

**▶ CAPACITACIÓN EN VIVO**

**Solución de problemas de calidad en destilados de agave mediante carbones activados [Parte 2]**

**HORA CDMX 10:00 AM.**

**25 marzo MARTES**

Presentado por:  
**GERMÁN GROSO**



**Carbotecnia**  
PURIFICACIÓN AVANZADA



En el webinar anterior vimos que en las distintas fases del proceso de producción de un destilado de agave pueden ocurrir eventualidades que generen un problema en el destilado final.



## Corrección de parámetros

Procesos de corrección

intercambio iónico

destilación

filtración en diversos medios

filtración en frío

carbón activado

## Problemas en un destilado de agave



Los problemas en un destilado pueden tener relación con el incumplimiento en algún parámetro normado o pueden ser organolépticos. Es posible que el incumplimiento con un parámetro normado también tenga un efecto organoléptico.

**TABLA No. 1.- ESPECIFICACIONES FISICOQUIMICAS (SOLO PARÁMETROS ORGÁNICOS) DEL TEQUILA**

Parámetros	Tequila Blanco		Tequila Joven u Oro		Tequila Reposado		Tequila Añejo		Tequila Extra añejo		Método de Ensayo (Puntos) (1)
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
Contenido alcohólico a 20 °C. (% Alc. Vol.)	35	55	35	55	35	55	35	55	35	55	NMX-V-013-NORMEX
Extracto seco (g/l)	0	0,30	0	5	0	5	0	5	0	5	NMX-V-017-NORMEX
Valores expresados en mg/100 ml de Alcohol Anhidro											
Alcoholes superiores (alcoholes de masa molar superior al alcohol etílico como alcohol isoamílico)	20	500	20	500	20	500	20	500	20	500	NMX-V-005-NORMEX(3)
Metanol (2)	30	300	30	300	30	300	30	300	30	300	NMX-V-005-NORMEX
Aldehídos (como acetaldéhid)	0	40	0	40	0	40	0	40	0	40	NMX-V-005-NORMEX
Ésteres (como acetato de etilo)	2	200	2	200	2	250	2	250	2	250	NMX-V-005-NORMEX
Furfural	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	NMX-V-004-NORMEX

(1) Véase capítulo 3, Referencias.  
 (2) El parámetro mínimo puede disminuir si el productor de Tequila demuestra al Organismo Evaluador de la Conformidad, que cuenta con un método viable para reducir el contenido de metanol.  
 (3) Para la determinación de Alcoholes superiores en esta norma, sólo se permite el método por Cromatografía de Gases, debido a que el método espectrofotométrico (vía húmeda) no cuantifica el n-propanol presente en las muestras (ello para evitar que haya mucha diferencia en los resultados de alcoholes superiores debido al método utilizado en el laboratorio (cromatográfico o vía húmeda).

**Especificaciones fisicoquímicas de parámetros orgánicos NOM-006-SCFI-2012**

Las normas oficiales mexicanas que actualmente aplican a destilados de agave son la NOM-006-SCFI-2012, que corresponde a tequila y que limita los parámetros fisicoquímicos que menciona la tabla de la imagen.

**NOM-070-SCFI-2016**

**Tabla2-ESPECIFICACIONES FISICOQUÍMICAS MEZCAL**

Especificaciones	Unidades	Mínimo	Máximo	Norma aplicable
Alcohol Volumen a 20 °C	% Alc. Vol.	35	55	NMX-V-013-NORMEX-2013 (Ver 2.6)
Extracto Seco	g/L de Mezcal	0	10	NMX-V-017-NORMEX-2014 (Ver 2.7)
Alcoholes Superiores	mg/100 mL de Alcohol anhidro	100	500	NMX-V-005-NORMEX-2013 (Ver 2.5)
Metanol	mg/100 mL de Alcohol anhidro	30	300	NMX-V-005-NORMEX-2013 (Ver 2.5)
Furfural	mg/100 mL de Alcohol anhidro	0	5	NMX-V-004-NORMEX-2013 (Ver 2.4)
Aldehidos	mg/100 mL de Alcohol anhidro	0	40	NMX-V-005-NORMEX-2013 (Ver 2.5)
Plomo (Pb)	mg/L	-	0,5	NMX-050-NORMEX-2010 (Ver 2.8)
Arsénico (As)	mg/L	-	0,5	NMX-050-NORMEX-2010 (Ver 2.8)

La NOM-070-SCFI-2004 que corresponde a mezcal.

## NOM-168-SCFI-2004

Tabla No. 1 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS BACANORA

Parámetros	Especificaciones mínimas	Especificaciones máximas	Método de prueba
Contenido Alcohólico a 293 K (20°C) (%Alc. Vol.)	38	55	NOM-142-SSA1 o NMX-V-013-NORMEX
Extracto Seco g/l	0.2	11	NMX-V-017-NORMEX
Acidez Total (como ácido acético) (mg/100 ml de alcohol anhidro)	0	170	NMX-V-016-S
Metanol (mg/100 ml de alcohol anhidro)	30	300	NOM-142-SSA1 o NMX-V-021-1986
Alcoholes superiores (mg/100 ml de alcohol anhidro)	100	400	NOM-142-SSA1 o NMX-V-014-1986
Aldehídos (mg/100 ml de alcohol anhidro)	---	40	NOM-142-SSA1 o NMX-V-005-NORMEX
Furfural (mg/100 ml de alcohol anhidro)	---	4	NOM-142-SSA1
Ésteres (acetato de etilo)	2	200 (250 si es reposado o añejo)	NOM-142-SSA1
<b>Límite máximo</b>			
Cobre (Cu) (mg/l)	2		NOM-142-SSA1
Plomo (Pb) (mg/l)	0.5		NOM-142-SSA1
Arsénico (As) (mg/l)	0.5		NOM-142-SSA1
Zinc (Zn) (mg/l)	1.5		NOM-142-SSA1

Y la NOM-168-SCFI-2004 que aplica a bacanora. Está en proyecto de norma PROY-NOM-257-SE-2021, para otro destilado de agave, que es la raicilla. Y existe la NOM-159-SCFI-2004 para el sotol y cuyas especificaciones fisicoquímicas son similares a las de tequila, mezcal y bacanora.

