2017). "Valores Trufas Negra." Retrieved Noviembre, 2016.
- Informe final técnico y de difusión. Fundación para la innovación agraria. Ministerio de agricultura. Diciembre 2005. Santiago de Chile

## Anexo 1

Extracto Ficha de Valorización de Resultados: Cultivo de la trufa en Chile. Facilitado por la FIA



## HONGOS / HONGOS COMESTIBLES

Cultivo de la trufa (*Tuber melanosporum*) en Chile

Proyecto de Innovación en la VII Región del Maule

<b>Origen</b>	Esta ficha fue elaborada a partir de la publicación que sistematiza los resultados, experiencias y lecciones aprendidas de la ejecución de un proyecto financiado por FIA entre los años 2005 y 2009, orientado a desarrollar e implementar tecnologías adecuadas para el cultivo de trufa negra ( <i>Tuber melanosporum</i> Vitt.) en Chile, como alternativa productiva y comercial para los productores del sector silvoagropecuario. La iniciativa "Desarrollo de las bases tecnológicas para el cultivo de trufa negra ( <i>Tuber melanosporum</i> Vitt.) en Chile, como alternativa productiva y comercial para los pequeños y medianos productores del sector silvoagropecuario" fue desarrollada por la Universidad Católica del Maule, en asociación con la Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM), de España, y 10 productores y empresas agrícolas donde se iniciaron los cultivos pilotos.
<b>Tendencias del mercado</b>	La demanda mundial por trufas negras ha presentado un constante aumento a lo largo de los años. Tradicionalmente han sido altamente demandadas, en particular por Francia e Italia; sin embargo, en las últimas décadas, Estados Unidos y algunos países asiáticos, como Japón, China y Corea, han comenzado a demandar cantidades cada vez mayores de estos productos. Francia concentra alrededor del 70% del mercado de trufas negras, razón por la cual la tendencia en los precios de este producto se explica en base al comercio realizado en ese país. La demanda por trufas presenta variaciones estacionales y los periodos de máxima demanda se observan en fechas cercanas a la Navidad y entre los meses de abril a noviembre, época en la cual la oferta de productos frescos se reduce considerablemente en Europa. El precio de la trufa en el último tiempo ha tenido una tendencia al alza, en concordancia con el descenso de la producción natural. Los precios pagados a productor por trufa fresca en España fluctúan entre 200 y 800 euros por kilo. Sin embargo, la cadena de comercialización existente en Europa hace que el precio de las trufas en el mercado de retail alcance entre 3.000-3.500 dólares por kilo.
<b>Situación del rubro en Chile</b>	En Chile existen alrededor de 70 ha plantadas con trufas, distribuidas desde Talca hasta Coyhaique. A la fecha, han transcurrido cinco años desde que se establecieron los primeros predios, por lo cual las plantaciones se encuentran en etapa pre-productiva. Sin embargo, en una plantación ubicada en las cercanías de Panguipulli, este año 2009, se cosecharon las primeras trufas, resultado que genera bastante optimismo, ya que los suelos de la zona fueron considerados no aptos para el desarrollo de este hongo. Tras la ejecución del proyecto precursor, se formó la empresa Agrobiotruf, que ha continuado con el desarrollo de investigaciones orientadas a consolidar el conocimiento técnico que permita desarrollar la truficultura en el país, lo que le ha permitido especializarse en el cultivo de trufas y ofrecer plantas micorrizadas, junto con asesoría técnica para el establecimiento y manejo de huertos truferos, incluidos los servicios de cosecha y compra del producto.
<b>Alcances y desafíos del negocio</b>	El proyecto precursor logró definir un protocolo de inoculación de plantas con <i>T. melanosporum</i> , lo que sumado a investigaciones posteriores, ha permitido establecer las bases para el cultivo de la trufa, bajo las condiciones de suelo y clima de Chile, existiendo en el país el conocimiento técnico y la disponibilidad de plantas micorrizadas que posibilita el cultivo de esta especie. Sin embargo, se debe tener presente que la experiencia en el país es aún reciente, y si bien se han logrado las primeras producciones durante el año 2009, es un cultivo que aún representa un desafío, ya que no existe certeza respecto de los rendimientos que se pueden obtener y los plazos de entrada en producción, por lo que en las estimaciones sobre su rentabilidad se utilizan supuestos productivos basados en la experiencia extranjera. La evaluación económica realizada en el último año del proyecto (2009) indica una rentabilidad a largo plazo, ya que el cultivo entra en producción al cabo de 7 a 8 años. El costo de inversión es alto, y los costos operacionales de los primeros años impiden que este tipo de proyectos pueda ser realizado por productores con bajos recursos. La evaluación señala que al cabo de 13 años se obtiene un TIR del 15% y un VAN de \$3.613.010. Sin embargo, su rentabilidad se incrementa notoriamente si el análisis se realiza a 30 años. En este último caso el TIR es del 25% y el VAN de \$27.302.152. La producción de trufas requiere una inversión inicial estimada en 75 millones de pesos por hectárea, sin considerar el valor del terreno, sino sólo el valor de las plantas inoculadas (400 plantas/ha), labores de preparación de suelo y encañado, establecimiento de un sistema de riego

**Claves de viabilidad**

por microaspersión y plantación. Este nivel de inversión restringe el cultivo a productores con capacidades financieras y de gestión, más aún considerando que la entrada en producción comercial, en promedio, tarda entre 5 y 6 años, lográndose la mayor producción alrededor del año 10, lo que obliga a disponer de capital de trabajo necesario para las labores del cultivo durante esos años.

De acuerdo a las experiencias logradas en el país, se estima que los rendimientos iniciales podrían bordear los 2 a 4 kg de trufa por hectárea, para llegar en forma gradual hasta un promedio de 40 a 60 kg por hectárea, en plena producción, lo que a juicio de expertos permite que este cultivo sea rentable incluso en pequeñas superficies (2 a 3 hectáreas). Además, su cultivo tiene la ventaja de presentar bajos requerimientos de mecanización y prácticamente no requiere uso de agroquímicos, por lo que su producción es amigable con el medioambiente.

Otro desafío para los productores es ingresar y establecerse en el mercado de exportación, lo cual no debiera ser muy complejo debido a la gran diferencia existente entre la demanda y la oferta en la actualidad. El principal problema pudiera ser el volumen de producción, sobre todo en la medida que se establezcan pequeñas superficies. En el caso del mercado interno, es esperable que éste resulte reducido dado el tamaño del mercado gourmet.

Finalmente, una de las claves para ingresar al negocio de la venta de trufas negras es ofrecer productos de la especie *Tuber melanosporum*, lo que puede ser certificado a través de análisis genéticos que realicen laboratorios especializados.

- Asegurar la inoculación de las plantas bajo un estricto control fitosanitario, para garantizar la obtención de un producto micorrizado de calidad, que asegure la simbiosis con el hongo *Tuber melanosporum*, libre de micorrizas contaminantes, que pudieran afectar negativamente los rendimientos y producción esperada.

- Selección del lugar a plantar, en base a las características químicas y físicas del suelo, pendiente, exposición, pluviometría, vegetación circundante e historial de cultivos, ya que todos estos factores inciden en la producción que se pueda obtener. El predio no debiera situarse cerca de cualquier foco micorrícico, que pudiera competir con la trufa.

- La preparación anticipada del sitio y los cuidados pos-plantación son esenciales para un adecuado establecimiento y desarrollo de la trufera, a fin de proveer a las trufas de un ambiente propicio para su desarrollo y evitar la presencia de hongos mejor adaptados al medio que puedan competir con *T. melanosporum*, y sin valor comercial. Entre los factores que se debe controlar están el pH, humedad e insolación del suelo. Es altamente recomendado realizar controles periódicos de las raíces de los árboles, con el fin de chequear el óptimo desarrollo del hongo, o, en caso contrario, tomar las medidas correctivas adecuadas.

- Generar los canales de comercialización necesarios para la venta de los productos obtenidos en el futuro. Si bien es cierto la demanda por trufas negras frescas en contra temporada es muy superior a la oferta, debido a lo nuevo del negocio, es importante que los productores definan claramente su mercado objetivo y establezcan, en lo posible, acuerdos comerciales directos que les permitan comercializar su producción en forma oportuna.

**El valor del proyecto**

El proyecto precursor demostró la factibilidad técnica de la producción de trufas negras en Chile, obteniéndose las primeras trufas en la temporada 2009, después de cinco años de haberse establecido la plantación.

