

## EL MAÍZ COMO ADJUNTO CERVECERO

**Autores:** María del Carmen Vidal, Responsable de Innovación del Grupo DACSA y María Felisa Bartolomé, Presidenta de la FBD ESCYM.

El maíz es un cereal de la familia de las gramíneas, al igual que el trigo, que destaca por su riqueza en almidón y, en menor medida, en grasas y proteínas. Constituye la materia básica para diversas industrias y cada porción del grano es aprovechada para obtener un gran número de productos.

### 1. Estructura del grano de maíz

El grano de maíz maduro está compuesto por tres partes principales (Figura 1):

**Pericarpio:** Capa exterior de cubierta protectora, dura y fibrosa, que encierra al grano. Está formada principalmente por fibra cruda aproximadamente en un 87% y en el cereal ya maduro, tiene la función de impedir la entrada de hongos y bacterias.

**Endospermo:** Es la parte más importante del grano, está constituida por almidón y proteínas y funciona como fuente de energía para la planta en su desarrollo.

**Germen:** Se encuentra en el extremo más bajo del grano, ocupa del 9 al 12% del volumen total del grano y posee dos partes principales, el eje embrionario (planta nueva) y el escutelo (constituye una gran reserva de alimento ya que es el órgano encargado de la alimentación del embrión en el momento de su germinación).



**FIGURA 1. ESTRUCTURA DEL GRANO DE MAÍZ Y SUS PARTES QUE LO COMPONEN.**

## 2. Composición química del grano de maíz

Las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química. La cubierta seminal o pericarpio se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente el 87%. El endospermo, en cambio, contiene un nivel elevado de almidón (87%), aproximadamente 8% de proteínas y un contenido de grasas crudas relativamente bajo. Por último, el germen se caracteriza por un elevado contenido de grasas crudas, alrededor del 30%, y contiene también un nivel relativamente elevado de proteínas (próximo al 20%) y minerales (Tabla 1).

**Tabla 1. Composición química proximal de las partes principales de los granos de maíz (%)**

<b>COMPONENTE QUÍMICO (%)</b>	<b>PERICARPIO</b>	<b>ENDOSPERMO</b>	<b>GERMEN</b>
<b>Almidón</b>	7,3	88,4	11,9
<b>Azúcar</b>	0,3	0,6	10,8
<b>Proteínas</b>	3,7	8,0	18,4
<b>Extracto etéreo</b>	1,0	0,8	29,6
<b>Fibra cruda</b>	86,9	1,9	18,8
<b>Cenizas</b>	0,8	0,3	10,5

Fuente: Klimovitz, Ray. 2002

## 3. Tipos de molienda de maíz y productos derivados

La mayor parte del maíz que se destina a alimentación humana se procesa por molienda, sea por vía húmeda o por vía seca

En la **molienda húmeda** se separan los diferentes componentes químicos del grano. Se utiliza principalmente para la obtención de almidón. La creciente utilización de edulcorantes basados en maíz (diferentes tipos de jarabes), ha resultado en una expansión de las industrias de molienda húmeda.

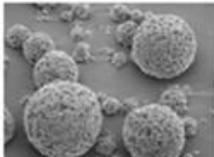
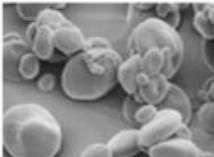
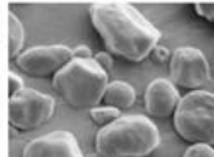
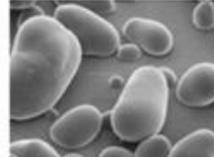
En la **molienda seca** del grano de maíz se consigue la separación de las diferentes partes anatómicas del grano, y se obtienen harinas y **sémolas (“grits”) de diferente granulometría**, con distintos usos para la alimentación humana. También se obtiene germen, salvado y harina zootécnica para consumo animal (Callejo, MJ, 2002).

Las sémolas o grits de maíz para la industria cervecera tienen una granulometría compendiada entre 1,400 y 0,150 mm, y se usan como **adjuntos cerveceros**. Tienen **alto contenido en almidón**, bajo contenido en grasa y fibra, y una vida de anaquel y estabilidad excelentes (Klimovitz, Ray. 2002). El bajo contenido en grasa de los grits de maíz, por debajo del 0.9%, hace que sea un adjunto idóneo para la fabricación de cerveza.

