

# Elaboración de una cerveza estilo IPA sin Alcohol mediante levadura *Saccharomyces ludwigii*

GONZÁLEZ MÉNDEZ RUBÉN, LÓPEZ DÍAZ ALBA, PORTAL NUÑO ALBERT, RIAZA FERNÁNDEZ EDUARDO

Alumnos de la 54ª promoción del Máster en Ciencia y Tecnología Cervecera impartido en la Universidad de Alcalá de Henares en colaboración con la Escuela Superior de Cerveza y Malta (ESCYM).

Este trabajo forma parte del trabajo fin del Máster tutorizado por la profesora de Teoría de las Transformaciones Cerveceras, Dª Ana García Martí.

## RESUMEN

El mercado de las cervezas sin alcohol sigue en auge y los consumidores cada vez son más exigentes. España es líder en producción y consumo con **13% de consumo per cápita en el 2018<sup>1</sup>**. Esto obliga a las cerveceras a abrir la mente y buscar nuevos métodos y fórmulas para innovar dentro de esta categoría.

Siguiendo esta tendencia, se ha elaborado una cerveza sin alcohol, mediante una levadura no *Saccharomyces* (*Saccharomyces ludwigii*), con características del estilo IPA, que es uno de los predominantes en el mundo craft, para conseguir un perfil organoléptico que se aleje de las cervezas sin alcohol actuales, donde el lúpulo se convierte en el gran protagonista.

Uno de los grandes retos de “Exploding Hops” es que sea una cerveza con cuerpo y mucho aroma. Estos objetivos se han cumplido gracias a la selección de materias primas, un buen comportamiento de la *S. ludwigii* en fermentación, y un proceso de dry-hopping.

Palabras clave: no-*Saccharomyces*, cerveza sin alcohol, *S. ludwigii*, Dry-Hopping, Rocket.

<sup>1</sup> Fuente: *Cerveceros de España: Informe socioeconómico del sector de la cerveza en España, 2018*.

## ABSTRACT

The non-alcoholic beer market is still booming and consumers are becoming increasingly more demanding audience. Spain is leader in non-alcoholic beer production and consumption with **13% of the total volume consumed in Spain<sup>1</sup>**. This situation has pushed brewers to open their minds and look for new methods and formulas to innovate within this category.

Following this trend, an alcohol-free beer has been produced, using a yeast that is not *Saccharomyces* but *Saccharomyces ludwigii*. It has the characteristics of the IPA style, **that** is one of **the main styles** in the craft world, **with an** organoleptic profile **that** moves away from the current non-alcoholic beers, **making** hops **become the leading character**.

One of the great challenges of “Exploding Hops” is that it is a full-bodied beer with a lot of aroma. These **targets** have been **achieved** thanks to the selection of raw materials, a good behavior of the *S. ludwigii* in fermentation, and a dry-hopping process.

Keywords: non-*Saccharomyces*, low-alcohol beer, *S. ludwigii*, Dry-Hopping, Rocket.

<sup>1</sup> Source: *Cerveceros de España: Informe socioeconómico del sector de la cerveza en España, 2018*.

## INTRODUCCIÓN

En España se considera cerveza sin alcohol a aquella que tiene una concentración menor del 1% de alcohol en volumen. Los métodos actuales para producción de cerveza sin alcohol se clasifican en dos grupos: físicos y biológicos. Los procesos físicos se centran en eliminar el alcohol que previamente se ha generado (destilación, ósmosis, diálisis, etc.), y los biológicos, en controlar tanto la generación de azúcares en maceración como la fermentación, para no superar el límite de alcohol antes mencionado. En este último grupo, se encuentra el uso de levaduras especiales, que no fermentan la maltosa (azúcar mayoritario en el mosto), de manera que la generación de alcohol quedará limitada. Un ejemplo de este tipo de levaduras es el que se ha usado en este proyecto, la *Saccharomyces ludwigii*. La gran ventaja de este método es que no se requiere de inversión para nuevas instalaciones.

Los atributos del estilo IPA pueden ayudar a compensar las carencias de una cerveza sin alcohol, gracias al aporte de amargor, que será superior a 40 IBUs, y de los aromas del lúpulo.