Se desarrolló una técnica comprobada para producir plantas micorrizadas con *Tuber melanosporum* (trufa negra), que ha permitido disponer de plantas inoculadas en Chile, las que pueden ser adquiridas para iniciar nuevas plantaciones truferas.

Los resultados del proyecto permiten recomendar su cultivo para la zona comprendida entre la Región de Valparaíso y la Región de La Araucanía, a la vez de definir algunos aspectos claves para el éxito del cultivo, desde el punto de vista de su manejo agrícola, como son el pH del suelo y el riego.

## Anexo 2

### Entrevista a Asociación Truficultores de Chile



**Entrevistado:** Guillermo Callejas  
Ing. Agrícola

**Contexto:** Entrevista realizada vía mail

**Día:** Martes 29 de Septiembre 2015

**Medio de registro:** Digital, Office

#### ¿Cuál es el tiempo de duración de este hongo una vez extraído?

Si mantienes con tierra el hongo lo puedes tener 3 días en tu refrigerador, una vez que se lava y lo pones en un mantenedor +-1 semana, pero corres el riesgo que otros hongos y bacterias colonicen el exterior de la trufa. Si haces el proceso completo de desinfección y mantención puedes tener una trufa por 10 días aprox., pero su deshidratación es muy difícil de detener al igual que sus propiedades organolépticas van decayendo con el paso de los días. Por esta razón debes despachar lo antes posible al comprador.

#### ¿Cuál es la cantidad de pérdida que se tiene de la trufa en materia de acopio en espera de la exportación?

En la comercialización de la trufa debe ser muy rápida por lo siguiente acopias trufas de algunos días atrás (máximo 4 días) y otra cosecha del día.

No existe pérdida por pudrición ni nada de eso, sino pérdida de peso por deshidratación (aun estando en un mantenedor especial). Hay una pérdida aprox de 5% /24hrs

#### ¿Cuál es la manera física en que se exporta la trufa hoy en día?

Hoy en día la forma es la siguiente, o al menos como yo lo he hecho. Caja de cartón doble pared en donde entre las dos paredes hay una placa de poli-estireno de 2 cm de espesor. Las trufas desinfectadas se envuelven en papel absorbente, se ponen individualmente en una bolsa plástica que contenga aire, de ninguna manera en bolsas al vacío. En la parte de abajo va una placa de gel rock de 300 gr 15x15 c. envuelta en plástico para que no humedezca el interior de la caja por condensación, luego las trufas y luego otra placa de gel.

Puede hacerse tan sofisticado como gustes pero siempre teniendo en cuenta que la exportación se paga por volumen y peso.

#### ¿Cuáles son las cantidades y maneras de exportación que tienen hoy en día?

Puedes exportar hasta 2 kg como muestra comercial. Sobre esta cantidad es una exportación formal y conlleva todos los temas administrativos y burocráticos

#### ¿Existe el día de hoy un packaging que se utilice en la exportación y que caracterice al producto con su origen?

Hay un packaging que posee atmósfera controlada para disminuir la respiración de la trufa y conservar de mejor forma sus cualidades durante el viaje a destino. Tiene en su parte superior un film con micro-poros, pero no protege en sí a la trufa de factores externos.



## Anexo 3

Estudio Carmen Susana Rivera, Domingo Blanco, María Luisa Salvador, y María Eugenia Venturini

### Shelf-Life Extension of Fresh *Tuber aestivum* and *Tuber melanosporum* Truffles by Modified Atmosphere Packaging with Microperforated Films

### Shelf-Life Extension of Fresh *Tuber aestivum* and *Tuber melanosporum* Truffles by Modified Atmosphere Packaging with Microperforated Films

CARMEN SUSANA RIVERA, DOMINGO BLANCO, MARÍA LUISA SALVADOR, AND MARÍA EUGENIA VENTURINI

**ABSTRACT:** The aim of this study was to design a modified atmosphere packaging suitable for *Tuber melanosporum* and *Tuber aestivum* truffles that extend their shelf life and their availability as a fresh product. Their respiration rates were determined by O<sub>2</sub> depletion and CO<sub>2</sub> formation in closed systems performed at different temperatures: 4, 10, and 23 °C. The results were fitted by exponential equations and derivatives of these equations were used to obtain the experimental respiration rates. Our results revealed high respiration rates in both species of truffles and respiratory quotients (RQ) higher than 1 in all the cases studied. A linear dependence of respiration rate, both R<sub>CO<sub>2</sub></sub> and R<sub>CO<sub>2</sub></sub>, on O<sub>2</sub> concentration was revealed. A mathematical model was used to predict the evolution of the gaseous composition at 4 °C in the interior of polypropylene trays (250 mL) heat sealed with 4 microperforated films of different transmission rates. A microperforated film with 2 holes (90 × 50 μm) was selected to produce an internal atmosphere of 15%CO<sub>2</sub>/7%O<sub>2</sub> at 4 °C. The predicted atmosphere composition was confirmed by the experimental results. The quality and microbiological characteristics of fresh truffles, packaged in these conditions, revealed that the microbial counts of pseudomonads and *Enterobacteriaceae* were decreased, the weight loss was reduced, the typical hard texture was maintained, and the development of mycelium growth was delayed, enabling good scores for aroma and flavor, and therefore prolonging the shelf life of *T. melanosporum* and *T. aestivum* truffles to 28 and 21 d, respectively.

**Practical Application:** This study describes the benefits of using MAP with microperforated films in the postharvest storage of *Tuber melanosporum* and *Tuber aestivum* fresh truffles. The shelf life of *T. aestivum* is prolonged to 21 d and of *T. melanosporum* to beyond 28 d increasing the possibilities for a foreign market.

**Keywords:** microperforated films, modified atmosphere packaging, respiration rate, *Tuber aestivum*, *Tuber melanosporum*

#### Introduction

The ascocarps or fruiting bodies of the Ascomycotina fungi belonging to the genus *Tuber* are better known as truffles. Truffles are a hypogeous fungi usually harvested by trained truffle dogs. Some species of truffles, such as *Tuber magnatum*, *Tuber melanosporum*, and *Tuber aestivum*, are the most expensive edible fungi due to their organoleptic properties, especially their taste and unique aroma (Bertault and others 1998; Díaz and others 2008; Mello and others 2008). Traditionally produced in Italy, France, and Spain, truffles are considered to be a gourmet product and the fresh truffle has the highest gastronomic value. The best-known and most highly appreciated species collected in Spain are *T. melanosporum* (black or winter truffles) and *T. aestivum* (summer truffles).

The demand for fresh truffles has increased in the last decade but possibilities for a wider market are still limited by their short shelf life. Currently, postharvest technologies frequently used in other fresh products such as fruits, vegetables, and mushrooms, are not applied to fresh truffles. The high market price of truffles

(approximately 200 to 2000 €/kg) is one of the incentives for the development of food storage methods that would extend their shelf life and increase the possibilities for a foreign market. The superficial mycelium growth, dehydration, and the process of senescence are factors that contribute to the rapid loss of organoleptic properties such as the texture, aroma, and taste of fresh truffles. In this context, the use of modified atmosphere packaging (MAP) could be considered as a possibility for the postharvest storage of these products. To optimize this technology, the 1st step to take is to know the respiration rate of the product (Yam and Lee 1995; Fonseca and others 2002). To date, there is little knowledge about the metabolic activity of truffles. Recently, González and others (2009) stated that the rate of O<sub>2</sub> consumption and CO<sub>2</sub> production of *T. melanosporum* truffles is a linear function of the oxygen concentration and that their respiratory quotient (RQ) is > 1. Few studies have determined the optimum gas composition and tolerance limits for MAP of truffles. Mencarelli and others (1997) stored fresh *T. aestivum* truffles for 35 d in 2 controlled atmospheres, one containing 60% CO<sub>2</sub>/40% N<sub>2</sub> and the other with 1% O<sub>2</sub>/99% N<sub>2</sub>, and concluded that high concentrations of CO<sub>2</sub> retained the aroma of the truffles better than low amounts of O<sub>2</sub>, and reduced the superficial growth of molds. In a previous study conducted to determine the tolerance of fresh truffles to different levels of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>, Rivera and others (2008) established that low O<sub>2</sub> as well as high CO<sub>2</sub>

MS 20091198 Submitted 11/09/2009; Accepted 29/02/10. Authors are with Dept. of Food Technology, Univ. of Zaragoza, Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza, Spain. Direct inquiries to author Venturini (E-mail: agevents@unizar.es).

© 2010 Institute of Food Technologists®  
doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01602.x  
Further reproduction without permission is prohibited.