#### 4. Composición del almidón

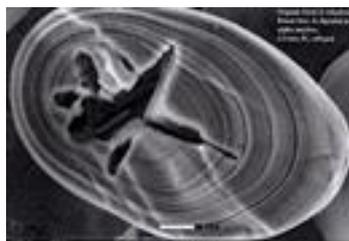
El almidón es el hidrato de carbono que constituye la principal reserva energética de casi todos los vegetales. El almidón es el componente principal en los cereales, leguminosas y tubérculos, cuya forma física es de agregados de moléculas poliméricas denominados gránulos de almidón. La forma y tamaño de los gránulos de almidón depende de la especie vegetal (Figura 2).

	Arroz	Trigo	Maiz	Patata
Diámetro (μm)	1-3	1-45	5-30	5-100
Forma	Poligonal esférico	Redondeado lenticular	Poligonal redondeado	Oval esférico

**Figura 2. Gránulos de almidón de diferentes especies de cereales y patata.**

El orden molecular en el almidón nativo se evidencia por la birrefringencia que presentan los gránulos cuando se observan bajo luz polarizada (los gránulos desvían la luz en dos direcciones formando una cruz – la Cruz de Malta) (Figura 3). El hecho de que el almidón sea birrefringente implica que hay un alto grado de orientación molecular en el gránulo. Esta característica se pierde durante la gelificación del almidón. Las estructuras, amorfa y cristalina del almidón, y la relación entre ellas son los factores que determinan ciertas propiedades del almidón.

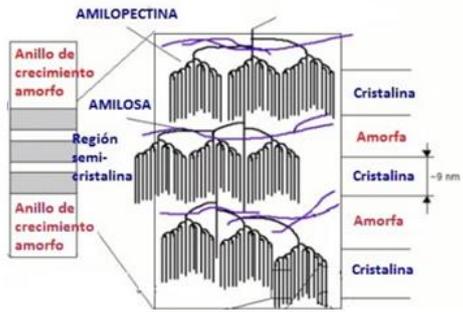


**FIGURA 3. GRÁNULO DE ALMIDÓN DONDE SE APRECIA LA CRUZ DE MALTA.**

Los gránulos de almidón aparecen formando capas concéntricas en las que se alternan anillos amorfos de baja densidad con anillos semicristalinos de alta densidad. Los gránulos de almidón están compuestos principalmente (97-98%) por dos polisacáridos, la amilosa y la amilopectina, que se disponen en forma radial, formando una serie de capas concéntricas (Figura 4 y 5).



**FIGURA 4. DETALLE DE LOS ANILLOS QUE CONFORMAN LOS GRÁNULOS DE ALMIDÓN.**



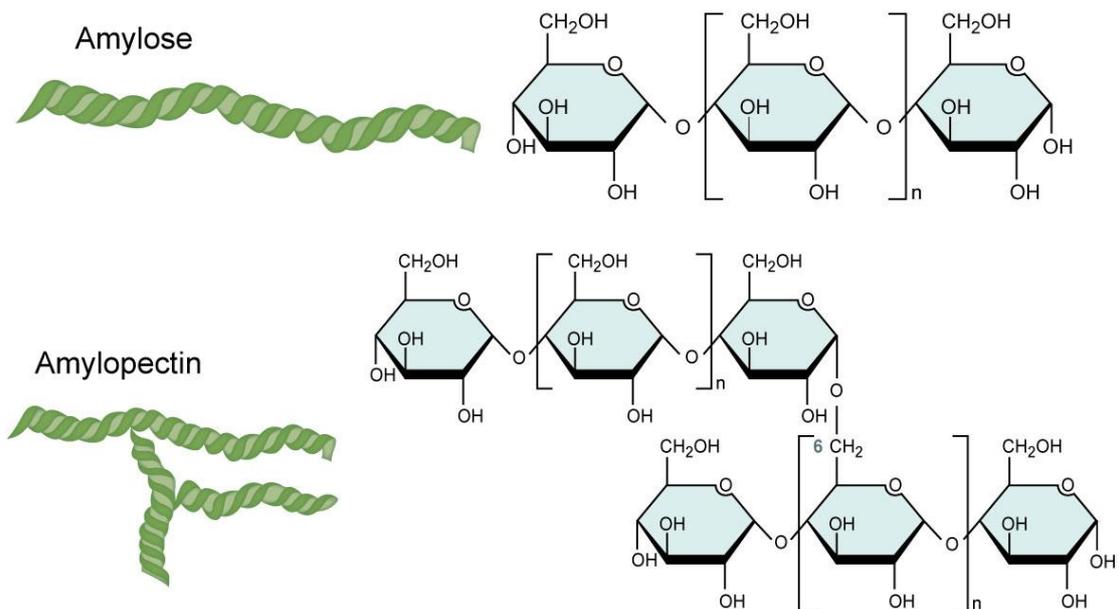
**FIGURA 5. VISTA DE LA REGIÓN SEMICRISTALINA Y ANILLOS DE CRECIMIENTO AMORFOS.**