### Parámetros orgánicos con límites establecidos por las normas oficiales mexicanas

	TEQUILA	MEZCAL	BACANORA
Alcoholes superiores	20 - 500	100 - 500	100 - 400
Metanol	30 - 100	30 - 100	30 - 100
Aldehídos (como acetaldehído)	0 - 40	0 - 40	0 - 40
Furfural	0 - 4	0 - 5	0 - 4
Ésteres (como acetato de etilo)	2 - 200 (250)		2 - 200
Acidez total (como ácido acético)			0 - 170

Parámetros en mg/100 ml de alcohol anhidro.

“alcohol anhidro” se refiere únicamente a etanol, y a 20°C

La graduación de las bebidas alcohólicas se reporta en “% de etanol a 20°C”

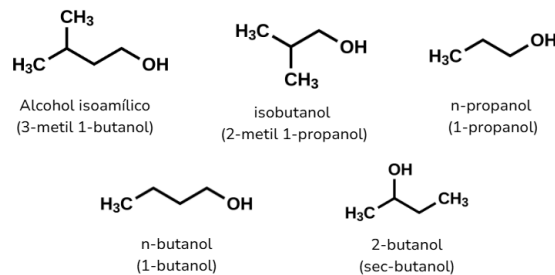
Obsérvese que todos los parámetros se reportan en “mg/100 ml de alcohol anhidro”. Por “alcohol anhidro” se refiere solamente al etanol, y a 20°C. Esto es fundamental para asegurar uniformidad y trazabilidad analítica entre laboratorios, productores y autoridades reguladoras. Obsérvese también que no todos los parámetros únicamente limitan una concentración máxima. Algunos también limitan la concentración mínima. Esta concentración mínima puede ser garantía de una huella de autenticidad (por ejemplo, es inevitable la formación de cierta concentración de metanol cuando se produce un destilado de agave) o puede tener el propósito de asegurar cierta complejidad deseable en el perfil de la bebida.

## Principales alcoholes superiores presentes en destilados de agave

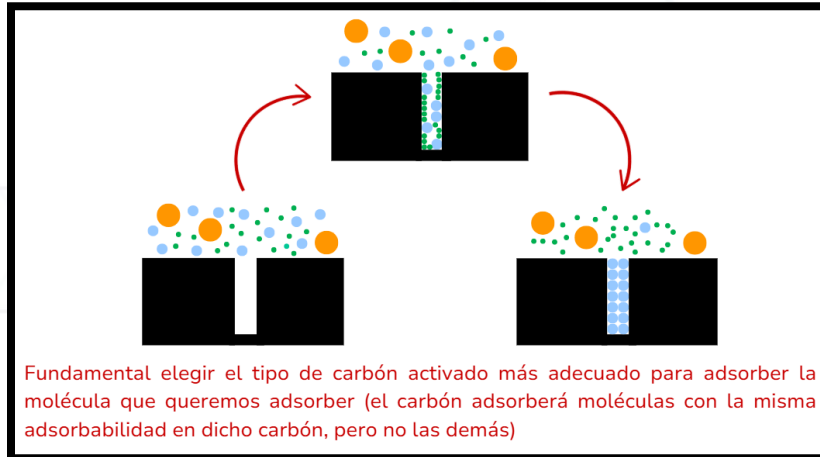
Alcohol superior	Nombre químico	Fórmula	Olor / sabor característico	Presencia típica
Alcohol isoamílico	3-metil-1-butanol	$C_5H_{12}O$	Levadura, plátano, solvente ligero	Mayoritario (~50% de los alcoholes superiores)
Isobutanol	2-metil-1-propanol	$C_4H_{10}O$	Químico, frutal punzante	Común
n-propanol	1-propanol	$C_3H_8O$	Dulzón, alcohólico suave	Común
n-butanol	1-butanol	$C_4H_{10}O$	Quemado, áspero	Menor proporción
2-butanol	sec-butanol	$C_4H_{10}O$	Disolvente, ligeramente dulce	Raro

Los alcoholes superiores aportan una complejidad deseable dentro del rango que contemplan las normas, y generan aromas indeseables y sensaciones trigeminales, también indeseables (ásperas, punzantes, irritantes) cuando están presentes en exceso. El exceso de alcoholes superiores se forma cuando, durante la fermentación, las levaduras encuentran poca disponibilidad de azúcares fermentables y un exceso de aminoácidos libres (nitrógeno). En estas condiciones, activan la ruta de Ehrlich, desaminando aminoácidos para obtener energía y carbono, lo que produce alcoholes superiores como subproductos. Este desequilibrio suele darse por el uso de agaves inmaduros, mostos diluidos, temperaturas altas o levaduras estresadas. También puede deberse a una fermentación prolongada o contaminada, o a la inclusión de fibras ricas en nitrógeno (bagazo). El resultado es un destilado con más aspereza, ardor y aroma disolvente.