Vol. 75, Nr. 4, 2010—JOURNAL OF FOOD SCIENCE E225



## MAP of truffles...

atmospheres were beneficial to fresh summer truffles and that 10% CO<sub>2</sub> to 10% O<sub>2</sub> atmospheres achieved lower microbial populations and longer preservation of quality characteristics such as pH, surface and flesh color, and water content. Moreover, MAP design for fruit and vegetables is a complex task requiring an understanding of the dynamic interactions established between the product, the atmosphere generated within the package, and the package itself (Yam and Lee 1995). For this purpose, mathematical models are useful tools for defining the characteristics that a package should have and for predicting the evolution of the gas composition during conservation of the product. Nowadays, the use of perforated films has become widespread as an alternative to overcome the limitations of conventional polymeric films. González and others (2009) proposed a mathematical model for describing the evolution of gas composition in packages with microperforated films and with constant volume. This model underestimated the CO<sub>2</sub> levels when the RQ of the products was lower than 1 but was in agreement when the CO<sub>2</sub> production was greater than the O<sub>2</sub> consumption as in the case of truffles.

In an attempt to increase the shelflife of these products, we propose a modified atmosphere packaging with microperforated films. To reach this goal, the respiration rates of *T. melanosporum* and *T. aestivum* were measured at different temperatures (4, 10, and 23 °C). Measurements of both parameters (O<sub>2</sub> consumption and CO<sub>2</sub> production) not only enable the correct design of commodity storage systems to be chosen, but they also help to calculate the RQ and to decrease the possibilities of overestimating or underestimating these values. Thus a mathematical model was applied to calculate the concentrations of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> inside packages sealed with microperforated films of different transmission rates. Finally, the data predicted by the model were compared with the experimental measured evolution of the gas composition in the interior of the packages. Moreover, the quality characteristics of *T. melanosporum* and *T. aestivum* truffles were monitored throughout packaging in modified atmospheres for 28 and 21 d, respectively.

## Materials and Methods

Ascomycetes of *Tuber aestivum* and *Tuber melanosporum*

The ascomycetes of *T. aestivum* and *T. melanosporum* were collected in Sarrón (Teruel, Spain), with the help of a hunter dog. *T. melanosporum* samples were harvested in cultivated truffle grounds in December, while *T. aestivum* were dug out from natural truffle grounds in July. The fresh collected truffles were individually wrapped to prevent cross-contamination, transported from the truffle grounds to the laboratory in insulated boxes with ice packs and processed within a few hours. The samples were brushed with a wet soft brush, rinsed with tap water, and forced air-dried in a laminar cabinet. Qualitative selection of the cataphores was made by discarding truffles with soft texture, those parasitized as well as those extensively damaged during the harvest (by shovel or dog's teeth). The truffles were subsequently kept at 4 °C for 1 d.

## Closed system respiratory experiments

The respiratory rates were determined in a closed system at 4, 10, and 23 °C. Two hours before the experiments the truffles and the containers were placed to reach the experimental temperatures required in the temperature-controlled cabinets with set temperatures  $\pm 0.5$  °C. Truffle samples were placed in hermetic containers (700 mL) and both the consumption of O<sub>2</sub> and the production

of CO<sub>2</sub> were measured. Three containers were disposed for each temperature condition. The initial variation in samples mass of the 3 replicates were, for *T. aestivum*: 132.3  $\pm$  2.1, 139.6  $\pm$  4.0, and 133.0  $\pm$  4.2 g for the experiments at 4, 10, and 23 °C, respectively, and for *T. melanosporum*: 106.5  $\pm$  0.7, 108.0  $\pm$  2.8, and 121.2  $\pm$  1.2 g for the experiments at 4, 10, and 23 °C, respectively. The composition of the gas inside the containers was determined with a Hewlett Packard 4890 (Geneva, Switzerland) gas chromatograph equipped with a thermal conductivity detector (TCD) and a CP-Carboxplot Chrompack (Bergen op Zoom, Norwegian) capillary column of 25 m in length with a film thickness of 25  $\mu$ m, and an internal and external diameter of 0.53 and 0.75 mm, respectively. Helium was used as a carrier gas (12.6 mL/min). The gas (0.5 mL) was drawn from the container using a calibrated syringe that was inserted through a 1 cm<sup>2</sup> square of adhesive rubber applied to the top of the container to prevent air leaking from or into it. The monitoring of the evolution of the gaseous composition in the interior of the containers was done until the O<sub>2</sub> levels reached 1% to 2%. Once the experiments were finished the free volumes were determined by water replacement. The results shown (Figure 1 and 2) are average values of the 3 measurements taken, 1 from each of the 3 containers used for each temperature condition.

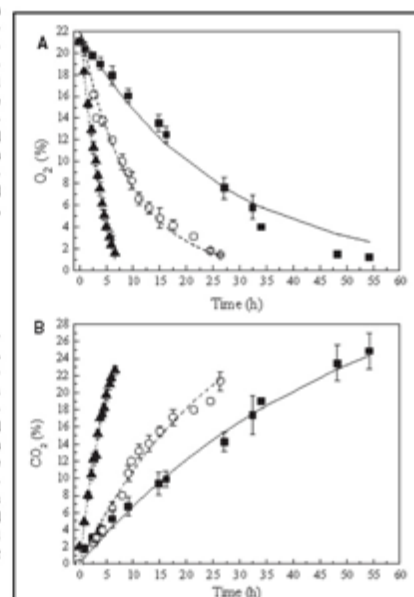


Figure 1—Time course of O<sub>2</sub> depletion (A) and CO<sub>2</sub> accumulation (B) in the closed container atmosphere containing *T. melanosporum*: experimental data (■ T = 4 °C, ○ T = 10 °C, and ▲ T = 23 °C) and predicted evolution (T = 4 °C, dot line; T = 10 °C, dash line; T = 23 °C, continuous line). Values are the mean of 3 measurements (1 measurement per container) and error bars indicate standard deviations.

## MAP of truffles...

## Packaging of truffles and package atmosphere composition

Three polypropylene trays (250 mL) (Borden, S.A., Alicante, Spain) each containing approximately 50 g of truffles were set out for each control day. The upper part of the package (96 cm<sup>2</sup>) was heat sealed with the microperforated film. The Amcor P-Plus (Amcor Flexibles, Ledbury, U.K.) films used have a polymeric matrix, made up of 1 layer of low-density polyethylene and another of polyester, and microperforations of 50  $\times$  50  $\mu$ m. The size of the microperforations was measured with a Zeiss (Thornwood, N.Y., U.S.A.) microscope provided with a calibrated ocular micrometer. The initial gas composition was similar to that of the atmosphere. Furthermore, to characterize the beneficial effects of modified atmosphere packaging, a control batch of truffles was wrapped individually in cellulosic paper, placed in the polypropylene trays (approximately 50 g per tray) and stored in air atmosphere. Three trays were set out for each control day. *T. melanosporum* and *T. aestivum* truffles were stored at 4 °C for 28 and 21 d, respectively.

The evolution of oxygen and carbon dioxide concentration inside the packages was followed using gas chromatography, as described below. The gas (0.5 mL) was drawn from the package using

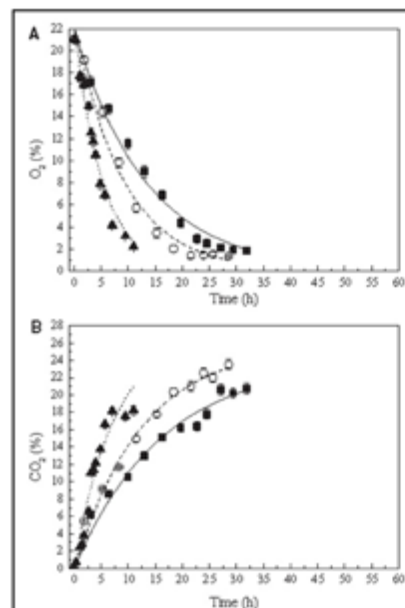


Figure 2—Time course of O<sub>2</sub> depletion (A) and CO<sub>2</sub> accumulation (B) in the closed container atmosphere containing *T. aestivum*: experimental data (■ T = 4 °C, ○ T = 10 °C, and ▲ T = 23 °C) and predicted evolution (T = 4 °C, dot line; T = 10 °C, dash line; T = 23 °C, continuous line). Values are the mean of 3 measurements (1 measurement per container) and error bars indicate standard deviations.

a septum of solidified silicone glue attached to the film to prevent air leaking from or into the package. The atmosphere composition was measured on day 2, and at 7, 14, 21, and 28 d throughout storage. Data are the mean of 3 measurements (1 per tray, 3 trays per control day).

