

# “Aprovechamiento de levadura recuperada de la fermentación en destilería”

Ponce A. María José<sup>(1)</sup>, Bermeo G. Mirella<sup>(2)</sup>

Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción<sup>(1,2)</sup>

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

mjpa1234@hotmail.com<sup>(1)</sup>, mbermeog@yahoo.com<sup>(2)</sup>

## Resumen

*Se analizó la posibilidad de aprovechamiento de la levadura recuperada de un proceso de fermentación en una destilería del Ecuador, en base a parámetros previamente establecidos, para considerarla como una levadura óptima para ser utilizada como materia prima en balanceados. Se caracterizó y se cuantificó los lodos presentes en la destilería obtenidos como residuos de la fermentación para conocer los parámetros con los que se trabajó. La levadura húmeda obtenida del centrifugado fue sometida a un proceso de secado para posteriormente determinar las características físicas y químicas del producto seco y conocer si era óptimo como parte del alimento balanceado. Se seleccionó el tipo de secador necesario y se calcularon los costos que implicarían la realización del proyecto para conocer el capital necesario para llevarlo a cabo y el tiempo aproximado de recuperación de la inversión. Por último se determinó el impacto ambiental durante la etapa de eliminación de lodos y su influencia directa en suelo, agua, aire y fauna.*

**Palabras Claves:** Levadura, fermentación.

## Abstract

*The feasibility of utilization of yeast recovered from a fermentation in a distillery in Ecuador, based on previously established parameters, to qualify an excellent yeast for use as raw material balance. Was characterized and quantified the sludge present in the distillery obtained as fermentation residues to know the parameters with which we worked. Wet yeast obtained from the spin was subject to a drying process to further determine the physical and chemical properties of dry and see if it was optimal as part of feed. We selected the type of dryer required and the cost implications estimated the project to meet the necessary capital to carry it out and the approximate time of return on investment. Finally, we identify the environmental impact during the period of disposal of sludge and its direct influence on soil, water, air and wildlife.*

**Keywords:** Yeast, fermentation.

## 1. Introducción

Según datos del Ministerio de Industrias y Productividad en el Ecuador se producen anualmente un aproximado de 51'000.000 litros de alcohol, esta producción genera un desperdicio considerable de residuos sólidos; actualmente estos residuos sólidos provenientes de la fermentación, como son los lodos que se asientan en los tanques de vino y el excedente de crema de los prefermentadores son desechados. Al desaprovechar esta levadura que contiene un alto valor proteico y puede ser aprovechada como suplemento alimenticio se pierden fuentes de ingreso para la empresa. [6]

El costo de la alimentación es uno de los factores que más inciden en la producción de alimentos balanceados, y por ese motivo se realizan estudios para producir alimentos balanceados de bajo costo y con materias primas tradicionales de cada región.

### Objetivo General

Aprovechar totalmente la levadura del proceso de fermentación en destilería alcohólica para que sirva como aporte proteico en la alimentación animal.

### Objetivos específicos:

- Caracterizar y cuantificar los lodos presentes en una destilería durante el proceso de fermentación.
- Determinar las características físicas y químicas del producto seco para conocer si es óptimo como parte del alimento balanceado.
- Seleccionar el secador adecuado teniendo en cuenta las características y la cantidad de lodo obtenido en el proceso.
- Valorar los costos del proyecto para determinar en cuanto tiempo se recuperará la inversión

- Determinar el impacto ambiental que se produce con la eliminación de estos lodos.

## 2. Lodos de fermentación

La materia prima que fue utilizada en este proyecto es un residuo proveniente de la fermentación del vino para la producción de alcohol etílico de una industria productora de alcohol.

Para la obtención del alcohol se requiere de una fuente con contenido de azúcares fermentables por acción de levaduras especializadas para la producción de alcohol etílico principalmente.

Con el proceso de fermentación se obtuvo el vino utilizado por la destilería, este fue separado de la levadura que se llamó crema o lodo de levadura que fue la materia prima en el proyecto.

La crema proveniente de la fermentación fue de textura cremosa con una coloración café claro y olor alcohólico.

Tuvo cantidades importantes de proteínas, fue rica en nitrógeno y fósforo, también contó con minerales como hierro, manganeso y potasio.