## Principales alcoholes superiores presentes en destilados de agave



- Todos moderadamente adsorbibles: baja masa molar, aunque suficiente.
- Todos de polaridad moderada.
- Carbón activado más adecuado: predominantemente microporoso y con cierta funcionalización superficial (oxidación moderada).



## Furfural

Se forma a partir de azúcares de 5 carbonos (pentosas) presentes en:

- Hemicelulosa de la fibra del agave (particularmente en las pencas).
- Componentes del bagazo (rica en xilanos y arabinanos).

Aumenta su formación por:

- Cocción prolongada a alta temperatura.
- Ambiente ácido durante la cocción.
- Presión elevada (autoclaves más controlados).
- Exceso de fibras o pencas en las piñas.
- Destilación agresiva (colas sobrecalentadas).
- Uso de bagazo en fermentación o destilación.

El Furfural se forma a partir de azúcares de 5 carbonos (pentosas) presentes en:

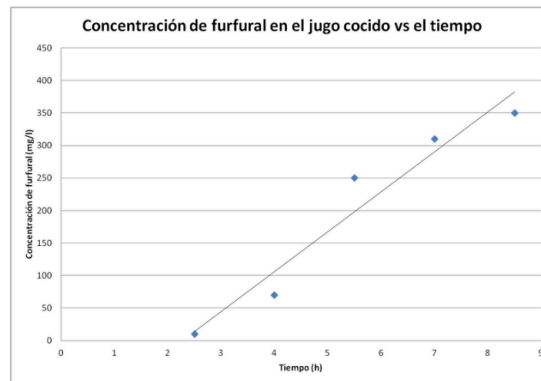
- Hemicelulosa de la fibra del agave (particularmente en las pencas).
- Componentes del bagazo (rica en xilanos y arabinanos).

Cuando se someten a altas temperaturas y condiciones ácidas, estos azúcares sufren deshidratación térmica y producen furfural.

Condición	Efecto sobre furfural
Cocción prolongada a alta temperatura (>100 °C)	Aumenta descomposición de hemicelulosa
Ambiente ácido durante cocción	Cataliza deshidratación de pentosas
Presión elevada (autoclaves mal controlados)	Acelera la formación de furfural

Condición	Efecto sobre furfural
Exceso de fibra o pencas en la piña	Mayor carga de pentosas → más sustrato para furfural
Destilación agresiva (colas sobrecalentadas)	Arrastre de furfural al destilado
Uso de bagazo en fermentación y destilación	Aporta precursores y puede liberar furfural si hay sobrecalentamiento

## Formación típica de furfural durante la cocción



## ¿Cómo se percibe organolépticamente el furfural?

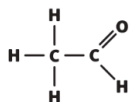
Aroma: almendrado, tostado, ligeramente amargo, como pan quemado o azúcar caramelizada en exceso.

En exceso: da notas de quemado o madera carbonizada, y puede ser un defecto grave si enmascara los aromas del agave.

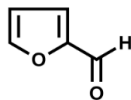
## Principales aldehídos presentes en destilados de agave

Aldehído	Nombre químico	Origen	Olor / efecto sensorial
Acetaldehído	Etanal	Subproducto de la fermentación del etanol	Punzante, etéreo, afrutado, a veces desagradable
Furfural	2-Furaldehído	Descomposición térmica de pentosas (fibra vegetal)	Tostado, almendrado, quemado
Formaldehído	Metanal (muy raro)	Puede generarse en condiciones muy extremas o adulteración	Irritante, altamente tóxico
Propionaldehído	Propanal	Subproducto de fermentación secundaria	Picante, acre
Isovaleraldehído	3-metilbutanal	Degradación de leucina (ruta de Ehrlich)	Afrutado, a plátano verde, fermentativo
Fenilacetaldéhidido	2-feniletanal	Degradación de fenilalanina	Floral, dulce (similar a jacinto o miel)

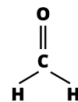
## Principales aldehídos superiores presentes en destilados de agave



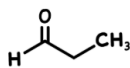
Acetaldehído



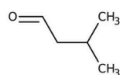
Furfural



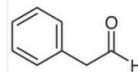
Formaldehído



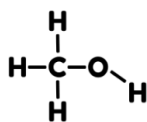
Propionaldehído



Isovaleraldehído



Fenilacetaldéhidido



## Metanol

El metanol se forma inevitablemente como subproducto natural durante la fermentación alcohólica, principalmente por la descomposición de pectinas contenidas en las paredes celulares del agave, especialmente en las pencas y en la fibra (bagazo).

- Masa molar demasiado baja. Altamente polar.
- Para adsorberse, requiere un carbón activado de poro muy pequeño y muy funcionalizado.

Aumenta la formación de metanol debido a:

- Fermentación con demasiada fibra vegetal (bagazo o pencas).
- Fermentación de residuos vegetales industriales (como frutas fermentadas, residuos de otras industrias).
- Destilación sin fraccionamiento adecuado (el metanol hierve a 64.7 °C y debe eliminarse en las fracciones de cabeza).
- Adulteración intencional con metanol industrial

## Toxicidad de metanol

El metanol no es muy tóxico por sí mismo, pero su metabolismo en el hígado lo convierte en ácido fórmico y formaldehído, que son altamente tóxicos para el sistema nervioso central y el nervio óptico.

Dosis letales (por ingestión): tan solo 10–30 ml de metanol puro pueden causar ceguera irreversible o la muerte si no se trata rápidamente. El metanol está clasificado, por su toxicidad aguda, como Altamente Tóxico.