La proporción de la amilosa y la amilopectina están en proporción variable según su procedencia (Tabla 2).

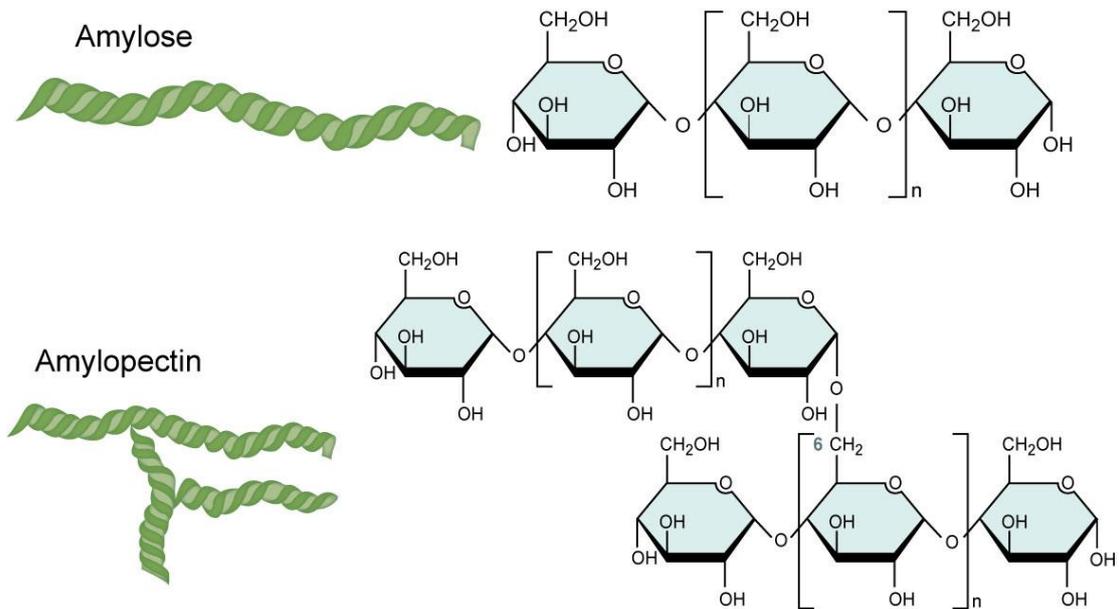
**Tabla 2. Contenido de amilosa y amilopectina en cereales y patata.**

POLISACARIDO	ARROZ	TRIGO	MAÍZ	PATATA
<b>Amilosa (%)</b>	18,5	25	24	20
<b>Amilopectina (%)</b>	81,5	75	76	80

La amilosa, es un polisacárido esencialmente lineal de  $\alpha$ -(1-4) glucosa, y la amilopectina, es una estructura ramificada al azar de cadenas  $\alpha$ -(1-4) glucosa unidas por ramificaciones  $\alpha$ -(1-6), cada 20 o 30 unidades de glucosa (Figuras 6 y 7). En la figura 4 se presenta un fragmento de amilopectina que contiene solo dos ramificaciones.



**FIGURA 6. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA AMILOSA.**



**FIGURA 7. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA AMILOPECTINA.**

Las propiedades tecnológicas del almidón dependen mucho del origen y de la relación amilosa/amilopectina, tanto cuando forma parte de un material complejo, como una harina o sémola, o cuando se utiliza purificado.