En el caso de los aromas, se optó por realizar un dry-hopping. El **dry-hopping** es un proceso de adición de lúpulo en frío al final de fermentación o durante su periodo de maduración, para extraer aromas. Se puede llevar a cabo también directamente en barril. Con el dry-hopping se sacrifican prácticamente la totalidad de alfa-ácidos (no aumentarían las unidades de amargo).

Las técnicas se clasifican en: método tradicional, adicionando lúpulo en flor o pellets directamente al fermentador, o sistemas modernos. Estos son la forma más sencilla y probablemente la más frecuente para hacer dry-hopping en cervecería. Se añaden los

pellets o flores de lúpulo a un recipiente y la cerveza recircula entonces cierto tiempo a través de él (extracción continua).

Para este proyecto se ha recirculado la cerveza en la fase de guarda a través de un Hop Rocket de la marca *Blichmann*.



Ilustración 1: Hop Rocket (sección)

## LEVADURA

La *Saccharomyces ludwigii* es una levadura no-*Saccharomyces*. Se conoce especialmente por ser un microorganismo contaminante en el proceso de fabricación de alimentos y bebidas fermentadas, como los vinos y sidras.

Presenta una forma alimonada. En agar es de color crema, casi lisa, forma convexa y semibrillante. Aparecen aisladas, en parejas y a veces en grupos de tres. Las células en proceso de brotación se parecen a los bolos.



Ilustración 2: *Saccharomyces ludwigii*

La siguiente tabla recoge los azúcares fermentables por la *S. ludwigii*.

AZÚCARES FERMENTABLES	<i>S. LUDWIGII</i>
Glucosa	+
Galactosa	-
Sacarosa	+
Maltosa	-
Lactosa	-
Rafinosa	+
Trehalosa	-
Melobiosa	-
Maltotriosa	-

Tabla 1: Azúcares fermentables por *S. ludwigii*

La cepa utilizada de *S. ludwigii* (CECT 10450: *Saccharomyces ludwigii* var. *ludwigii* E.C. Hansen, 1952), se recibió en ampolla de vidrio. Se inoculó en caldo YM, y tres medios sólidos: WLN, Lisina e YM agar.

## ENSAYOS DE LABORATORIO

Se diseñaron 4 recetas diferentes para realizar pruebas a escala de laboratorio, presentadas en la siguiente tabla:

Receta 1	Malta Pale (69%), Copos de Avena (20%), Cebada Tostada (1%), Cara Amber (10%)
Receta 2	Malta Pale (98%), Cebada Tostada (2%)
Receta 3	Malta Pale (50%), Copos de Avena (50%)
Receta 4	Malta Pale (64%), Copos de Avena (20%), Cebada Tostada (1%), Cara Hell (5%), Cara Munich (10%)

Tabla 2: Recetas mosto

Se probaron dos rampas de temperatura diferentes para maceración, una con reposo a 64°C para actuación de las beta-amilasas, y otra saltándose este reposo. Para el primer caso, se obtendría más contenido en maltosa y

para el segundo, menos maltosa y más dextrinas.

Por otro lado, se probaron también dos concentraciones diferentes, dando lugar a distintos extractos (13°P y 8,5°P aproximadamente).

Esto dio lugar a la elaboración de 16 mostos en total.

A continuación, se acidificaron los mostos hasta pH 4,7-4,8 y se sembraron con una primera propagación de *S. ludwigii* ( $0,3 \cdot 10^6$  UFC/ml).

Las condiciones de fermentación fueron:

- Los mostos de grado plato 13 se fermentaron a 15°C.
- Los mostos de grado plato 8,5 se fermentaron a temperatura ambiente: 22°C.

Todos ellos se mantuvieron con agitación constante durante 4 días.

### Resultados y conclusiones:

- Los mostos de mayor extracto dieron mayor contenido en alcohol, incluso fermentando a 15°C, con un máximo de 0,9% vol.
- Las recetas con avena y 8°P, dieron el menor contenido en alcohol y atenuación (0,35% vol.).
- Pese a que la siembra fue baja, la fermentación se desarrolló correctamente.
- Las distintas rampas no dieron diferencias en alcohol final.
- Con pH=4,7 de promedio, la levadura trabajó bien, y la caída fue de un 0,25 aproximadamente de promedio durante la fermentación.