Tuvo una humedad entre de 74% y 84%.

En cuanto a las características microbiológicas se pudo decir que para que la crema funcione sin ningún problema en un nuevo proceso de fermentación debe tener una viabilidad de entre 60 - 70% en adelante, en caso contrario deberá ser reforzada con levadura nueva.

Los lodos eran desechados ya que existía una gran acumulación en los tanques sedimentadores (tanques de vino) y cuando la levadura que es reutilizada dentro del proceso de fermentación pasa a ser inservible también fue desechada.

## 3. Caracterización y cuantificación de los lodos recuperables de fermentación.

Las características físicas más importantes analizadas en los lodos son las siguientes:

Color: Café

Olor: Alcohólico

Sabor: Amargo

Textura: Cremosa

Densidad: 1,06954 gr/ml

pH: 4,3

Porcentaje de humedad:

El contenido de humedad es un factor de calidad en la conservación de algunos productos, ya que afecta la estabilidad.

La determinación de humedad se utiliza como factor de calidad. [3]

Cálculos

P1: Recipiente vacío.

P2: Peso de muestra.

P3: Peso de recipiente con muestra seca.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P3 - P1}{P2} \times 100$$

**Tabla 1.-** Humedad en crema de levadura.

FECHA	FERMENTADOR	% HUMEDAD
31/07/2009	A	80,98
05/08/2009	H	82,87
11/08/2009	F	85,70
18/08/2009	D	79,86
24/08/2009	E	80,93
30/08/2009	B	79,97
03/09/2009	G	84,58
06/09/2009	C	83,76

Porcentaje de cenizas:

La determinación de cenizas es referida como el análisis de residuos inorgánicos que quedan después de la ignición u oxidación completa de la materia orgánica de un alimento.

Cálculos

P1: Cápsula vacía.

P2: Peso de muestra.

P3: Peso de cápsula con muestra calcinada.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P3 - P1}{P2} \times 100$$

**Tabla 2.-** Cenizas en crema de levadura.

Fecha	Tanque Fermentador	%Cenizas
29-07-09	A	1,26
31-07-09	A	1,48
03-08-09	F	1,67
05-08-09	F	1,72
12-08-09	A	1,55
20-08-09	D	1,53
28-08-09	H	1,60
07-09-09	A	1,62
13-09-09	C	1,65
24-09-09	G	1,64
04-10-09	E	1,58
18-10-09	E	1,60
25-10-09	B	1,62
02-11-09	H	1,67
10-11-09	C	1,70
23-11-09	F	1,69

En cuanto a las características químicas la composición de los lodos así como el estudio de aminoácidos, son de suma importancia ya que en el caso de los aminoácidos estos deben ayudar a complementar las aminoácidos esenciales que el animal necesita para la formación de las proteínas. Como se va a notar más adelante la viabilidad de los lodos son bajos por lo tanto la levadura inactiva es apetecible para especies que no toleran los alimentos de origen vegetal como son los caninos y felinos. Y son las necesidades de estas especies las que se deben complementar.

De los 23 aminoácidos que necesita el animal, diez son denominados esenciales ya que estos deben ser ingeridos en la dieta porque el organismo no los posee, [9] estos son:

- Treonina
- Triptófano
- Valina
- Histidina
- Isoleucina
- Leucina
- Lisina
- Metionina
- Fenilalanina
- Arginina

**Tabla 3.-** Características de los lodos de fermentación

CARACTERISTICAS DE LOS LODOS DE FERMENTACION	
Resultados en base seca	
	Promedio
Aminoácidos	76,97
A. Aspártico %	3,06
Treonina %	1,08
Serina %	1,13
A. Glutámico %	3,09
Prolina %	0,66
Glicina %	1,15
Alanina %	2,25
Cistina %	1,12
Valina %	1,63
Metionina %	0,33
Isoleucina %	1,17
Leucina %	2,19
Tirosina %	0,62
Fenilalanina %	1,07
Histidina %	0,50
Lisina %	1,26
Arginina %	0,63

La cuantificación de los lodos se realizó para conocer la cantidad de materia prima con la que se contaba para el proceso de secado y así determinar que secador comprar para realizar el proyecto.