## Problemas en estilados de agave que hemos resuelto exitosamente

- Furfural
- Metanol
- Aldehidos
- Aromas desagradables (ácido butírico y caprónico; aromas lácticos)
- Ftalatos
- Ácidos orgánicos (que provocan turbiedad al diluir o al enfriar)
- Color (producir tequilas cristalinos sin rasurar la bebida)
- Obtener un destilado totalmente neutro.

Estos son el tipo de problemas en destilados de agave que hemos resuelto en Carbotecnia. El penúltimo caso es el de producción de tequilas cristalinos: en asociación con Casa Aceves, hemos desarrollado un método para decolorar el tequila añejo, extra-añejo o reposado, tratando de evitar disminuir lo más posible el perfil organoléptico. El penúltimo caso es en el que se busca obtener un destilado totalmente neutro, por alguna razón del productor del destilado.

**Corrección de furfural en bacanora**

CONACYT		INFORME DE RESULTADOS.		CIATEJ	
Fecha de emisión: 2018-06-07				US 1801650/2018	
<b>Cliente:</b> Carbotecnia S.A. de C.V. Calle B 2105 A El Tigre, C.P. 45134 Zapopan, Jalisco			Antonio López carbotecnia@carbotecnia.com.mx  <b>Muestra sin tratar.</b>		
<b>Información de la muestra:</b> Producto: Mezcal Descripción: 11 Lote 4.1 Palumoro Fecha: 25/04/18			Fecha de recepción: 2018-05-29 Muestreado/Fecha: Por el cliente/NA Fecha de ensayo: 2018-05-31 al 2018-06-07		
Resultados de Análisis					
Determinación	Resultado	Unidad	Método	Analizado	
Alcohol volumen a 20° C	42.5	% de alcohol vol.	NMX-V-013-2013	JLPS	
Alcoholes superiores	395.46	mg/100 mL A.A.	NMX-V-005-NORMEX-2013	JLPS	
Aldehidos	26.91	mg/100 mL A.A.	NMX-V-005-NORMEX-2013	JLPS	
Extracto seco	0.05	g/L	NMX-V-017-NORMEX-2014	JLPS	
Furfural	65.39	mg/100 mL A.A.	NMX-V-004-2013	JLPS	
Metanol	397.07	mg/100 mL A.A.	NMX-V-005-NORMEX-2013	JLPS	
Arsénico	<0.5	mg/L	NMX-V-050-NORMEX-2010	GRM	
Plomo	<0.5	mg/L	NMX-V-050-NORMEX-2010	GRM	

Observaciones:  
 El informe de resultados sólo aplica a las muestras sometidas a ensayo.  
 El informe de resultados no debe reproducirse en forma parcial, únicamente podrá reproducirse en su totalidad con autorización por escrito del CIATEJ, A.C.  
 El signo comercial es una marca TM antes la línea de ensayo a la norma NOM-008-SCFI-2012.  
 Contemplar fecha y autorización del/los solicitante dentro de 30 días hábiles.

La imagen presenta el análisis de un bacanora que no cumple con dos parámetros que establece la NOM correspondiente: furfural (la máxima concentración permitida es 4 mg/100 ml de AA) y metanol (la máxima concentración permitida es 100 mg/100 ml de AA). El productor acudió a Carbotecnia con el objeto de corregir mediante carbón activado el parámetro de furfural hasta un nivel en el que cumpliera con la norma

CONACYT		INFORME DE RESULTADOS.		CIATEJ	
Fecha de emisión: 2018-06-07				US 1801650/2018	
<b>Cliente:</b> Carbotecnia S.A. de C.V. Calle B 2105 A El Tigre, C.P. 45134 Zapopan, Jalisco			Antonio López carbotecnia@carbotecnia.com.mx  <b>Dosis 1g/L</b>		
<b>Información de la muestra:</b> Producto: Mezcal Descripción: 2) Lote 4.2 Tratado Palumoro Fecha: 25/04/18			Fecha de recepción: 2018-05-29 Muestreado/Fecha: Por el cliente/NA Fecha de ensayo: 2018-05-31 al 2018-06-07		
Resultados de Análisis					
Determinación	Resultado	Unidad	Método	Analizado	
Alcohol volumen a 20° C	41.7	% de alcohol vol.	NMX-V-013-2013	JLPS	
Alcoholes superiores	387.19	mg/100 mL A.A.	NMX-V-005-NORMEX-2013	JLPS	
Aldehidos	29.26	mg/100 mL A.A.	NMX-V-005-NORMEX-2013	JLPS	
Extracto seco	0.35	g/L	NMX-V-017-NORMEX-2014	JLPS	
Furfural	60.02	mg/100 mL A.A.	NMX-V-004-2013	JLPS	
Metanol	245.32	mg/100 mL A.A.	NMX-V-005-NORMEX-2013	JLPS	
Arsénico	<0.5	mg/L	NMX-V-050-NORMEX-2010	GRM	
Plomo	<0.5	mg/L	NMX-V-050-NORMEX-2010	GRM	

Observaciones:  
 El informe de resultados sólo aplica a las muestras sometidas a ensayo.  
 El informe de resultados no debe reproducirse en forma parcial, únicamente podrá reproducirse en su totalidad con autorización por escrito del CIATEJ, A.C.  
 El signo comercial es una marca TM antes la línea de ensayo a la norma NOM-008-SCFI-2012.  
 Contemplar fecha y autorización del/los solicitante dentro de 30 días hábiles.