## Microbiological analysis

Each sample, consisting of 1 ascocarp, was decimal diluted in sterile distilled peptone water 0.1% (Merck, Darmstadt, Germany) and homogenized using a stomacher Lab-blender Circulator 400 (Seward Laboratory, London, U.K.) for 2 min at 250 rpm. The same diluent was used for subsequent serial dilutions. One milliliter of each dilution was pour plated on plate count agar (PCA) (Merck) for mesophilic aerobic plate counts and incubated for 72 h at 30  $\pm$  1 °C. *Pseudomonas* species were cultured by spread plating of 0.1 mL of each dilution on *Pseudomonas* agar base (Oxoid), Basingstoke, Hampshire, U.K.) with *Pseudomonas* cephaloridine-fucidin-cetrimide (CFC) supplement (Oxoid) added, and incubated at 25  $\pm$  1 °C for 24 to 48 h. The *Enterobacteriaceae* family was enumerated on violet red bile glucose (VRBG) agar (Merck) then incubated at 30  $\pm$  1 °C for 18 to 24 h. Lactic acid bacteria (LAB) were isolated using man, rogosa, and sharpe (MRS) agar (Merck) and incubated at 30  $\pm$  1 °C for 48 h in anaerobic jars with an atmosphere generation system (Oxoid). For molds and yeasts spread plating of 0.1 mL of each dilution was carried out on dichloran rose-benzal chloamphenicol (DRBC) agar (Oxoid) supplemented with gentamicin (Carlet, Barcelona, Spain), to avoid *Pseudomonas* spp. growth, and incubated at 25  $\pm$  1 °C for 5 d. Microbiological analyses were conducted on day 0 and at 7, 14, 21, and 28 d throughout storage. Three ascocarps were analyzed per batch and control day so each microbial result was the mean of 3 samples and was expressed as log CFU/g.

## Quality characteristics

Truffles were removed from the trays and weight loss was immediately determined and expressed as the percentage of loss of weight with respect to the initial weight. The trays were left at room temperature for 2 h to warm the product. A panel of 5 trained judges evaluated the quality characteristics of the truffles from each tray (1 truffle per tray, 3 trays per control day and batch). The analyses were conducted to differentiate changes in parameters such as texture, aroma, and flavor using a 9-point rating scale. The texture was evaluated placing truffles between ring and index finger and applying a little pressure. The texture was characterized with a score of 9 = hard, 7 = moderately hard, 5 = moderately soft, 3 = soft, and 1 = unacceptable. The scale used for aroma consisted of 9 = full typical aroma, 7 = moderately full aroma, 5 = moderate aroma, 3 = slight aroma, and 1 = no typical smell. Mycelium growth was also evaluated on a scale of 1 to 4, where 1 = none, 2 = slight, 3 = moderately severe, and 4 = severe. Then, truffles were sliced (approximately 1 mm) and judges were then required to taste the slices and to evaluate the flavor on a scale where 9 = full typical flavor, 7 = moderately full flavor, 5 = moderate flavor, 3 = slight flavor, and 1 = no typical flavor. The truffles were considered unmarketable when the scores for aroma, flavor, and texture reached values near to or less than 5. The data in Table 5 are the mean of 15 scores.

## Statistical analysis

The fitting equations were determined using Microsoft Office Excel 2003. All data were analyzed by analysis of variance (ANOVA) using SPSS from Statistical Analysis. To determine differences between batches, Tukey's test was applied and significant differences were established at  $P \leq 0.05$ .

MAP of truffles...

Results and Discussion

Respiration rate

The depletion of O<sub>2</sub> and the accumulation of CO<sub>2</sub> inside the closed jars containing *T. melanosporum* and *T. aestivum* are shown in Figure 1 and 2, respectively, for the 3 temperatures assayed (4, 10, and 23 °C).

The respiration rate was calculated fitting the experimental data of the oxygen and carbon dioxide evolution with time with an equation. Exponential and polynomial equations and that proposed by Yam and Lee (1995) were used for this purpose. The equations that fitted the experimental data with the best determinations coefficients were:

$$O_2 = ae^{-kt} \quad (1)$$

$$CO_2 = c(1 - e^{-kt}) \quad (2)$$

where the O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentrations are expressed in percent and time (t) in minutes. The values of the fitting parameters a, b, c, and d are shown in Table 1 with coefficients of determination (r<sup>2</sup>) > 0.944 in all cases.

The derivatives of Eq. 1 and 2 (Eq. 3 and 4) with time were used to obtain the experimental respiration rate in terms of O<sub>2</sub> consumption and CO<sub>2</sub> production (Table 2):

$$R_{O_2} = -\frac{1}{W} \frac{V_0}{100} \frac{dO_2}{dt} \quad (3)$$

$$R_{CO_2} = \frac{1}{W} \frac{V_0}{100} \frac{dCO_2}{dt} \quad (4)$$

where V (mL) was the free volume and W (kg) was the truffle mass inside the container. These respiration rates showed an exponential dependence with the time and a linear relation with the oxygen concentration.

The respiration rates thus obtained are shown in Figure 3 for black and summer truffles. High respiration rate values were detected at all temperatures assayed for both species of truffles. The initial O<sub>2</sub> consumption (R<sub>O2</sub>) and CO<sub>2</sub> production (R<sub>CO2</sub>) of *T. melanosporum* ranged from 45 to 217 mL/kg/h and 61 to 265 mL/kg/h, respectively, and from 45 to 168 mL/kg/h and 61

to 172 mL/kg/h for *T. aestivum* in the temperature conditions tested (Figure 3 and Table 3). According to the classification of horticultural commodities by Kader and Saltveit (2003), products with respiration rates higher than 30 mL CO<sub>2</sub>/kg/h at 5 °C are classified

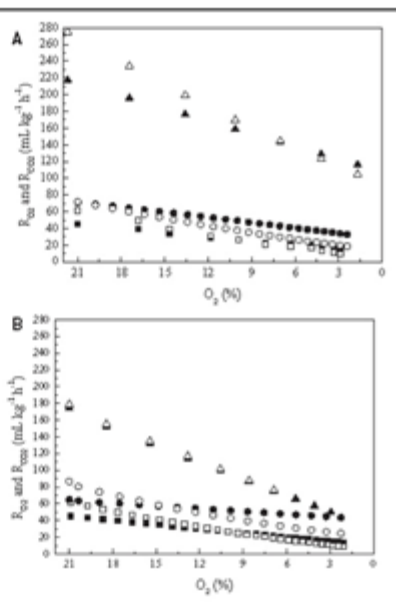


Figure 3—Respiration rate of *T. melanosporum* (A) and *T. aestivum* (B) expressed as O<sub>2</sub> consumption (■ T = 4 °C, □ T = 10 °C, ▲ T = 23 °C) and CO<sub>2</sub> production (○ T = 4 °C, ○ T = 10 °C, △ T = 23 °C), compared with O<sub>2</sub> concentration.

Table 1—Parameters a, b, c, and d (Eq. 1 and 2) describing the time evolution of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentrations for *T. melanosporum* and *T. aestivum* truffles.

Truffles species	T (°C)	a	b	r <sup>2</sup>	c	d	r <sup>2</sup>
<i>T. melanosporum</i>	4	21.917 ± 0.502	0.039 ± 0.002	0.987	36.751 ± 1.598	0.020 ± 0.002	0.995
	10	22.107 ± 0.493	0.196 ± 0.005	0.988	33.607 ± 5.157	0.039 ± 0.007	0.986
	23	24.027 ± 0.840	0.312 ± 0.016	0.978	33.681 ± 2.006	0.172 ± 0.016	0.995
<i>T. aestivum</i>	4	21.829 ± 0.646	0.075 ± 0.004	0.986	23.834 ± 1.451	0.062 ± 0.008	0.978
	10	22.283 ± 0.756	0.110 ± 0.006	0.984	25.819 ± 1.021	0.080 ± 0.008	0.986
	23	22.322 ± 0.610	0.194 ± 0.012	0.976	26.580 ± 5.667	0.142 ± 0.046	0.944

Table 2—Parameters m, n, q, and s and equations of the linear R<sub>O2</sub> and R<sub>CO2</sub> dependence with O<sub>2</sub> concentration in truffles.