En base a los cálculos realizados se obtuvo que la cantidad recuperada por fermentador fue de 4.490 litros de levadura y en base al número de fermentadores que contiene la empresa se determinó

que la recuperación diaria de levadura fue de aproximadamente 22.492 litros de levadura.

#### 4. Metodología para la recuperación de lodos.

La recuperación de lodos se realizó por concentración de lodos en los tanques sedimentadores y por centrifugación.

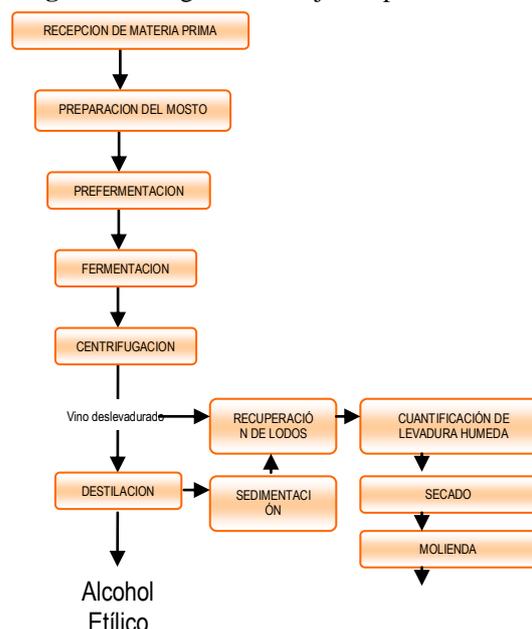
Con el transcurso de las horas, los lodos de la fermentación van depositándose en el fondo de los tanques sedimentadores y los operadores de la planta son los encargados de ir retirando diariamente los lodos por las cañerías de salida de la planta. Estos lodos son espesos y con la mayor parte o la totalidad de las levaduras que se usaron en la etapa fermentativa.

Estos lodos residuales de fermentación constituyeron la materia prima para el presente proceso investigativo siendo considerados como una cantidad muy aceptable de residuos que fueron estudiados para reducir la contaminación ambiental que producían, ya que constituían una carga orgánica debido a la presencia principalmente de las levaduras.

El otro método es separación de vino y levadura por medio de centrifugación. Este método consistió en que una vez terminada la fermentación que dura aproximadamente 12 horas, el vino obtenido en el proceso fue separado de la levadura. Esto se realizó por medio de una centrífuga.

El secado de las 6 muestras se realizó en una empresa anexa que cuenta con un secador rotatorio, se trabajó a una temperatura de 48°C, la muestra final resultó con una humedad de 7%

**Figura 1.-** Diagrama de flujo del proceso nuevo





En la figura 1 se pueden apreciar las etapas de destilación de alcohol y el nuevo proceso de recuperación de levaduras recomendado a la empresa.

Las características físicas y químicas de la levadura seca son:

Físicas:

Partículas finas con apariencia de migajas, de color café claro a ligeramente pardo con olor aromático a fermento de alcohol.

Libre de materiales extraños, de infestación por insectos, de hongos y de olor a fermento desagradable.

Humedad:

**Tabla 4.-** Humedad en crema seca.

%HUMEDAD DE CREMA SECA		
FECHA	MUESTRA	% HUMEDAD
10/09/2009	1	7,55
20/09/2009	2	7,51
15/10/2009	3	7,47
28/10/2009	4	7,45
01/11/2009	5	7,43
12/11/2009	6	7,4

Cenizas:

**Tabla 5.-** Cenizas en crema seca

% CENIZAS EN CREMA SECA		
FECHA	MUESTRA	% CENIZAS
10/09/2009	1	6,32
20/09/2009	2	6,36
15/10/2009	3	6,33
28/10/2009	4	6,28
01/11/2009	5	6,24
12/11/2009	6	6,12

Características de los aminoácidos en levadura seca:

**Tabla 6.-** Aminoácidos en levadura seca

## CARACTERÍSTICAS DE LOS LODOS SECOS DE FERMENTACIÓN

Resultados en base seca

	Promedio
Aminoácidos	75,87
A. Aspártico %	2,52
Treonina %	0,91
Serina %	0,93
A. Glutámico %	2,67
Prolina %	0,50
Glicina %	0,98
Alanina %	1,84
Cistina %	1,47
Valina %	1,33
Metionina %	0,27
Isoleucina %	1,02
Leucina %	2,19
Tirosina %	0,49
Fenilalanina %	0,94
Histidina %	0,41
Lisina %	1,09
Arginina %	0,51

En las tablas mencionadas se pudo observar el cambio en el producto seco con respecto a sus características físicas y químicas.