Elegimos el carbón activado que, de acuerdo con nuestra experiencia, era el más adecuado para adsorber furfural. Con una dosis de 1 gramo de carbón activado por litro de destilado, la concentración de furfural pasó de su valor original (65.39 mg/100 ml de AA) a 60.02 mg/100 ml de AA.

**CONACYT** **INFORME DE RESULTADOS.** **CIATEJ**

Fecha de emisión: 2018-06-29 US 1801933/2018

**Ciente:** Carbotecnia S.A. de C.V.  
 Calle B 2105 A  
 El Tigre C.P. 45134  
 Zapopan, Jalisco

**Información de la muestra:**  
 Producto: Mezcal  
 Descripción: Lote 4  
 Densidad: 25/4/18

Antonio López  
 compras@carbotecnia.com.mx  
 Dosis 5g/L

Fecha de recepción: 2018-06-21  
 Muestreado/Fecha: For el cliente/NA  
 2018-06-21 al 2018-06-29

**Resultados de Análisis**

Determinación	Resultado	Unidad	Método	Analizado
Alcohol volumen a 20° C	37,9	% de alcohol vol.	NMX-V-013-2013	JLPS
Alcoholes superiores	355,60	mg/100 ml. A.A.	NMX-V-005-NORMEX-2013	JLPS
Aldehídos	20,73	mg/100 ml. A.A.	NMX-V-005-NORMEX-2013	JLPS
Extracto seco	<0,01	g/L	NMX-V-017-NORMEX-2014	JLPS
Furfural	12,33	mg/100 ml. A.A.	NMX-V-004-2013	JLPS
Metanol	233,07	mg/100 ml. A.A.	NMX-V-005-NORMEX-2013	JLPS
Arsénico	<0,5	mg/L	NMX-V-050-NORMEX-2010	GRM
Plomo	<0,5	mg/L	NMX-V-050-NORMEX-2010	GRM

Observaciones:  
El informe de resultados sólo aplica a las muestras sometidas a ensayo.  
El informe de resultados no debe reproducirse en forma parcial, debidamente podrá reproducirse en su totalidad con autorización por escrito del CIATEJ, A.C.  
El agua destilada es una clase "A" fuera de línea de control de la norma NOM-004-SCFI-2002.  
Cualquier duda o aclaración deberá solicitarse dentro de 20 días hábiles.

Con una dosis de carbón de 5 g/l, la concentración de furfural alcanzó un valor de 12.33 mg/100 ml de AA.

**TEQUILA.** **CONSEJO REGULADOR DEL TEQUILA, A.C.**  
**LABORATORIO**  
 Avenida Patria No 723 Col Jardines de Guadalupe, Zapopan Jalisco México C.P.45030  
 RFC. CRT931216Q31 Tel. (33)1002-1900 - 1002-1903  
 Correo Electrónico: laboratorio@ort.org.mx

**INFORME DE ENSAYO**

Análisis No. 1174074  
 Propiedad de CARBOTECNIA, S.A. DE C.V.  
 Domicilio CALLE B 2105 - A EL TIGRE ZAPOPAN JALISCO MEXICO  
 Referencia No. MUESTRA 4  
 Fecha de recepción 2018-07-10 Hora: 09:02:08  
 Muestreado por PROPIA EMPRESA Fecha de muestreo: SIN FECHA  
 Identificación BACANORA  
 Condiciones de la muestra RECIBIDA EN 1 BOTELLA DE P.E.T. CON 1 L

Dosis = 7 g/L

ENSAYO FISICOQUIMICO	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	MIN	MAX	MÉTODO	FECHA ANÁLISIS
Contenido Alcohólico a 20° C (°N. Al. Vol.)	38.719	-	-	-	NMX-V-013-NORMEX-2013 S.E. Determinación de contenido alcohólico (°N. Al. Vol.) Método por densimetría digital	2018-07-10
Densidad (g/cm³)	0.95058	-	-	-	-	2018-07-10
Extracto Seco (g/l)	0.5520	-	-	-	NMX-V-017-NORMEX-2014 S.E. Determinación de extracto seco Método gravimétrico	2018-07-10

ENSAYO FISICOQUIMICO	RESULTADO (mg/ml)	(mg/100 ml. A.A.)	INCERTIDUMBRE	MIN	MAX	MÉTODO	FECHA ANÁLISIS
Alcoholes Superiores *	1.3668	353.0	-	-	-	NMX-V-005-NORMEX-2013 S.E. Determinación de alcoholes superiores, metanol y alcoholes superiores. Método por cromatografía de gases.	2018-07-11
Metanol	0.9046	233.6	-	-	-	NMX-V-005-NORMEX-2013 S.E. Determinación de metanol, etanol, metanol y alcoholes superiores. Método por cromatografía de gases.	2018-07-11
Aldehídos	0.0681	17.6	-	-	-	NMX-V-005-NORMEX-2013 S.E. Determinación de aldehídos, acetona, metanol y alcoholes superiores. Método por cromatografía de gases.	2018-07-11
Esteres	0.0414	10.7	-	-	-	NMX-V-005-NORMEX-2013 S.E. Determinación de acetona, acetona, metanol y alcoholes superiores. Método por cromatografía de gases.	2018-07-11
Furfural	0.0284	6.9260	-	-	-	NMX-V-004-NORMEX-2013 S.E. Determinación de furfural Método por cromatografía de líquidos.	2018-07-10

NOTA: EL PRESENTE ANÁLISIS CORRESPONDE A UNA MUESTRA DE BACANORA. LOS DATOS QUE IDENTIFICAN A LA MUESTRA FUERON PROPORCIONADOS POR LA EMPRESA. MUESTRA ENVIADA A ESTE LABORATORIO PARA SU ANÁLISIS.  
Los resultados expresados en g/cm³ y en mg/ml corresponden a las unidades del Sistema General de Unidades de Medida.