### 5. Degradación del almidón. Principios básicos.

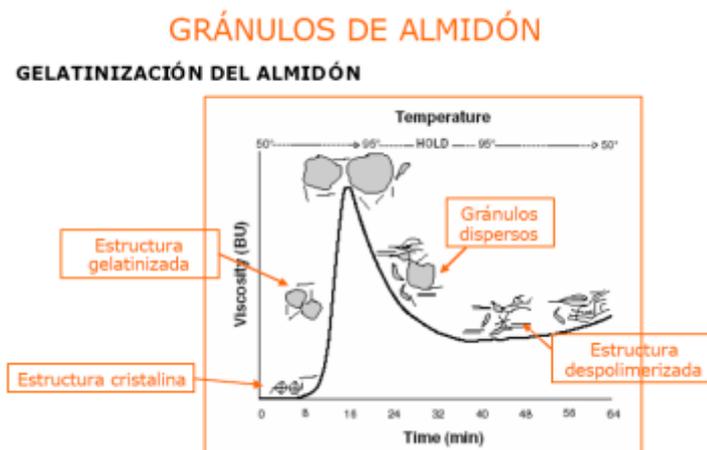
El almidón nativo tiene una estructura compleja a la que las amilasas (**enzimas presentes, por ejemplo, en la malta, que degradan el almidón en azúcares más simples**) no pueden acceder, sin embargo, cuando el almidón está gelatinizado su estructura se hace susceptible a la acción de estos enzimas. El gránulo de almidón nativo es insoluble en agua fría, pero cuando éste se calienta en presencia de agua y enzimas, sufre una serie de cambios que son la base de la utilización del almidón y los productos que lo contienen en innumerables procesos, como, por ejemplo, la fermentación alcohólica de cereales para la producción de cerveza y de otras bebidas alcohólicas obtenidas a partir de la destilación de fermentaciones de cereales que lo contienen.

La degradación del almidón es la ruptura enzimática del mismo para pasar de polisacárido a mono, di y trisacáridos solubles y que puedan ser asimilables durante procesos de fermentación.

La degradación del almidón consta de tres fases: gelatinización, licuefacción y sacarificación (Fuente: Máster de la ESCYM).

### a. Gelatinización

Durante el calentamiento del almidón con agua, la apariencia de los gránulos no cambia hasta que se alcanza una temperatura llamada **temperatura de gelatinización**, a partir de la cual el gránulo **empieza a perder su estructura organizada**. Si continúa el calentamiento de la suspensión agua - almidón, la energía será tal que se rompen los enlaces que mantienen ordenado el gránulo de almidón y el agua penetrará en él, haciendo aumentar su volumen y como consecuencia la viscosidad de la suspensión. Esto ocurre hasta que el gránulo se debilita perdiendo su integridad, ya que un elevado número de las moléculas que lo constituían se solubilizan. A partir de este momento de viscosidad máxima, la viscosidad de la suspensión comienza a descender (Figura 8). En este punto, las **moléculas de almidón quedan expuestas al ataque enzimático** que, de otra forma, sin gelatinizar, sería difícil de conseguir.



**FIGURA 8. CURVA DE VISCOSIDAD DONDE SE MUESTRA EL GRADO DE GELATINIZACIÓN DEL ALMIDÓN Y SUS TRANSFORMACIONES.**

La pérdida de la estructura cristalina ocurre cuando se alcanza la temperatura de gelatinización y desaparece la Cruz de Malta (Figura 3).

Las temperaturas de gelatinización del almidón difieren para cada tipo de cereal (Tabla 3), lo que influye en los diferentes procesos industriales.

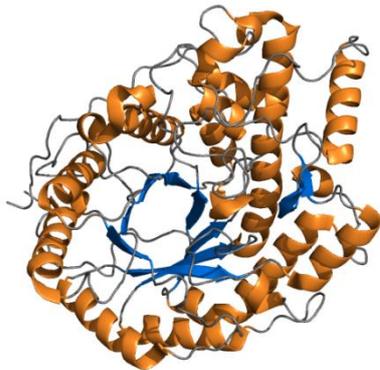
**Tabla 3. Características generales y temperatura de gelatinización del almidón de maíz y trigo.**

TIPO DE ALMIDÓN	MAÍZ	TRIGO
<b>Amilosa</b>	27 %	24 %
<b>Forma del gránulo</b>	Angular poligonal, esférico	Esférico o lenticular
<b>Tamaño</b>	5-25 micras	11-41 micras
<b>Temperatura de gelatinización</b>	88-90 °C	58-64 °C
<b>Características del gel</b>	Tiene una viscosidad media, es opaco y tiene una tendencia muy alta a gelificar	Viscosidad baja, es opaco y tiene una alta tendencia a gelificar

### b. Licuefacción

Durante esta fase, las cadenas de almidón (amilosa y amilopectina) se rompen rápidamente para formar pequeñas cadenas gracias a la enzima  $\alpha$ -amilasa, que rompe las cadenas largas lentamente, causando una rápida reducción de la masa gelatinizada y de la viscosidad.