Con estos resultados y después de realizar una degustación de las 16 cervezas, se decide:

- Para la receta final se escoge un **º Plato en mosto frío de 11**, para obtener un contenido de alcohol cercano al 1% vol.
- Se reproducirá la **receta 1** a la cual se le añadirá también **Lactosa**.
- Se elige **la rampa de maceración sin estacionamiento a 64°C**.

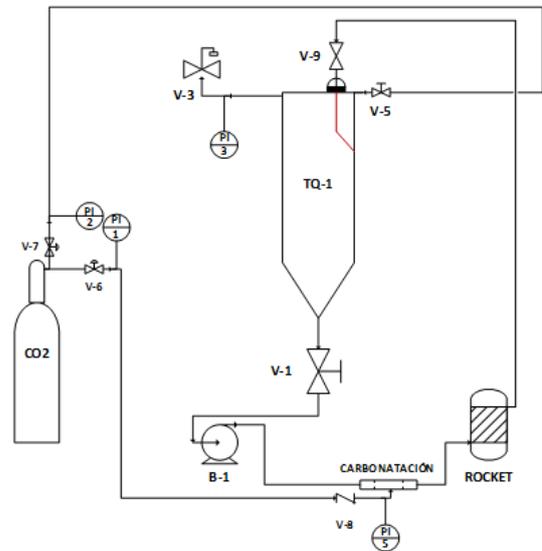
## DISEÑO DRY-HOPPING

Puesto que los fermentadores de los que se dispone en la planta piloto no poseen salida y entrada en la parte inferior, se realizaron varias pruebas para poder llevar a cabo la recirculación de cerveza a través del Rocket.

Se diseñó una pieza específica para poder entrar por la parte superior del tanque orientada hacia la superficie interior, de manera que la cerveza fluya a través de la pared evitando espumeo, y permitiéndose contrapresionar el tanque.



*Ilustración 3: Pieza diseñada para Dry-Hopping*



*Ilustración 4: Diagrama de proceso Dry-Hopping*

Se cargó el Rocket con 200 gramos de lúpulo en flor y 100 gramos en pellet y se obtuvieron resultados satisfactorios desde el punto de vista técnico y organoléptico. Se mantuvo algo más de una hora recirculando de manera estable, a presiones constantes. No se detectaron pérdidas de lúpulo.

## FABRICACIÓN

### Propagación

Previamente al proceso de fabricación se realizó una propagación de la levadura. Se partió de una colonia contenida en una placa de YM agar. Cada 48 horas se fue incrementando el volumen de mosto con el objetivo de alcanzar una población adecuada para la siembra del mosto final de fabricación. Tras 7 días, se obtuvo un volumen final de 2,7 litros con un recuento de  $47 \cdot 10^6$  UFC/ml y una viabilidad del 100%.

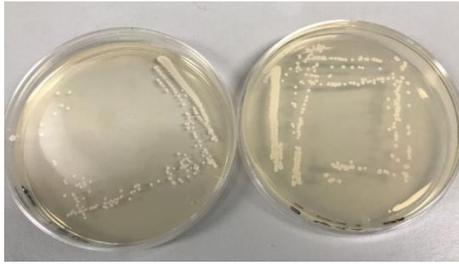


Ilustración 5: Placa de YM agar con colonias de *S. ludwigii*

## Receta

Las materias primas que se utilizaron en la elaboración de esta cerveza son las siguientes:

MATERIAS PRIMAS	PROPORCIÓN (%)	CANTIDAD (Kg)
Malta Pale	74	10,1
Malta Cara Amber	10	1,36
Cebada tostada	1	0,14
Copos de avena	15	2,05

Tabla 3: Materias primas mosto

Se adicionaron también 355 gramos de **lactosa** a razón de 5 gramos/litro.

Se emplearon diferentes tipos de lúpulos y en distintos momentos del proceso de elaboración para aportar el carácter IPA de esta cerveza:

LÚPULO	CANTIDAD (g)	DOSIFICACIÓN
Herkules (pellets)	82	Inicio ebullición
Sabro (pellets)	25	Últimos 20 min de ebullición
Sabro (pellets)	75	Últimos 10 min de ebullición
Callista (flor)	140	Dry-hopping
Sabro (pellets)	80	Dry-hopping

Tabla 4: Tipos, cantidades y dosificación de Lúpulos

## Molienda

Se usó un molino de martillos de 2mm de luz para obtener una molienda fina ya que se utilizará posteriormente el filtro prensa **para filtrar el mosto**. Las materias primas molidas fueron malta Pale, malta Cara Amber y cebada tostada.