Con una dosis de carbón de 7 g/l, la concentración de furfural alcanzó un valor de 6.83 mg/100 ml de AA.

**CONSEJO REGULADOR DEL TEQUILA, A.C.**  
**LABORATORIO**  
Avenida Patria No. 723 Col. Jardines de Guadalupe, Zapopan, Jalisco México C.P. 45030  
RFC: CRT931216Q31 Tel: (33)1052-1500 - 1052-1953  
Correo Electrónico: laboratorio@crt.org.mx

**INFORME DE ENSAYO**

Análisis No. 118585-I  
Propiedad de CARBOTECNIA, S.A. DE C.V. Dosis 10g/L  
Domicilio CALLE B 2105 - A EL TIGRE ZAPOPAN JALISCO MEXICO  
Referencia No. SIN NUMERO  
Fecha de recepción 2018-08-09 Hora: 15:16:32  
Muestreado por PROPIA EMPRESA Fecha de muestreo: SIN FECHA  
Identificación BACANORA  
Condiciones de la muestra RECIBIDA EN 1 BOTELLA DE P.E.T. CON 800 ml

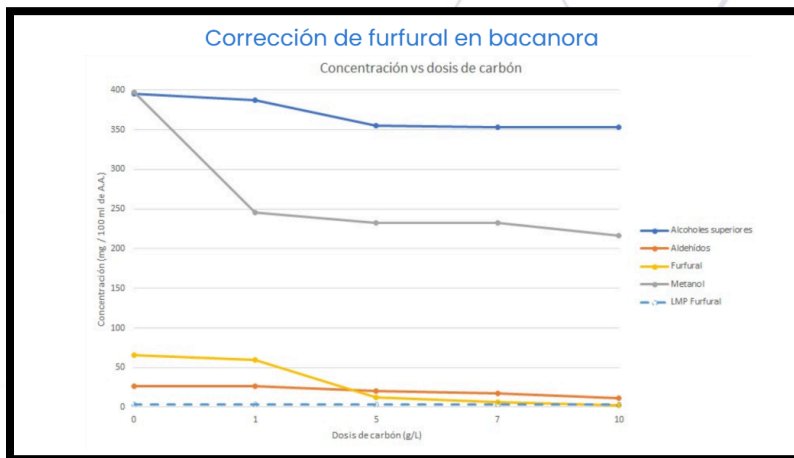
ENSAYO FISCOQUÍMICO	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	MIN	MAX	MÉTODO	FECHA ANÁLISIS
Contenido Alcohólico a 20 °C (% Alc. Vol.)	36.778	-	-	-	NMX-V-013-NORMEX-2013 E.0 Determinación del contenido alcohólico (% Alc. Vol.) Método por densímetro digital.	2018-08-10
Densidad (g/cm³)	0.853012	-	-	-	-	2018-08-10
Extracto Seco (g/l)	0.8040	-	-	-	NMX-V-017-NORMEX-2014 E.0 Determinación de extracto seco Método gravimétrico	2018-08-10

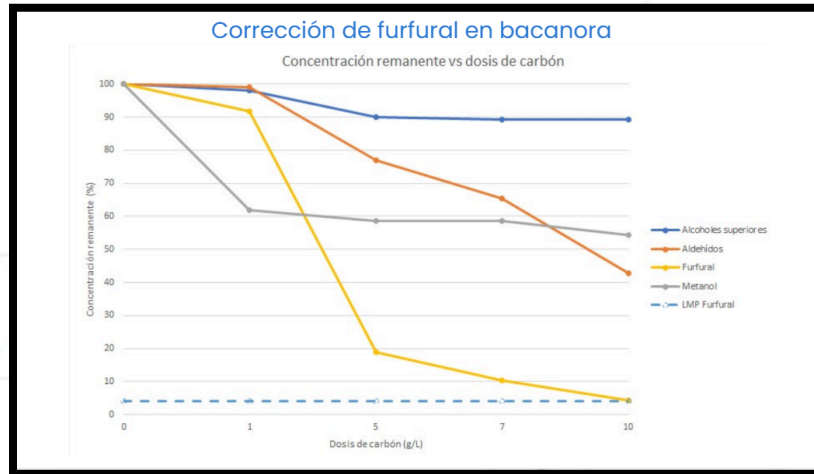
ENSAYO FISCOQUÍMICO	RESULTADO (mg/l)	INCERTIDUMBRE	MIN	MAX	MÉTODO	FECHA ANÁLISIS
Absolutos Superiores *	1.3391	364.1	-	-	NMX-V-003-NORMEX-2013 E.0 Determinación de alcohólos superiores, metanol y acetona superiores. Método por cromatografía de gases.	2018-08-10
Metanol	0.7944	216.0	-	-	NMX-V-005-NORMEX-2013 E.0 Determinación de alcohólos superiores, metanol y alcohólos superiores. Método por cromatografía de gases.	2018-08-10
Aldehídos	0.0423	11.5	-	-	NMX-V-006-NORMEX-2013 E.0 Determinación de alcohólos superiores, metanol y alcohólos superiores. Método por cromatografía de gases.	2018-08-10
Ésteres *	0.0099	2.7	-	-	NMX-V-008-NORMEX-2013 E.0 Determinación de alcohólos superiores, metanol y acetona superiores. Método por cromatografía de gases.	2018-08-10
Furfural	0.0104	2.8338	-	-	NMX-V-004-NORMEX-2013 E.0 Determinación de furfural Método por cromatografía de gases.	2018-08-10

NOTA: EL PRESENTE ANÁLISIS CORRESPONDE A UNA MUESTRA DE BACANORA. LOS DATOS QUE IDENTIFICAN A LA MUESTRA FUERON PROPORCIONADOS POR LA EMPRESA. MUESTRA ENVIADA A ESTE LABORATORIO PARA SU ANÁLISIS.