## 5. Análisis de Resultados

La levadura que se obtuvo del proceso de fermentación fue sometida a análisis de laboratorio para determinar si era óptima para ser parte de la formulación de un alimento balanceado, esto debió realizarse previo secado debido a que si esta no cumplía con los requerimientos para este tipo de producto no es recomendable continuar con el proyecto.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la levadura húmeda:

**Tabla 7.-** Media ponderada de humedad y cenizas en levadura húmeda.

	HUMEDAD	CENIZAS
Crema	82,33	1,60
Lodo	74,51	3,39

En los análisis realizados a la crema en el proceso de fermentación estadísticamente se obtuvo una humedad de 82,33% y cenizas de 1,60%, estos valores representan la media obtenida de las muestras tomadas, del mismo modo en los análisis de lodos provenientes de los tanques de vino se obtuvo una media de 74,51% en humedad y 3,39% en cenizas.

El excedente de levadura calculado por fermentador fue de 3.708 litros y 18.539 litros de crema para el número de fermentadores totales de la empresa y la cantidad de levadura que pasaba a los tanques de vino para ser sedimentado era de 783 litros por tanque y de 3.914 litros para el total de tanques de la empresa.

Al sumar el resultado del excedente en crema y el de levadura en vino se obtuvo un total de 22.452 litros de levadura que fueron secados para su posterior aprovechamiento.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la levadura seca final:

**Tabla 8.-** Media ponderada de humedad y cenizas en levadura seca.

	HUMEDAD	CENIZAS
Crema	7,47	6,28
Lodo	7,06	6,77

En lo que respecta a la humedad el rango óptimo es de 8 +/-1% y el de levadura ya seca fue de 7,47%, en lodo seco de 7,06% lo cual estuvo dentro de los parámetros.

Las cenizas demuestran que cantidad de residuos inorgánicos posee el producto, los parámetros requeridos indicaron que debe tener un máximo de 7% de cenizas. En la crema y el lodo seco la ceniza tuvo un porcentaje de 6,28% y 6,77% respectivamente.

La proteína de la levadura proveniente de la fermentación alcohólica en cuanto a crema fue de 32,3% y de lodo fue de 30,7% cumpliendo así con los requerimientos estipulados.

En el análisis de aminoácidos tabla 6, se pudo observar que de los 10 aminoácidos que el can no produce por sí mismo y que tienen que ser complementados en la dieta 9 de ellos se encontraron en óptimas cantidades en la levadura seca obtenida: Treonina, Valina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina y Arginina. De estos aminoácidos el de mayor concentración fue la Valina con un promedio de 1,33%.

La dimensión ambiental debió analizarse, en un sentido amplio, tanto en sus aspectos naturales (como el suelo, la flora, la fauna), como de contaminación (aire, agua, suelo, residuos), y de impactos sobre la salud de las personas.

En cuanto al secador seleccionado fue un secador de doble tambor con capacidad para evaporar 1764 lb H<sub>2</sub>O/h evaporada usando una presión de vapor = 100 lb/plg<sup>2</sup>.

En lo que respecta a costos se obtuvo lo siguiente:

Valor Actual Neto (VAN) = \$118.782,84. El proyecto es rentable debido a que la utilidad es positiva

Tasa Interna de Retorno (TIR) = 14 %. El proyecto es económicamente rentable.

Relación Costo/Beneficio (B/C) = 2,73. El proyecto es económicamente rentable.

Periodo real de recuperación de capital (PRCr) = 6 años

## 6. Aplicación del producto obtenido en formulación de suplemento alimenticio animal

El producto obtenido se aplicara como materia prima para elaboración de un alimento balanceado extruido para consumo animal específicamente para la familia canina. Debido a su alto porcentaje en proteína digerible y asimilable para incrementar la conversión muscular y mejorar características como brillo en el pelaje, robustez y agilidad en el can es necesario utilizar algún tipo de levadura dentro de la formulación.