## Maceración

Para la maceración se optó por un ratio 3:1, lo que equivale a 13,6 kg de materias primas (molienda + copos de avena) y 41,9 litros de agua. En este punto, para favorecer el trabajo de las enzimas, se adicionó ácido fosfórico para corregir el pH a 5,4, y 8 gramos de cloruro cálcico. En la curva de maceración se realizó un breve reposo proteolítico a 50°C, y un estacionamiento para la actuación de las  $\alpha$ -amilasas a 73°C hasta la correcta sacarificación, como se muestra a continuación:

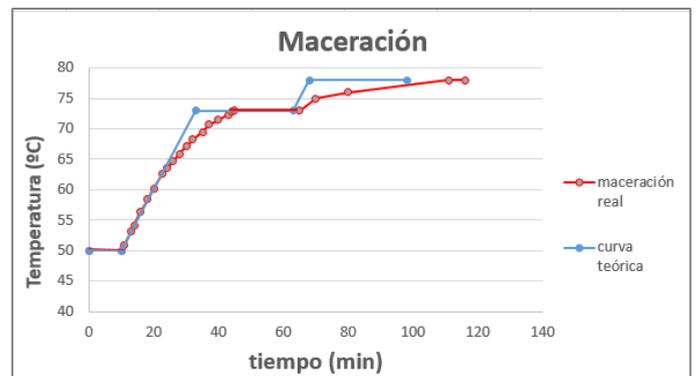


Ilustración 6: Curva de maceración real vs teórica

## Filtración

Se utilizó un filtro prensa de una placa de 12 kg de carga de malta equivalente. El filtro se atemperó previamente a 84°C. A continuación se llenó y comenzó la filtración. Se obtuvo un

volumen de primer mosto de 17 litros de 20,4 °P y 5,41 de pH. El tiempo de filtración del mosto primario fue de 13 minutos.

Posteriormente se procedió a la etapa de lavado del bagazo contenido en el filtro. El volumen total de agua adicionada fue de 40 litros y se dio por finalizada la filtración con un plato de últimas aguas de 5,1 °P.

El volumen de mosto final fue de 59 litros con un plato de 14,7 °P y pH 5,42. Debido a que el °plato objetivo del mosto frío para la receta final es **11 °P**, se diluye añadiendo 22 litros de agua caliente.

### Ebullición y Whirlpool

Los parámetros iniciales en la caldera de ebullición fueron 70 litros a 11,1°P. En este momento se adicionó lactosa a razón de 5 g/l, lo que ocasionó una subida a 11,5°P. En cuanto al pH, se corrigió mediante ácido fosfórico hasta 4,7 para favorecer la extracción de un amargo más fino y de mejor calidad, y también para fomentar la formación de ésteres en fermentación y compensar la poca caída de pH que se obtendrá, ya que se trata de una cerveza de baja atenuación.

Cuando se alcanzan 98 °C de temperatura da comienzo la ebullición. En este punto se adiciona el lúpulo Herkules en forma de pellets para obtener el amargor necesario. Al final de la ebullición se añade lúpulo Sabro también en pellets con fines aromáticos (*Tabla 4*). El tiempo total de ebullición fue de 60 minutos.

Finalmente se adiciona agua para compensar la tasa de evaporación de la caldera (4,52%) y como resultado se obtendrán 74 litros de 11 °P.

Se trasegaron 72 litros hacia el Whirlpool (máxima capacidad) y se adicionaron 0,140

gramos de Sulfato de Zinc y 8 gramos de Cloruro Cálcico, ambos necesarios para el buen funcionamiento de la levadura. El tiempo de reposo en el Whirlpool fue de 15 minutos y se obtuvo un Trub de 7 litros.

### Enfriamiento

La consigna de temperatura de mosto frío a su paso por el enfriador de placas se fijó en 20 °C. Durante todo el enfriamiento hubo una dosificación de O<sub>2</sub> constante en línea ya que es necesario en la etapa inicial de crecimiento de la levadura.