La  $\beta$ -amilasa (Figura 9) sólo degrada lentamente cadenas largas en los extremos (los extremos de las cadenas largas que va cortando la  $\alpha$ -amilasa).



**FIGURA 9. ESTRUCTURA CRISTALINA DE LA B-AMILASA DE LA CEBADA.**

### c. Sacarificación

En esta fase de degradación del almidón, la  $\alpha$ -amilasa rompe las cadenas de la amilosa y de la amilopectina progresivamente hasta obtener dextrinas con 7 a 12 moléculas de glucosa. Tras la acción enzimática producida en la fase de licuefacción, la sacarificación es completa cuando el almidón se ha degradado totalmente.

La  $\beta$ -amilasa disocia a dos moléculas (= maltosa) de los grupos terminales de las nuevas cadenas formadas, generando no solo maltosa, sino también glucosa y maltotriosa, ya que la longitud de las cadenas es variable.

En todos los casos, la degradación de sustancias se detiene 2 a 3 moléculas de glucosa antes de los enlaces 1,6 de la amilopectina, dado que estos enlaces 1,6 no pueden ser rotos por la  $\alpha$ -amilasa ni por la  $\beta$ -amilasa. Estas dextrinas siempre se encuentran presentes en un mosto normal y permanecen en el proceso dando cuerpo a la cerveza.

#### Resumiendo:

- i. La  $\alpha$ -amilasa degrada las cadenas largas de almidón a dextrinas más pequeñas. Actúa de forma óptima a temperaturas de 72 a 75°C y es inactivada rápidamente a 80°C.
- ii. El valor pH óptimo se encuentra en 5,6 a 5,8.
- iii. La  $\beta$ -amilasa disocia maltosa de los extremos de la cadena, y también se forma glucosa y maltotriosa, ya que la longitud de las cadenas es variable. Actúa de forma óptima a temperaturas de 60 a 65°C y es muy sensible a temperaturas mayores; es rápidamente inactivada a 70°C. El valor pH óptimo es 5 a 5,5.

### 6. Maíz: ventajas del uso de adjuntos en general y del maíz en particular.

Los adjuntos cerveceros son ingredientes compuestos **principalmente por hidratos de carbono no malteados**, con características apropiadas que complementan en forma beneficiosa al principal ingrediente empleado en la fabricación de la cerveza, es decir, la malta a base de cebada. Proveen de azúcares, disminuyen el contenido de proteína para favorecer la estabilidad fisicoquímica de la cerveza, y aportan características de sabor. Por tanto, al incorporar adjuntos cerveceros, se modifican las propiedades del mosto y se define el tipo de cerveza producida. Los adjuntos usados en mayor cantidad son aquellos derivados de los granos de maíz y arroz, a pesar de que granos de cebada, trigo y sorgo son también a veces utilizados (Klimovitz, Ray, 2002).

Las proporciones de uso de **adjuntos varían entre el 10% y el 60%**, sin embargo, adiciones de 20% a 40% son las más usadas en la industria cervecera. En muchos

casos, la cantidad de un adjunto está limitada por la habilidad de los sistemas naturales de enzimas disponibles para convertir al almidón en azúcares solubles (Klimovitz, Ray. 2002), y por la legislación de cada país, como, por ejemplo, la ley de pureza alemana (Reinheitsgebot en alemán), que establece que la cerveza solamente se debe elaborar a partir de agua, cebada malteada y lúpulo.

Las ventajas del uso de los adjuntos en el proceso cervecero son, fundamentalmente de dos tipos: económicas y tecnológicas.

#### **A. Ventajas económicas:**

1. Los adjuntos se usan para obtener más extracto transformable: frente a un 75% de rendimiento estándar de la malta, la sémola de maíz y el arroz alcanzan un 82%.
2. Obtener extracto a mejor precio: habitualmente los adjuntos son más baratos que la malta, dependiendo de los precios de mercado.
3. Si este precio se correlaciona por unidad de extracto, la competencia de los adjuntos frente a la malta es absoluta.