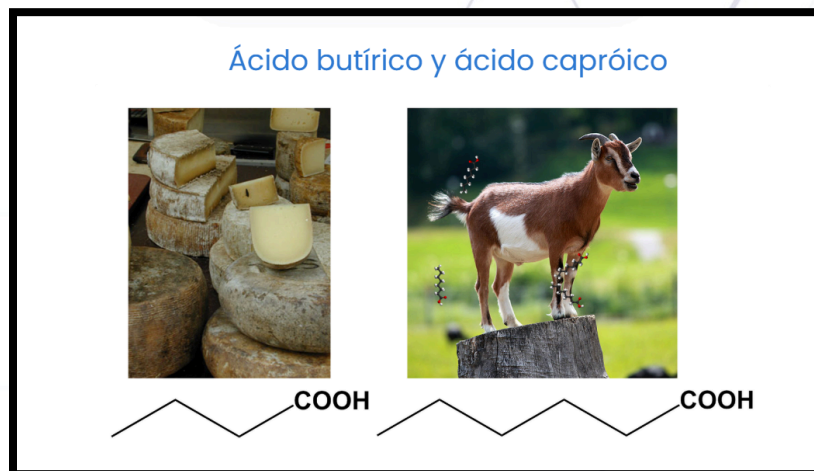
Con una dosis de carbón de 10 g/l, la concentración de furfural alcanzó un valor de 2.83 mg/100 ml de AA.



La gráfica muestra el comportamiento de los siguientes parámetros al tratar bacanora con las diversas dosis de carbón: furfural, alcoholes superiores, aldehídos y metanol. Se muestra el límite máximo permitido para el furfural (línea verde punteada). Se requirió una dosis de 10 g/l (10 gramos de carbón activado por litro de destilado) para que el furfural entrara en norma.



Esta gráfica muestra los mismos resultados que la anterior, pero en términos de concentración porcentual remanente de cada parámetro. Se observa que fue hasta una dosis de 10 g/l que el furfural disminuyó un 95% y quedó dentro de norma. En este punto, los aldehídos habían disminuido un 42%; el metanol, un 55% y los alcoholes superiores un 10%. Afectar poco a los alcoholes superiores era lo deseable.



Los ácidos butírico y caprónico se generan a partir de una fermentación láctica. El butírico tiene un olor a mantequilla rancia, mientras que el caprónico tiene un olor a cabra. Podemos observar que la diferencia entre estos dos ácidos orgánicos es solo un par de átomos de carbono agregados a la cadena principal. Hemos resuelto varios casos de estos. Uno de ellos se presentó en 100,000 litros de tequila que ya estaban en el sur de Francia. Nos enviaron una muestra del tequila con el problema. Hicimos la selección del carbón;

determinamos la dosis y generamos el procedimiento que aplicaron en el lugar para resolverlo.



## Ftalatos

Valor límite de migración específica (LME).

Para China:  
< 0.01 mg/kg de alimento o no detectable

Molécula	Abreviatura	LME mg/kg
Benzil-butil ftalato	BBP	30
Di-etil ftalato	DEP	No autorizado (<0.01)
Di-butil ftalato	DBP	0,3
Di-metil ftalato	DMP	No autorizado (<0.01)
Di-metil-iso ftalato	IDMP	0,05
Di-etilhexil ftalato	DEHP	1,5
D-n-ocil ftalato	DNOP	60
Di-iso-nonyl phtalate	DINP	60
Di-iso-decil ftalato	DIDP	60

- **Adsorbible. Masa molar media. Polaridad moderada.**
- **Carbón activado más adecuado: predominantemente microporoso y con cierta funcionalización superficial (oxidación moderada).**

Los ftalatos, son una familia de compuestos que comparten un grupo funcional. Son agentes “plastificantes”. Producen flexibilidad en los plásticos. Si estos plásticos no se someten a un proceso de estabilización, se desprenden hacia los alimentos que entran en contacto con ellos. Los ftalatos aún no están normados en México, pero sí en otros países. China no permite importar alimentos o bebidas con más de 0.01 mg/kg, mientras que la Unión Europea permite hasta 30 mg/kg si se trata únicamente del bencil-butil ftalato. Hemos resuelto exitosamente problemas de incumplimiento de ftalatos en destilados de agave que se han exportado a China y la Unión Europea. Por lo pronto, no contamos con la autorización de los clientes a quienes hemos atendido para reportar los resultados.