Se enfrían un total de 60 litros de mosto con los siguientes parámetros:

Análisis Mosto	
EO (°P)	11,0
pH	4,76
Color (EBC)	25,0
Amargo (IBU)	49,0
FAN (mg/L)	158,7
Polifenoles (mg/L)	284,6
Nitrógeno Total (mg/L)	854

*Tabla 5: Análisis parámetros mosto*

Se realizó también un análisis del perfil de azúcares del mosto:

Azúcares Mosto (g/L)	
Fructosa	1,1
Glucosa	6,9
Sacarosa	3,1
Maltosa	45,1
Maltotriosa	11
Azúcares totales	67,2

*Tabla 6: Análisis azúcares mosto*

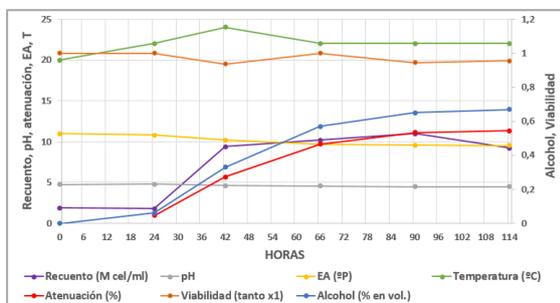
### Fermentación

Una vez introducido el mosto en el fermentador, se procede a realizar la siembra. Se parte de  $2,1 \cdot 10^6$  UFC/ml de *S. ludwigii* que son introducidos por el *clamp* de la parte

superior del fermentador, en ambiente estéril, para evitar posibles contaminaciones.

Tras la siembra, en lugar de recolocar la tapa del clamp, se sustituye por la pieza nueva para el dry-hopping (*Ilustración 3*). Al dejar la pieza puesta se evita tener que realizar una segunda manipulación y se minimizan los riesgos de contaminación microbiológica.

El proceso de fermentación se realizó durante cinco días. En la siguiente ilustración se muestra la evolución de los parámetros medidos:



*Ilustración 7: Evolución Fermentación*

FECHA	21/05 (inicio)	26/05 (fin)
Horas fermentación	0	114
Viabilidad (%)	100	96
pH	4,76	4,47
Extracto Aparente (°P)	11	9,54
Alcohol (%v/v)	-	0,67
Temperatura (°C)	20	22
Atenuación Aparente (%)	-	11,3
Recuento (UFC/ml *10 <sup>6</sup> )	2,1	9,2

*Tabla 8: Análisis parámetros fermentación*

Cuando se repitió el porcentaje de alcohol, se dio por finalizada la fermentación y se empezó a enfriar el tanque.

## Guarda

Durante la guarda o maduración de la cerveza, se realizó un seguimiento diario de la población y viabilidad de la levadura.

	26/05	27/05	28/05	29/05	30/05
<b>Recuento (UFC/ml*10<sup>6</sup>)</b>	9,2	11,4	9,8	11,6	5,8
<b>Viabilidad (%)</b>	95,6	96,4	100	94,83	89,7

*Tabla 9: Seguimiento recuento guarda*

El análisis de la cerveza al final de la guarda tuvo los siguientes resultados:

Análisis fin de guarda	
<b>Color (EBC)</b>	23,4
<b>Amargo (IBU)</b>	48
<b>Alcohol (%v/v)</b>	0,68
<b>Extracto Aparente (%w/w)</b>	9,6
<b>Atenuación Aparente (%)</b>	11,6

*Tabla 7: Análisis parámetros guarda*

Durante el seguimiento en guarda se observó que la viabilidad de la levadura siempre estaba cercana al 100%, y los recuentos indicaban que aún se encontraba una concentración de levadura en suspensión importante, de lo que se deduce una **floculación lenta**.

## Dry-hopping

Finalizada la guarda se realizó el proceso de Dry-hopping con el objetivo de extraer los aceites esenciales del lúpulo y conseguir una cerveza muy aromática, característica importante de las cervezas estilo IPA. Este proceso de lupulado en frío se hizo mediante el esquema anteriormente detallado (*Ilustración 4*). Se cargó el Rocket con **320 gramos de lúpulo** divididos en 140 de Callista en flor y 80 de Sabro en pellets. Se recirculó la cerveza a través de este lecho durante **tres horas y media**. Durante este proceso, el nivel de amargo se mantuvo constante.