Truffles species	T (°C)	Respiration rate (mL/kg/h)			Respiration rate (mL/kg/h)		
		m	n	r <sup>2</sup>	q	s	r <sup>2</sup>
<i>T. melanosporum</i>	4	1.665 ± 0.042	10.112 ± 0.463	0.997	2.760 ± 0.109	0.910 ± 1.202	0.993
	10	2.095 ± 0.098	27.873 ± 0.097	0.998	2.852 ± 0.034	9.968 ± 0.402	0.998
	23	5.057 ± 0.013	107.405 ± 0.175	0.999	8.494 ± 2.304	86.475 ± 2.303	0.999
<i>T. aestivum</i>	4	1.675 ± 0.019	10.027 ± 0.024	0.999	2.734 ± 0.046	1.012 ± 0.016	0.995
	10	1.102 ± 0.021	40.949 ± 0.017	0.993	3.145 ± 0.094	13.751 ± 1.208	0.993
	23	6.572 ± 0.084	30.375 ± 0.094	0.997	6.817 ± 0.070	29.351 ± 0.113	0.995

MAP of truffles...

as fast respiring and highly perishable. However, our respiration rate values are higher than those reported by González and others (2009) for *T. melanosporum* at 4 °C (25 mL O<sub>2</sub>/kg/h and 30 mL CO<sub>2</sub>/kg/h) and by Mencarelli and others (1997) for *T. aestivum* in the temperature range 0 to 10 °C (10 to 30 mL CO<sub>2</sub>/kg/h). The different respiratory rates are probably due to the different stages of ripeness. Haski and others (2008) established 6 stages of maturation for *T. melanosporum* truffles, of which only stages IV, V, and VI are of commercial interest. Stage V (mature) covers the fungi collected at the start of the season, from the end of September to November, and stage VI (fully mature) includes the fruiting bodies harvested during the months of January to March. According to this, our winter truffles were between stages V and VI (mature-fully mature) since they were harvested in December. Truffles may be classified as nondimorphic products, since no ethylene production has been detected in *T. melanosporum* truffles while in *T. aestivum* an ethylene peak has been observed 18 h after harvesting, whose origin and effects are inexplicable (Ricard 2003). As in other nonclimacteric horticultural products, the respiratory rate decreases with the degree of maturity so that the truffles used in this study that were collected early in the season, being less mature, would show a higher respiratory rate. The same reasoning could be applied to summer truffles collected in July, at the start of the season.

The RQ represents the ratio of CO<sub>2</sub> produced to O<sub>2</sub> consumed and is determined by the substrate utilized from the composition of a commodity in respiration. Normal RQ values in the literature are reported as ranging from 0.7 to 1.3 (Lee and others 1991; Yam and Lee 1995; Kader and Saltveit 2003) but the most frequent values reported for fruits and vegetables are near 1 or smaller than 1 and usually increase with time. In the case of truffles initial RQ<sub>0</sub> exceeded R<sub>Q</sub> in both species. As a result, the initial RQ was higher than 1 for all conditions and species tested (Table 3) but decreased with time and were minor than 1 when the oxygen concentration was below 10%.

Chemical commodity composition frequently determines the substrates utilized in respiration and the RQ RQ values near 1 mean that carbohydrates aerobically respire while RQ < 1 is for lipids and RQ > 1 for organic acids (Kader and Saltveit 2003). RQ values higher than 1 in an air atmosphere for vegetable commodities are not frequently reported in the literature. The high RQ of 1.3 reported for blueberries by Beaudry and others (1992) was explained by the high amounts of sugars (12% to 15%) and acids (0.3% to 1.3%). However, the chemical composition of black truffles, with the exception of melanosin and mannitol, is similar to that reported for other fungi, that is, rich in carbohydrates and mineral salts but poor in organic acids (Haski and others 2008). Thus it is very difficult to attribute a high RQ for black and summer truffles to their chemical composition. However, the fact remains that fungi belong to a different kingdom than that of fruits and vegetables. Therefore it is neither possible nor appropriate to compare the results of experiments in the different categories.

Table 3—Initial respiration rates (R<sub>O2</sub> and R<sub>CO2</sub>) and respiratory quotient (RQ) values of truffles.

Truffle species	T (°C)	R <sub>O2</sub> (mL/kg/h)	R <sub>CO2</sub> (mL/kg/h)	RQ
<i>T. melanosporum</i>	4	45 ± 2	61 ± 1	1.36 ± 0.08
	10	71 ± 3	72 ± 3	1.01 ± 0.01
	23	217 ± 4	265 ± 5	1.22 ± 0.03
<i>T. aestivum</i>	4	45 ± 2	61 ± 7	1.36 ± 0.22
	10	65 ± 4	80 ± 1	1.23 ± 0.06
	23	168 ± 7	172 ± 6	1.02 ± 0.01

A linear dependence of the truffle respiration rate on O<sub>2</sub> concentration was revealed, the metabolic activity decreasing with O<sub>2</sub>. This dependence was found for O<sub>2</sub> consumption and also for CO<sub>2</sub> production, except in the case of *T. melanosporum* at 23 °C where it was approximately linear (Figure 3). The parameters of these straight lines are shown in Table 2, with coefficients of regression (r<sup>2</sup>) > 0.993 in all cases. The CO<sub>2</sub> production showed higher slopes than the O<sub>2</sub> consumption in all the cases studied. This is why, although initially the respiratory quotient is greater than one, when the amount of O<sub>2</sub> in the surrounding atmosphere decreased, R<sub>CO2</sub> exceeded R<sub>O2</sub> and RQ achieved values lower than 1. Fishman and others (1998) reported that this linear dependence indicated a low affinity of enzymes for substrate and could be compared to the affinity of cytochrome oxidase for oxygen in studies with mangoes.

Since the respiration rate depends linearly on the oxygen concentration, we expect that a modified atmosphere packaging that reduces oxygen concentration to a suitable level will slow down the respiratory activity and have positive effects. Indeed, a modified atmosphere containing 10% O<sub>2</sub> decreased the consumption of O<sub>2</sub> by 49% and the production of CO<sub>2</sub> by 46%.

Influence of species on the respiratory rate

Our results showed that the respiration rates in black and summer truffles both at 4 and 10 °C were similar. Much higher respiration rates were observed at 23 °C in *T. melanosporum* (Figure 3). Due to their taxonomic proximity (Callot 1999) black and summer truffles would be expected to have similar metabolic activities. Nevertheless, truffles show differences in several traits, such as the harvest season (summer for *T. aestivum* and winter for *T. melanosporum*) and their organoleptic properties (higher aromatic potential of black truffles), that could result in different respiratory activities for each species. Because of the different harvest seasons, exposure temperatures for both species vary tremendously. During the black truffle season (November to March), the average temperature in the province of Daxue is 5.6 °C, a sharp contrast to the summer truffle season (May to September) in which temperatures average 18 °C (Reyna 2008). These significant differences in temperature exposure might have caused the different metabolic activities determined at 23 °C. It is also interesting to note that the development of the fruit bodies occurs at different depths: while black truffle growth takes place 20 to 30 cm underground, summer truffles are sometimes easy to find near the ground surface since they grow 5 to 15 cm underground. However, even different varieties of the same fresh products can exhibit different respiration rates as reported by Jaime and others (2003).

Influence of temperature on the respiratory rate

Temperature has been identified as the most important external factor influencing respiration (Fonseca and others 2002). Our data indicated a strong dependence of the respiratory activity on the temperature, the respiration rate at 10 °C being significantly greater (P ≤ 0.05) than that detected at 4 °C, especially if expressed as oxygen consumption (Table 3 and 4). In this study, the high temperature (23 °C) clearly affected the metabolic activity of

Table 4—Respiratory values of Q<sub>10</sub> for the temperature ranges studied.

Truffle species	Temperature range (°C)	Q <sub>10</sub> (R <sub>O2</sub> )	Q <sub>10</sub> (R <sub>CO2</sub> )
<i>T. melanosporum</i>	4 to 10	2.16 ± 0.15	1.29 ± 0.12
	10 to 23	2.35 ± 0.06	2.82 ± 0.11
<i>T. aestivum</i>	4 to 10	1.84 ± 0.21	1.55 ± 0.32
	10 to 23	2.13 ± 0.13	1.83 ± 0.06



## MAP of truffles...

summer and winter truffles, that is, the respiration rates increased at the same time as the temperature. *T. melanosporum* reached higher respiration rates than *T. aestivum* at 23 °C, with values of 21.7 mL/kg/h ( $R_{O_2}$ ) and 26.5 mL/kg/h ( $R_{CO_2}$ ) (Table 3). The radical exposure of black truffle from the lowest temperatures during the harvesting season (5.6 °C on average) to the highest temperatures of 23 °C might be a cause for the dramatic increase in respiration activity.