#### **B. Ventajas tecnológicas:**

1. Muy conveniente para trabajar con el sistema high gravity brewing, aumentando la capacidad de las instalaciones: más extracto para menos sobrecarga en filtración de mosto.
2. Cervezas con menos color, más ligeras y menos saciantes.
3. Cervezas más fáciles de filtrar: El contenido de betaglucanos y pentosanos que aporta el maíz, en sémola o en copos, es cinco veces inferior al que aporta la malta, por lo que evitamos problemas de filtrabilidad de cerveza fermentada y de turbio debido a polisacáridos (turbio invisible entre otros).
4. Cervezas con mayor vida en el mercado, relacionado en este caso con el contenido de nitrógeno en la materia prima. Este nitrógeno proviene de las proteínas, péptidos, aminoácidos y productos de degradación aportados por la malta en el proceso cervecero.
5. Los adjuntos se consideran como agentes diluidores del nitrógeno por su escaso aporte de este compuesto. El ser diluidores del nitrógeno tiene las siguientes ventajas:
  - I. Las proteínas y los péptidos junto con los polifenoles causan turbio a lo largo de la vida de la cerveza por precipitación mediante la formación de sólidos unidos por puentes de oxígeno. A menor cantidad de proteína, menor riesgo de formación de turbio, y menor coste de estabilización de la cerveza frente a este parámetro.

- II. Un exceso de aminoácidos en el mosto puede generar problemas de los sabores en la cerveza envasada, por su potencial oxidante. Ajustando la cantidad de aminoácidos para que no estén en exceso tras la fermentación, se ayuda a la estabilidad organoléptica del producto evitando potenciar las oxidaciones.
- III. Debido a que los péptidos y los aminoácidos contribuyen a la capacidad tampón del mosto, cualquier proceso con gran cantidad de adjuntos hace que la caída del pH en el mosto sea más rápida.
- IV. Las cervezas con adjuntos nos garantizan mayor vida útil en el mercado, proporcionando cervezas más estables frente a precipitación de complejos proteína-polifenol y frente a degradación por oxidación.

Cuando trabajamos con adjuntos, dependiendo de su proporción, hay que tener en cuenta los siguientes aspectos que pueden interferir en el proceso:

- a. Altos niveles de adjuntos pueden causar un déficit de FAN (alfa amino nitrógeno), y puede ralentizar las fermentaciones por falta de nutrientes en el mosto.
- b. Aumento excesivo de la viscosidad de mosto y atención a la velocidad de filtración en cuba filtro, si le falta el soporte natural de filtración aportado por la malta.
- c. Exceso de adjuntos, combinado con exceso de dilución por sistema high gravity, pueden resultar en cervezas “vacías” y con problemas de retención de espuma.

En definitiva, la composición y procesado de la cerveza es un equilibrio que debe decidir el maestro cervecero.

## **6. Otros usos del maíz en la industria cervecera**

El maíz, así como otros adjuntos utilizados en la industria cervecera, habitualmente se deben procesar aparte, en la caldera de crudos, para conseguir la gelatinización y preparación de estos ingredientes para añadir a la caldera de malta, pero también se puede añadir directamente a maceración, si éstos son tratados previamente mediante procesos de cocción que transformen el almidón nativo en almidón pregelatinizado. En estos casos, como el proceso de gelatinización y lixiviación del almidón se ha producido previamente, éste queda expuesto a la acción enzimática de la malta de forma directa, por lo que pueden ser transformados en azúcares directamente en la caldera de maceración sin tener que ser sometidos a altas temperaturas.

Los adjuntos precocidos, como los copos de maíz, arroz y avena, entre otros, son los más utilizados en las microcervecías.

## **Bibliografía**

Malting and Brewing Course. Prof. Relinde Eerlingen. Centre for Food and Microbial Technology. KU LEUVEN (Universidad Católica de Lovaina, Bélgica).

Wolfgang Kunze. 2014. Tecnología para Cerveceros y Malteros. Publicado por VLB Berlin.

Master en Ciencia y Tecnología Cervecera de ESCYM (Escuela Superior de Cerveza y Malta).

Callejo Gonzalés, M<sup>a</sup> Jesús. 2002. Industrias de cereales y derivados. Ediciones Mundi-Prensa y A. Madrid Vicente.

Klimovitz, Ray. 2002. El Cerveceros en la Práctica. Tercera Edición. Master Brewers Association of the Americas.