A continuación, se presentan los resultados de los análisis de compuestos aromáticos realizados previos y posteriores al proceso de dry-hopping, ya en cerveza final:

ALCOHOLES SUPERIORES	PREVIO DRY-HOPPING (ppm)	CERVEZA FINAL (ppm)
Isobutanol	10	9,1
Isoamílicos	20,4	18,10
B-Feniletanol	6,4	5,8
<b>Total Alc. Superiores</b>	<b>36,8</b>	<b>33</b>

Tabla 10: Evolución Alcoholes Superiores

ÉSTERES	PREVIO DRY-HOPPING (ppm)	CERVEZA FINAL (ppm)
Acetato de Etilo	6,5	0,90
Acetato de Isoamilo	0,03	0,03
Caprato de Etilo	0,04	0,01
Caproato de Etilo	0,02	0,01
Propinato de Etilo	6,8	<0,04
Acetato de Isobutilo	<0,02	<0,02
Butirato de Etilo	<0,02	<0,02
Caprilato de Etilo	0,03	<0,02
Ac.b-Feniletanol	<0,1	<0,1
<b>Total Ésteres</b>	<b>13,42</b>	<b>0,95</b>

Tabla 11: Evolución Ésteres

COMPUESTOS OXIGENADOS DEL LÚPULO	PREVIO DRY-HOPPING (ppm)	CERVEZA FINAL (ppm)
Linalool	357	856
Alfa-terpineol	47	51
Geraniol	<400	831

Tabla 12: Evolución Compuestos Oxigenados

HIDROCARBUROS TERPENOIDES DEL LÚPULO	PREVIO DRY-HOPPING (ppm)	CERVEZA FINAL (ppm)
Mirceno	>1700	<100
Cariofileno	276	<50
Alfa Humuleno	468	<50

Tabla 13: Evolución HC Terpenoides

Con respecto a los análisis de ésteres, se consiguieron unos valores excepcionales tras la fermentación, sin embargo, en cerveza final se observa una disminución de estos compuestos. La relación alcohol superiores-ésteres pasa de ser 2,7 a 34,7.

En relación a los aceites esenciales del lúpulo, se confirma que se produce un gran aumento de los compuestos oxigenados mediante el dry-hopping (linalool y geraniol), lo cual cumple con el objetivo del proyecto de elaborar una cerveza estilo IPA.

### Filtración

Al tener una floculación lenta, se optó por realizar una filtración de la cerveza mediante un filtro de placas de celulosa con un tamaño de poro de 15 micras, con el objetivo de retener tanto la levadura en suspensión como los posibles restos de lúpulo que hubieran podido llegar a la cerveza durante el dry-hopping.

Este proceso es sumamente importante, ya que la presencia de levadura durante la pasteurización alteraría organolépticamente la cerveza por lisis de dicha levadura.

Se obtuvo un volumen filtrado final de 41,1 litros, que se almacenó en un barril adaptado como BBT durante 20 horas a 4°C.

### Envasado y pasteurización

El envasado se realizó con la llenadora neumática de la planta piloto, la cual hace un barrido de CO<sub>2</sub> en las botellas **previo al llenado**, para minimizar la presencia de O<sub>2</sub>. Se utilizaron botellas de vidrio ámbar de 33 cl y se taponaron manualmente con tapones corona estándar higienizados. La velocidad de llenado fue de 1 minuto por botella, siendo la producción total de 115 botellas.

Posteriormente se procedió a la pasteurización de las mismas debido a que:

- Las cervezas sin alcohol tienen una concentración elevada de azúcares, que **puede suponer** una fuente de alimentación para **otros** microorganismos **(posibles contaminantes)**.
- La adición de lúpulo en dry-hopping, puede ser un **foco** de contaminaciones microbiológicas ya que el lúpulo no está estéril.

La pasteurización que se realizó fue de 13 minutos a 64 °C, obteniendo con estos datos un valor de 48 UP según la siguiente fórmula:

$$UP = t * 1,393^{(T-60)} = 48 UP$$

Una vez pasteurizadas las botellas se tomó una muestra aleatoriamente y se procedió a realizar el test de la invertasa que informa de si la pasteurización ha sido exitosa. El resultado fue correcto.