The ratio of reaction rates at 2 dissimilar temperatures is called temperature coefficient or  $Q_{10}$  (Kader and Saltveit 2003). Typically,  $Q_{10}$  values are at their highest point between 0 and 10 °C, around 2 to 3 between 10 and 30 °C and decline to around 1 at higher temperatures (Kader and Saltveit 2003). Nevertheless, our results showed a different behavior for truffles, that is,  $Q_{10}$  increased as the temperature increased for  $R_{O_2}$  and for  $R_{CO_2}$ , especially in the case of  $Q_{10}$  for  $R_{CO_2}$  for winter truffles (Table 4).

## Modified atmosphere packaging design

In this study, a mathematical model (González and others 2009) was used to predict the evolution of the gaseous composition at 4 °C in the interior of trays sealed with microperforated films of different transmission rates. It has been assumed that all flow through the package is produced only by means of the microperforations by ordinary diffusion and that the diffusive flow obeys Fick's law with a modification. Thus, the path length is the sum of the thickness of the film and a correction term equal to the ratio of the microperforation (Fishman and others 1998). A 4th-order Runge-Kutta method has been used to solve the differential equations that describe the variation with time of the amount of  $O_2$ ,  $CO_2$ , and  $N_2$  inside the microperforated packages (González and others 2009).

The mathematical model has been solved for 4 films of different size and number of microperforations and therefore with different gas transmission rates (TR). The transmission rates were determined previously (González and others 2009) and are as follows:  $TR_{O_2} = 3.70$  mL/h,  $TR_{CO_2} = 3.27$  mL/h and  $TR_{H_2O} = 3.96$  mL/h for film with one microperforation of  $90 \times 50 \mu\text{m}$ ;  $TR_{O_2} = 7.40$  mL/h,  $TR_{CO_2} = 6.54$  mL/h and  $TR_{H_2O} = 7.92$  mL/h for film with 2 microperforations of  $90 \times 50 \mu\text{m}$ ;  $TR_{O_2} = 9.71$  mL/h,  $TR_{CO_2} = 8.55$  mL/h and  $TR_{H_2O} = 10.39$  mL/h for film with 2 microperforations of  $120 \times 60 \mu\text{m}$  and  $TR_{O_2} = 21.69$  mL/h,  $TR_{CO_2} = 18.88$  mL/h and  $TR_{H_2O} = 23.20$  mL/h for film with 2 microperforations of  $290 \times 100 \mu\text{m}$ . The product mass was set at 50 g and the container volume at 250 mL.

The resolution of the model allows us to know the gaseous composition inside the microperforated packages. The concentrations of  $O_2$  and  $CO_2$  predicted by the model for *T. melanosporum* and *T. aestivum* packaged with the 4 films are shown in Figure 4. The results were very similar for both species of truffles because their respiratory rates at 4 °C are close (Table 1). The concentrations of  $O_2$  inside the packages varied from 2.7% to 13.2% at equilibrium after 80 h. However, the  $CO_2$  concentration was less influenced by the film transmission rate and reached values between 9.6% and 16.0%. This is due to the lower film transmission rate that results in a greater accumulation of  $CO_2$  and a lower  $O_2$  concentration. This low  $O_2$  concentration induced a reduction in the rate of  $CO_2$  production offsetting the impact of the lower exchange through the film. The film with 2 holes of  $290 \times 100 \mu\text{m}$  slightly modified the  $O_2$  concentration inside the packages.

The low concentrations of  $O_2$  (2.7%) achieved with the less permeable film (1 microperforation of  $90 \times 50 \mu\text{m}$ ) led us to think that in case of rupture of the cold chain anaerobic conditions could be established. This is why we have simulated what would happen if truffles were packaged with this film and kept at 23 °C (Figure 5).

We observed that packages with *T. melanosporum*, which has a high respiratory rate at 23 °C, reached an  $O_2$  concentration near zero after 6 h, while *T. aestivum*, with a lower respiratory rate at this temperature, took 12 h to reach anoxic conditions.

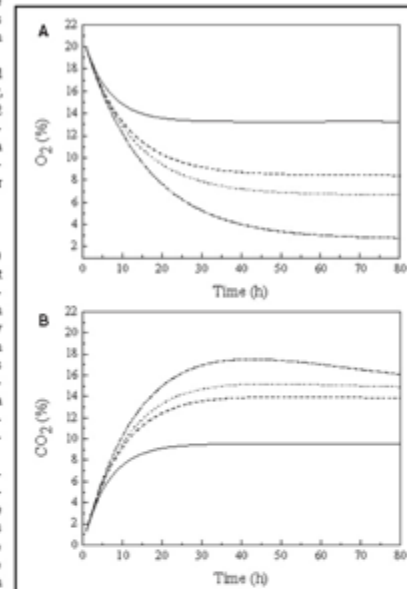


Figure 4—Predicted evolution of  $O_2$  (A) and  $CO_2$  (B) composition for different *T. melanosporum* and *T. aestivum* packages (50 g of truffle in a 250 mL package) at 4 °C heat sealed with two  $290 \times 100 \mu\text{m}$  holes (continuous line), two  $120 \times 60 \mu\text{m}$  holes (dash line), two  $90 \times 90 \mu\text{m}$  holes (dot line), and one  $90 \times 50 \mu\text{m}$  hole (dash dot line) films.

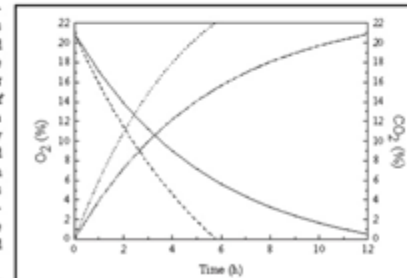


Figure 5—Predicted evolution of gas composition for packages (50 g of truffle in a 250 mL package) heat sealed with one  $90 \times 50 \mu\text{m}$  hole film at 23 °C: *T. melanosporum* ( $O_2$ , dash line;  $CO_2$ , dot line) and *T. aestivum* ( $O_2$ , continuous line;  $CO_2$ , dash dot line).

## MAP of truffles...

Based in a previous study conducted to select the most suitable atmosphere composition for the storage of truffles (Riviera and others 2008), the films with 2 microperforations ( $90 \times 50 \mu\text{m}$  and  $120 \times 60 \mu\text{m}$ ) could therefore be used for packaging truffles in modified atmospheres. In this study, we chose the film with two  $90 \times 50 \mu\text{m}$  holes to package truffles for long-term modified atmosphere storage at 4 °C.

## Experimental package atmosphere composition

The experimental values of the  $O_2$  and  $CO_2$  concentrations inside the packages heat sealed with the microperforated film ( $90 \times 50 \mu\text{m}$ ) are shown in Figure 6. After 2 d of storage the steady-state MAP conditions within the packages of *T. melanosporum* was reached, with average  $CO_2$  and  $O_2$  average levels of 15% and 8%, respectively. In the case of *T. aestivum*, the steady state was achieved after 2 d with  $CO_2$  and  $O_2$  average levels of 14% and 8.5%. As reported in a previous study (González and others 2009), the experimental concentrations of  $O_2$  differed from those predicted by the model but were in the interval defined by the standard deviation. In the case of  $CO_2$ , the experimental and the calculated data were in agreement but a slightly higher accumulation of  $CO_2$  was detected in the *T. melanosporum* trays.