El contenido de los aminoácidos de los lodos de secado con los de la levadura de cerveza es bastante similar como se muestra en la tabla 9, lo cual resulta favorable ya que de esta manera se puede incluir estos lodos secos en reemplazo de la levadura de cerveza.

Tabla 9.- Comparación de aminoácidos entre los lodos de fermentación de alcohol y la levadura de cerveza.

AMINOACIDO	COMPARACION DE AMINOACIDOS ENTRE LOS LODOS DE FERMENTACION DE ALCOHOL Y LA LEVADURA DE CERVEZA	
	LODOS DE FERMENTACION ALCOHOL	LEVADURA DE CERVEZA
AC. ASPARTICO	2,52	ND
TREONINA	0,91	0,95
SERINA	0,93	0,99
AC. GLUTAMICO	2,67	2,7
PROLINA	0,50	0,44
GLICINA	0,98	1,02
ALANINA	1,84	1,82
CISTINA	1,47	1,02
VALINA	1,33	1,27
METIONINA	0,27	0,32
ISOLEUCINA	1,02	1,11
LEUCINA	2,19	2,22
TIROSINA	0,49	0,47
FENILALANINA	0,94	0,93
HISTIDINA	0,41	ND
LISINA	1,09	ND
ARGININA	0,51	ND

La levadura, es un aporte proteico de muchos productos balanceados especialmente nutrición de canes y cerdos en sus diferentes etapas reproductivas.

La levadura provenientes de los lodos de fermentación alcohólica sustituye en el mismo porcentaje a la levadura de cerveza debido a que su costo de venta es mucho menor que el de la levadura de cerveza, y en el comparativo de los análisis bromatológicos su aporte proteico es bastante similar a la levadura de cerveza.

Aplicando los lodos de secado como parte de una fórmula para alimento balanceado se está dando un destino a un desecho de las destilerías alcohólicas, se optimiza su proceso de producción y a su vez se reduce el impacto ambiental puesto que se está evitando desechos directamente al ambiente.

Como aporte a la industria del alimento balanceado su aplicación es de vital importancia puesto que la disponibilidad de materias primas de bajo costo y de gran valor para el correcto desarrollo del animal ha decaído, cada día las empresas de alimento balanceado buscan mejores alternativas en este sentido y la levadura de secado de los lodos de fermentación se presenta como una alternativa interesante.

El aporte a la sociedad de la industrialización y aplicación de los lodos de fermentación aparte de disminuir el impacto ambiental será la generación de fuentes de empleo debido a la mano de obra que se tiene que utilizar para este tipo de proceso.

## 7. Conclusiones y Recomendaciones

Se analizó la posibilidad de aprovechamiento de levadura recuperada como residuo en destilería, obteniendo que los parámetros de humedad (7,26%), cenizas (6,52%), aminoácidos y proteínas (31,5%) se encontraron dentro del rango requerido para alimentos balanceados.

La cantidad de lodos presentes como residuos en la destilería fue de 22.452 litros diarios, los cuales dieron la referencia, al igual que el porcentaje de humedad inicial de la levadura (78,42%), y su humedad final, para determinar que secador elegir para el proyecto.

El secador seleccionado para llevar a cabo el proceso fue el secador de doble tambor de marca Buflovak, y los costos de ejecución del proyecto calculados fueron \$603.296,30 con un tiempo de recuperación de inversión 6 años aproximadamente.

Al utilizar la levadura residual se disminuyó el impacto ambiental en un 100%, dado que originalmente esta era desechada sin ningún tipo de pretratamiento, y al ser utilizada no hubo la necesidad de contaminar el ecosistema.

Es recomendable la sustitución de la levadura de cerveza por la levadura provenientes de fermentación alcohólica, sin embargo sería importante realizar un seguimiento al consumidor final del alimento balanceado que tendrá como base la materia prima obtenida para comprobar su respuesta clínica con relación al consumo del producto a través de un determinado periodo de tiempo.

La metodología seguida en la presente investigación podría ser aplicable para el aprovechamiento de residuos sólidos de otras destilerías del país.

## 8. Agradecimientos

A Dios, a mis padres, a mis hermanos y mi familia; por compartir conmigo este largo camino. A mis amigos, simplemente por estar ahí. Un agradecimiento especial a la Ing. Mirella Bermeo, por su disposición, por su tiempo.