## Cerveza final

A continuación se presentan los análisis de la cerveza final:

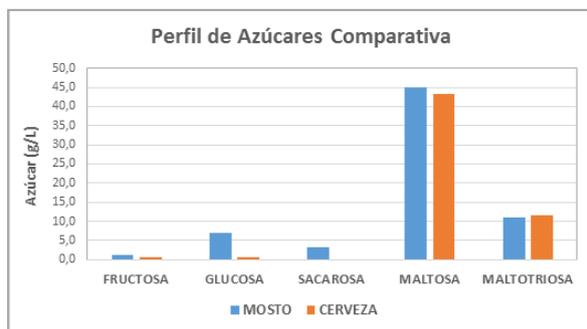
ANÁLISIS CERVEZA FINAL	
Alcohol (%v/v)	0,66
Extracto Original (%w/w)	10,8
Extracto Real (%w/w)	9,8
Extracto Aparente (%w/w)	9,6
SG 20/20 (kg/L)	1,0383
Atenuación Aparente (%w/w)	11,3
Calorías (KJ/100 ml)	168
pH	4,73
Color (EBC)	24
Amargo (IBU)	45
CO <sub>2</sub> (g/L)	4,58
Espuma (s)	328
SO <sub>2</sub> (mg/L)	0,21
Diacetilo (ppb)	25
Pentanodiona (ppb)	5,7
Turbidez 90 ° (EBC)	2,2
TAF (EBC)	7,3
FAN (mg/L)	169
Polifenoles (mg/L)	308
Cenizas (g/100 ml)	0,41
Proteínas (g/100 ml)	0,5
Grasas (g)	0
Grasas saturadas (g)	0
Sal común (g)	0,01
Hidratos de Carbono (g/100 ml)	8,9
Azúcares (g/100 ml)	5,6

Tabla 14: Análisis Cerveza Final

- Se consigue el objetivo de cerveza sin alcohol < 1% en volumen.
- Pese a la poca cantidad de siembra, el alcohol conseguido, extracto aparente y grado de atenuación se acercaron mucho a los valores de atenuación límite de 0,69% de alcohol en volumen y 11,72% de atenuación aparente.
- El resultado de espuma fue muy satisfactorio.
- Se consiguió el objetivo de IBU>40. En dry-hopping no se observaron variaciones en el valor de amargo.

La comparativa de análisis de azúcares entre mosto y cerveza final se muestra a continuación (*Ilustración 8*). Se confirma que la *S. ludwigii* no fermenta ni la maltosa ni la maltotriosa.

De los 67 g/L de azúcares totales iniciales en mosto, se obtuvieron 56 g/L en cerveza final. Esto impacta muy positivamente en el perfil organoléptico de la cerveza reduciendo el dulzor.



*Ilustración 8: Comparativa azúcares mosto-cerveza final*

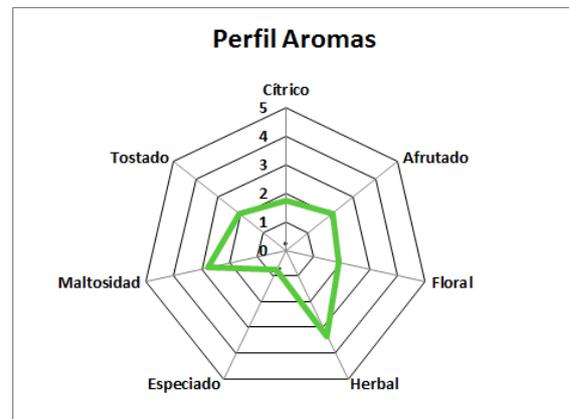
## EVALUACIÓN SENSORIAL

Para valorar la cerveza final se estableció un panel de cata compuesto por 6 personas formadas en gestión sensorial.

Con respecto a la sensación en boca, destacó el amargor y el dulzor por igual, lo que indica que el resultado final es una cerveza equilibrada. La maltosidad y la persistencia amarga fueron las siguientes cualidades con mayor puntuación, lo que se corresponde con el estilo IPA sin alcohol.

En cuanto al aroma, se destacó el herbal del lúpulo y la maltosidad, el dulzor y tostado de las maltas, y de la cebada en menor medida. La siguiente cualidad relativa al lúpulo más destacable fue el toque afrutado.