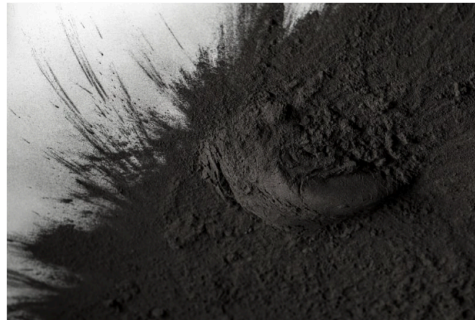
## Ácidos orgánicos



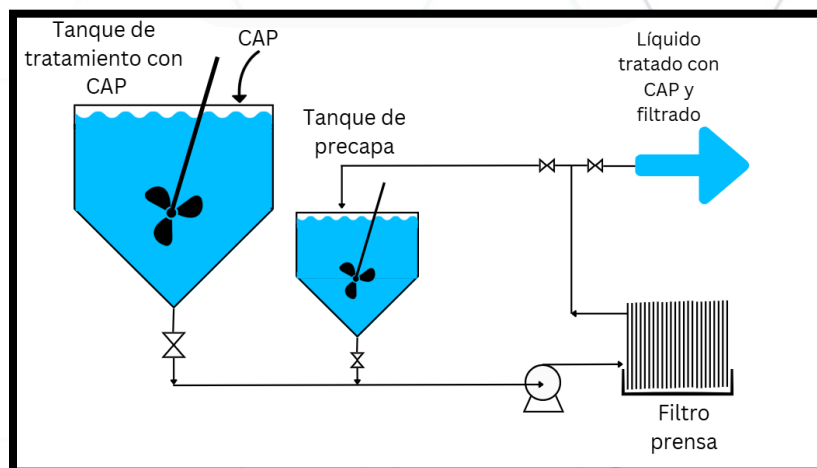
Propiedad	Medida para precipitación
Temperatura	<10°C
Disminución del %V de alcohol en la solución	<40%

Este es uno de los casos en los que un destilado de agave se torna turbio al diluir o enfriar. La botella de la izquierda es la muestra original con una graduación alcohólica del 40%. La del centro es la muestra que se enfrió en un congelador. La de la derecha es la muestra tratada con un carbón activado adecuado (de poro entre mediano y grande) y también enfriada en el congelador. Como se observa, esta última ya no presenta turbiedad. El tratamiento con carbón activado es una alternativa al tratamiento con *chiller* y filtración en celulosa. Cada método tiene sus ventajas y sus propios límites.

El carbón activado en polvo permite dosificar la cantidad exacta



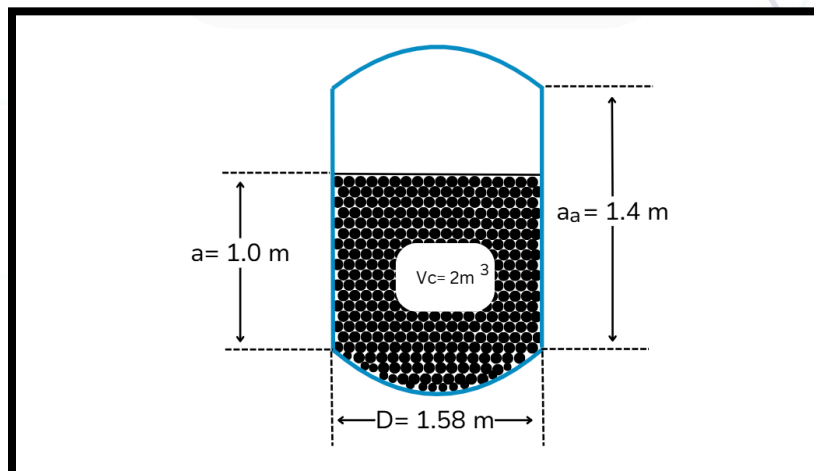
El carbón activado en polvo es ideal para resolver problemas de lotes específicos ya que se dosifica la cantidad exacta que se requiere.



Este es un diagrama típico que muestra la aplicación de carbón activado en polvo en un líquido. En el tanque de precapa se aplica el filtroayuda. En ocasiones, además de la precapa, también se dosifica cierta cantidad de filtroayuda en el líquido que se va a filtrar (el que se encuentra en el tanque grande).



Este es un filtro prensa pequeño y portátil.



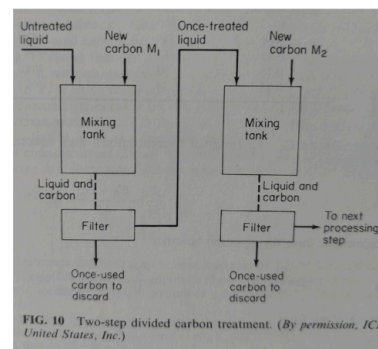
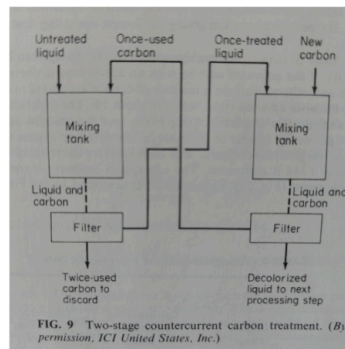
Una alternativa al carbón activado en polvo es carbón activado granular (con la misma dosis que se aplicaría de carbón activado en polvo). En este caso, hay que recircular el líquido hasta lograr un régimen permanente. El resultado obtenido es el mismo que se tendría con carbón activado en polvo. Las dimensiones de la imagen solamente quieren decir que la cantidad de carbón activado debe ser la requerida (y no más).

## Destilación fraccionada → Adsorción fraccionada



Así como existe la destilación fraccionada, también puede aplicarse una “adsorción fraccionada”, con la que se obtiene una mayor selectividad del carbón activado.

## Aplicación del CAP en dos o más pasos a contracorriente o en multidosis: una estrategia para disminuir sus consumo y aumentar su selectividad



Dicha adsorción fraccionada se logra con la aplicación del carbón activado en polvo en varios pasos, tanto en corriente paralela como a contracorriente. Esta metodología abre muchas posibilidades de optimización.

Gracias por su atención

Tel. + 52 33 3834-0906  
ventas@carbotecnia.com.mx  
ingenieria@carbotecnia.com.mx