## Microbiological analysis

The microbiological analysis of truffles included the more prevalent microorganisms that could be involved in the postharvest spoilage of this product (*Pseudomonas* genus, *Enterobacteriaceae* family, lactic acid bacteria, and molds and yeasts). The evolution of the microbial populations in truffles throughout storage in modified atmosphere packaging and in air atmosphere is shown in Figure 7. The initial total microbial counts in both species of truffles were very high, achieving 9.3 and 8.0 log CFU/g for *T. melanosporum* and *T. aestivum*, respectively. As in other studies (Sbrana and others 2002; Barbieri and others 2007; Riviera and others 2010) the *Pseudomonas* genus was the most prevalent microbial group, with 8.4 and 6.9 log CFU/g for *T. melanosporum* and *T. aestivum*. In *T. melanosporum* MAP truffles a significant and constant decrease throughout storage in the *Pseudomonas* populations was detected, these counts being significantly lower ( $P \leq 0.05$ ) than those in the

batch kept on air from day 14. In *T. aestivum* truffles similar populations of pseudomonads were detected for both air and modified atmosphere packaged truffles in the first 7 d of storage. However, in the last 2 wk of storage the microbial counts for pseudomonads decreased in MAP truffles and achieved lower counts than control air samples at 21 d, but no significant differences were detected. The initial counts of the *Enterobacteriaceae* family were very similar for both species of truffles, with 5.6 and 5.9 log CFU/g for *T. melanosporum* and *T. aestivum*, respectively. In the case of *T. melanosporum*, the *Enterobacteriaceae* counts in MAP truffles did not increase during storage so that from day 14 significant differences were detected between these and the counts of the truffles stored in air. The latter experienced a constant increase and reached 8.1 log CFU/g at the end of the storage period. *Enterobacteriaceae* populations in *T. aestivum* MAP and air stored truffles were very similar and reached 7 and 8 log CFU/g at day 21, respectively. LAB were not detected in *T. melanosporum* on day 0 but gradually increased throughout storage. In the case of summer truffles the initial LAB counts were of 3.2 log CFU/g but remained constant throughout storage in modified and in air atmospheres. Mold and yeast counts in *T. melanosporum* truffles increased by 2 logarithmic units throughout storage in air and did not increase in samples stored in MAP, revealing significant differences ( $P \leq 0.05$ ) from day 21 onwards. In the case of *T. aestivum*, the fungal microflora underwent an increase of approximately 1.5 logarithmic units and no effect of the MAP conditions was detected. In conclusion, the effect of MAP on the prevalent microbial groups, pseudomonads and *Enterobacteriaceae*, varied with the truffle species studied. For *T. aestivum* MAP truffles, the counts of pseudomonads and *Enterobacteriaceae* from day 7 onwards were lower than that of the truffles stored in air, but the differences were not significant. However, in *T. melanosporum* an inhibitory effect of MAP conditions in the counts of these microbial groups was detected so they significantly differed from control air samples. This could be explained by the fact that the microbial species in each truffle type are different and therefore showed a different behavior in modified gaseous conditions. In any case, as in other studies (Bennik and others 1998), the pseudomonads were the microbial group most inhibited by the modified gaseous conditions, showing that they are  $CO_2$ -sensitive microorganisms.

## Quality characteristics

The cumulative weight loss of *T. aestivum* truffles stored in air for 21 d was 7.7% whereas the use of MAP limited the weight loss to 1% (Table 5). A lower weight loss was detected for *T. melanosporum* truffle batches stored in air (5.8%) for 28 d, while the use of MAP also reduced the weight loss to 1.6% (Table 5). These results indicate that black truffles are less sensitive to dehydration during postharvest storage but in both truffle species the limited weight loss is one of the benefits of modified atmosphere packaging.

In the case of truffles, sensory evaluation is essential because these products are especially valued for their aroma and taste and because the instrumental data provide limited information about the quality of the product given the wide range of individual variability. The texture is another important parameter in the sensory evaluation of these products as fresh truffles have a hard and turgid pulp that goes soft as senescence progresses.

The shelf life of winter truffles was greater than that of summer truffles and was established at 28 d. Air stored samples gradually lost their typical aroma and flavor together with their hard texture, achieving scores of around 5 at day 28. However, truffles stored in MAP obtained scores for all the parameters higher than 7. In the case of black truffles, a slight superficial mycelium growth was detected in air samples but only at the end of the storage period.

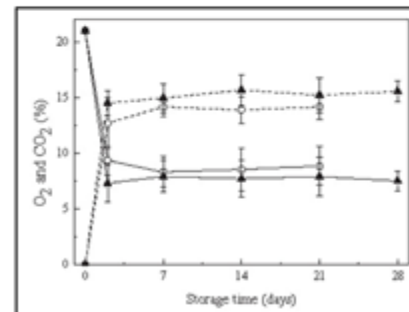
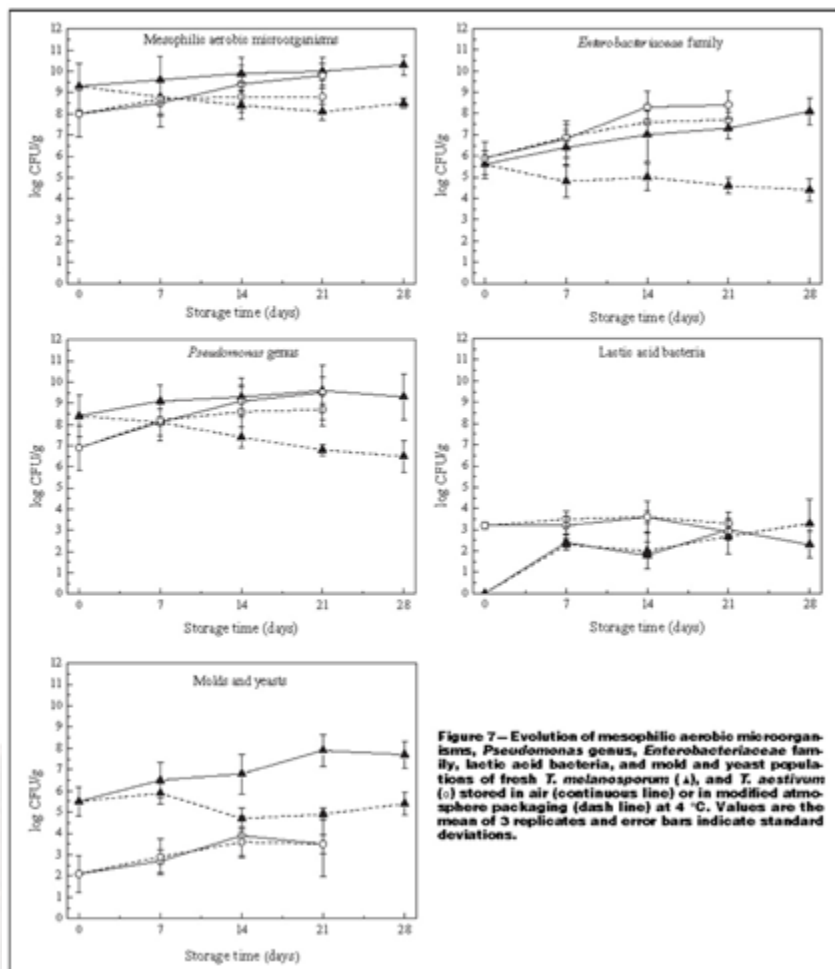


Figure 6—Experimental evolution of  $CO_2$  (dash line) and  $O_2$  (continuous line) composition for fresh *T. melanosporum* (▲) and *T. aestivum* (●) packages (50 g of truffle in a 250 mL polypropylene tray) heat sealed with a microperforated film with 2 holes ( $90 \times 50 \mu\text{m}$ ) over storage at 4 °C. Values are the mean of three measurements (one per package) and error bars indicate standard deviations.

MAP of truffles...

Summer truffles stored in air experienced a dramatic loss of quality during the 2nd week of storage, obtaining values for aroma near to 3 (slight) and for flavor near to 4. These low values were due to the presence of moderate-to-severe mycelium growth that completely masked the typical truffle aroma. The texture was characterized as soft, probably owing to the weight loss and the process

of senescence. At this point summer truffles were unmarketable. However, truffles stored in modified atmospheres maintained their hard texture and only developed a slight mycelium growth at the end of storage (21 d), their scores being near to 6 for aroma and flavor, and the texture being between hard and moderately hard.



**Figure 7—Evolution of mesophilic aerobic microorganisms, *Pseudomonas* genus, *Enterobacteriaceae* family, lactic acid bacteria, and mold and yeast populations of fresh *T. melanosporum* (▲) and *T. aestivum* (○) stored in air (continuous line) or in modified atmosphere packaging (dash line) at 4 °C. Values are the mean of 3 replicates and error bars indicate standard deviations.**

MAP of truffles...