Se representan los resultados en los siguientes diagramas:



*Ilustración 9: Perfil Aromático*



*Ilustración 10: Perfil Sensación en Boca*

## ETIQUETADO

Para el diseño de la etiqueta se siguieron las directivas de la legislación española vigente. Al tratarse una cerveza Sin alcohol se ha añadido la **información nutricional** en la contra etiqueta.

Con el diseño de la etiqueta se ha pretendido destacar el carácter lupulado de la cerveza ya que el amargor y el aroma del lúpulo son los

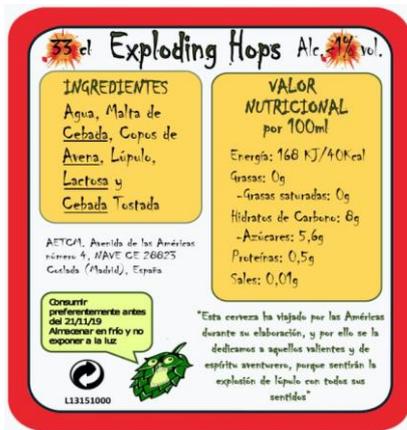


Ilustración 11: Contra Etiqueta y Etiqueta

elementos diferenciadores a los que se les ha prestado especial atención.

## CONCLUSIONES

- Se ha conseguido elaborar una cerveza según las especificaciones marcadas inicialmente de <1% alcohol y >40 IBUs.
- Del análisis sensorial destaca un buen cuerpo y el equilibrio dulce-amargo.

- El proceso de Dry-Hopping fue satisfactorio desde el punto de vista técnico (la nueva pieza diseñada cumplió con los requisitos para una buena recirculación) no perdiéndose espuma ni amargo, y organoléptico, consiguiéndose una buena extracción de aromas.

- El trabajo con *S. ludwigii* resultó muy enriquecedor. Se aprendió a realizar propagaciones y seguimientos de la fermentación. Las pruebas con los mostos de laboratorio proporcionaron una información valiosa sobre el comportamiento de esta levadura.

Pese a que se sembró poca cantidad, la atenuación y alcohol en cerveza final fueron los esperados. Para favorecer el trabajo de la *S. ludwigii* se decidió empezar con una temperatura de 24°C en fermentación.

La viabilidad siempre se mantuvo al 100% o muy cerca.

Se confirmó la floculación lenta o casi nula durante los primeros días de guarda de la *S. ludwigii*, lo que penalizó el proceso de filtración mediante filtro de celulosa. En base a esta experiencia, sería recomendable aumentar los días de guarda.

- Se realizó un seguimiento profundo de la microbiología al tratarse de una cerveza sin alcohol. Incluso pasteurizando y tomando las máximas precauciones, los resultados no fueron los esperados debido a una posible contaminación por bacterias lácticas. Sería recomendable subir las unidades

de pasteurización y garantizar los CIPs y la calidad del agua de proceso. En cualquier caso, el perfil de la cerveza no se vio alterado.

- Esta cerveza es fácilmente reproducible a nivel industrial y con unos resultados más que satisfactorios. Solo hay que abrir la

mente a trabajar con otro tipo de levaduras no *Saccharomyces*.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todos aquellos que han hecho posible que hayamos completado este máster y este proyecto en particular, empezando por todos los profesores, tanto personal docente de la Facultad de Farmacia como profesionales, que han apartado su trabajo para dedicar su tiempo libre a enseñarnos la realidad de la industria cervecera.

Mención especial a Ana García, Felisa Bartolomé y Rafael Tigel por sus tutorías y orientación en este proyecto. También destacar la ayuda prestada por Marta García en los múltiples análisis microbiológicos que hemos tenido que realizar.

No podemos olvidarnos de la gran ayuda de Esther Santalla durante toda la elaboración de esta cerveza y análisis de laboratorio en la planta piloto de la AETCM.

También queremos agradecer al laboratorio de la fábrica del Prat de Estrella Damm por los valiosos análisis complementarios realizados. Y en general a las empresas que han colaborado aportando desinteresadamente materiales para este proyecto, como Mahou-San Miguel, Cerveza Goose y Barth Haas.

A nuestras empresas, grupo Damm y grupo Mahou-San Miguel, por brindarnos esta oportunidad de desarrollo profesional única.

Por último, nos gustaría agradecer a nuestra familia y amigos por su apoyo incondicional, y a nuestros compañeros, con los que esperamos mantener una amistad para toda la vida.