## 9. Referencias

[1] ALVAREZ Blanco, Silvia; ZARAGOZÁ Carbonell, José Luis; Química Industrial Orgánica, Editorial De la UPV, Valencia – España, 2006, Páginas 70 – 75.

[2] ARROYO, Gonzalo; Biotecnología: una salida para la crisis agroalimentaria, Editorial Plaza y Valdés, México D.F. – México, 1988, Páginas 319 – 321.

[3] BARBOSA, G; Li Ma; BARLETTA, Blas; IBARZ Ribas, Alberto; Manual de Laboratorio de Ingeniería en Alimentos, Editorial Acirbia 2000, Zaragoza – España. Páginas 71 - 88.

[4] CAMPODONICO, Mario; DÍAZ, Miguel Ángel; VERAS, Arnaldo Ignacio; CÁCERES, Roberto; Experiencia y perspectivas en América Latina sobre alcohol carburante, Editorial OLADE, 1984.

[5] CAFFERATTA, Néstor A.; Introducción al derecho ambiental, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Buenos Aires – Argentina, 2003.

[6] CANTIDAD DE ALCOHOL ETILICO PRODUCIDO EN EL ECUADOR SE ENCUENTRA DISPONIBLE EN: <http://www.micip.gov.ec/>

[7] CUBERO, N.; MONFERRER, A.; VILLALTA, J.; Aditivos Alimentarios, Editorial Mundi-Prensa, Madrid – España, 2002.

[8] CUEVAS P, Héctor E; En la Melaza: Quinientos años de azúcar, Editorial Búho, Santo Domingo – República Dominicana, 1999.

[9] CUNNINGHAM, James G.; KLEIN, Bradley G.; Fisiología Veterinaria, Editorial Elsevier, Barcelona – España, 2009.

[10] DATOS DEL SECADOR ELEGIDO SE PUEDE ENCONTRAR EN: [www.boflovak.com](http://www.boflovak.com).

[11] DE LA HORRA Navarro, Julián; Estadística Aplicada, Editorial Díaz de Santos S.A., Madrid – España, 2003.

[12] FERNÁNDEZ Fernández, Santiago; CORDERO Sánchez, José María; CÓRDOBA Largo, Alejandro; Estadística Descriptiva, Editorial ESIC, Madrid – España, 2002.

[13] FIGUEROA, Vilda (IIP); SÁNCHEZ, Manuel (FAO); Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal, Estudio FAO Producción y Sanidad Animal, Roma, 1997, Página 421.

[14] GEANKOPLIS, C.J.; Procesos De Transporte Y Operaciones Unitarias. Editorial CECSA, Tercera Edición, México. 1998.

[15] Industrialización Integral de los residuos de cervecería. Evaluación de alternativas tecnológicas. Patricia López de Serrano de la Unidad de Evaluación Tecnológica del Centro de desarrollo Industrial del Ecuador.

[16] ORTÍZ Ríos, Carlos Daniel; Guía para alimentación animal y elaboración de concentrados, Convenio Andrés Bello, Bogotá – Colombia.

[17] PARÉS, Ramón; JUÁRES, Antonio; Bioquímica de los microorganismos, Editorial Reverté S.A., Barcelona – España, 1997, Página 42.

[18] PERRY, R.H.; GREEN, D.W.; MALONEY, J.O.; Perry's Chemical Engineers' Handbook. Editorial McGraw-Hill, Séptima Edición, Estados Unidos, 1999.

[19] SANTAMARINA Siurana, María Pilar; GARCIA Breijo, Francisco José; ROSELLÓ Caselles, Josefa; Biología y Botánica, Editorial Servicios de Publicaciones, Valencia – España, 1997.

[20] SUBIROS Ruíz, Fermín; El cultivo de la caña de azúcar, Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José – Costa Rica, 1995, Páginas 12 – 13.

[21] TEJERO, F., (1999). La Levadura En La Panadería. [www.molineriaypanaderia.com](http://www.molineriaypanaderia.com)

[22] TREYBAL, R.E.; Operaciones De Transferencia De Masa. Editorial McGraw- Hill, Segunda Edición, México. 1997.