**Table 5—Texture, aroma, flavor, mycelium growth, and weight loss of fresh *T. melanosporum* and *T. aestivum* truffles initially and 7, 14, 21, and 28 d of storage at 4 °C in air or packaged in microperforated film (two 90 × 50 μm holes) (MAP).<sup>a</sup>**

Truffles species	Time (days)	Storage conditions	Texture	Aroma	Flavor	Mycelium growth	Weight loss (%)
<i>T. melanosporum</i>	Initial	—	9.0	9.0	9.0	1.0	—
	7	Air	8.2 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	1.0	2.3 <sup>b</sup>
		MAP	8.7 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>	1.0	0.7 <sup>a</sup>
	14	Air	7.0 <sup>b</sup>	7.0 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	1.0	4.2 <sup>c</sup>
		MAP	8.1 <sup>b</sup>	8.0 <sup>b</sup>	8.2 <sup>b</sup>	1.0	0.9 <sup>a</sup>
	21	Air	6.0 <sup>c</sup>	6.3 <sup>c</sup>	6.1 <sup>c</sup>	1.0	5.1 <sup>c</sup>
		MAP	7.6 <sup>b</sup>	7.6 <sup>b</sup>	7.6 <sup>b</sup>	1.0	1.4 <sup>b</sup>
	28	Air	5.2 <sup>d</sup>	5.0 <sup>d</sup>	5.1 <sup>d</sup>	2.1 <sup>a</sup>	5.8 <sup>d</sup>
MAP		7.5 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.1 <sup>b</sup>	1.0 <sup>b</sup>	1.6 <sup>b</sup>	
<i>T. aestivum</i>	Initial	—	8.9	8.6	8.6	1.0	—
	7	Air	8.2 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	1.0	3.6 <sup>b</sup>
		MAP	8.3 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	1.0	0.9 <sup>a</sup>
	14	Air	4.1 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>	4.1 <sup>b</sup>	2.8 <sup>a</sup>	5.8 <sup>b</sup>
		MAP	7.5 <sup>b</sup>	6.9 <sup>b</sup>	6.7 <sup>b</sup>	1.0 <sup>b</sup>	0.9 <sup>a</sup>
	21	Air	2.2 <sup>c</sup>	1.0 <sup>c</sup>	—	4.0 <sup>a</sup>	7.7 <sup>c</sup>
		MAP	7.6 <sup>b</sup>	5.8 <sup>b</sup>	5.8	2.1 <sup>b</sup>	0.9 <sup>a</sup>

Values for texture, aroma, flavor, and mycelium growth are means of 15 data (3 truffles per batch evaluated by 5 judges). Values in the same column for the same day followed by different letters are significantly different at  $P < 0.05$ . Texture evaluated on a 9–1 scale (9 = hard, 7 = moderately hard, 5 = moderately soft, 3 = soft, and 1 = unacceptable). Aroma scored on a 9–1 scale (9 = full typical aroma, 7 = moderately full aroma, 5 = moderate aroma, 3 = slight aroma, and 1 = no typical smell). Flavor scored on a 9–1 scale (9 = full typical flavor, 7 = moderately full flavor, 5 = moderate flavor, 3 = slight flavor, and 1 = no typical flavor). Mycelium growth scored on a 1–4 scale (1 = none, 2 = slight, 3 = moderate, and 4 = severe).

Conclusions

Our results reveal high metabolic activity for *T. melanosporum* and *T. aestivum* truffles with a linear dependence on  $O_2$  concentration in all the conditions studied. Modified atmosphere packaging with a microperforated film (two 90 × 50 μm holes) that achieves internal atmosphere gaseous concentrations of approximately 10%  $CO_2$ /10%  $O_2$  at 4 °C is an interesting alternative for the postharvest conservation of these products. These conditions decrease the microbial growth rate of the most prevalent microbial groups (pseudomonads and *Enterobacteriaceae*), reduce the weight loss, maintain the hard texture of the truffles, and delay the development of superficial mycelial growth avoiding the presence of off-odors and tastes. Consequently, the shelflife of *T. aestivum* stored in MAP extends up to 21 d and exceeds that of the control samples stored in air by 2 wk. In the case of *T. melanosporum*, the batches stored in air had a shelflife of 3 wk while in those stored in MAP was prolonged to beyond 28 d.

Acknowledgments

The authors are grateful to the Spanish Nat. Inst. for Agricultural and Food Research and Technology (project PET2007-09-C05-G3-Integral development of Tenuel trufficulture) for financial support.

References

Bartoni E, Guàrdi C, Bertani L, Rey-Riel P, Garbaye I, Cecoratti P, Salsaroli R, Zamboni A, Stocchi V. 2007. Occurrence and diversity of bacterial communities in *Tuber magnatum* during truffle maturation. *Biosyst Microbiol* 9: 2034-44.  
 Beaudry F, Camet AC, Shirazi A, Doria-Lange DE. 1992. Modified-atmosphere packaging of blueberry fruit: effect of temperature on package  $O_2$  and  $CO_2$ . *J Am Soc Hort Sci* 117(9): 436-41.  
 Brezina MJ, Vercos M, Smith BE, Gorris LGM. 1994. The influence of oxygen and carbon dioxide on the growth of prevalent *Enterobacteriaceae* and *Pseudomonas* species isolated from fresh and controlled-atmosphere-stored vegetables. *Food Microbiol* 15: 459-69.  
 Bretsch G, Fagan M, Berthoiniev A, Calix G, Fernández D. 1998. Wilding variation in truffles. *Nature* 394: 734.

Calix G. 1999. La truffe. In: *Le Vie. Paris, France: Inst. Scientifique de Recherche Agronomique*: 210 p.  
 Diaz P, Dabiet S, Infante R, Reglero G. 2008. Truffle aroma characterization by headspace solid-phase microextraction. *J Chromatogr A* 1017: 207-14.  
 Holman G, Podov V, Ben-El-Mechaieq H. 1994. Mathematical model for perfusion effect on oxygen and water vapor dynamics in modified-atmosphere packages. *J Food Sci* 61: 956-61.  
 Ponceva SC, Oliveira RB, Brecht JK. 2002. Modeling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages. *Advances J Food Eng* 52: 99-119.  
 González I, Ferrer A, Oria R, Salvador ML. 2008. Determination of  $O_2$  and  $CO_2$  transmission rates through microperforated films for a modified atmosphere packaging of fresh truffles and vegetables. *J Food Eng* 84: 194-201.  
 González I, Ferrer A, Oria R, Salvador ML. 2009. A mathematical model for packaging with microperforated films of fresh-out fruits and vegetables. *J Food Eng* 92: 156-65.  
 Harik S, Souza D, Dargatzis R. 2004. Maturation-associated alterations of the biochemical characteristics of the black truffle *Tuber melanosporum* Vitt. *Food Chem* 90(2): 394-400.  
 James P, Salvador ML, Oria R. 2001. Respiration rate of sweet chestnut 'Balsa', 'Valencia' and 'Sweetheart' cultivars. *J Food Sci* 64(3): 443-7.  
 Fader AA, Saltveit M. 2003. Respiration and gas exchange. In: *Bart JA, Brecht JK, editors. Postharvest physiology and pathology of vegetables*. New York: Marcel Dekker Inc, p: 7-29.  
 Lee DS, Hwang PS, Lee J, Yoo JI. 1991. Model for fresh produce respiration on its modified atmosphere based on principles of enzyme kinetics. *J Food Sci* 56(6): 1580-5.  
 Melo A, Murat C, Bonafate P. 2006. Truffles: in situ more than agrimed and local fungal delicacy. *PEMIS Microbiol Lett* 200: 1-4.  
 Menéndez F, Manzanera R, Botodo R. 1997. Physiological and textural response of truffles during low-temperature storage. *J Hort Sci* 72(5): 407-14.  
 Reynat. 2000. *Trufa, un cultivo muy rentable en la zona de Madrid*. Spain: Mundi-Pressa: 229 p.  
 Jucá S, JM. 2003. La truffe. Paris, France: Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes: 247 p.  
 Rivera CI, Bianco D, Venutari MB. 2008. Tolerance of fresh common truffles (*Tuber aestivum*) to different levels of oxygen and carbon dioxide. In: *Comunità Montana del Monte Marsano e del Serrano (Ed.) Third Spoleto International Congress on Truffles*, 25-29 November 2008, Spoleto, Italia, 55 p.  
 Rivera CI, Bianco D, Oria R, Venutari MB. 2010. Diversity of culturable microorganisms and occurrence of *Laccaria monosporum* and *Sclerotinia* spp. in *Tuber aestivum* and *Tuber melanosporum* associates. *Food Microbiol* 27: 266-70.  
 Di Stefano C, Aguilera M, Berdini S, Leggera A, Tofanelli A, Giovannetti M, Vanni MP. 2002. Diversity of culturable bacterial populations associated to *Tuber aurantiacolum* and their activity on *T. aurantiacolum* mycelial growth. *PEMIS Microbiol Lett* 211: 195-201.  
 Van EL, Lee DS. 1995. Design of modified atmosphere packaging for fresh produce. In: *Reaney ML, editor. Active food packaging*. London: Blackie Academic & Professional.









