

3er. Paso.- Disolver la media cucharadita de miel en el vaso de agua.

4to. Paso.- Colocar en otro vaso media cucharadita de la solución preparada anteriormente.

5to. Paso.- Finalmente, agregar una cucharada de alcohol y mezclar.

## CONCLUSIONES

Una vez realizado los procedimientos de la práctica experimental, tenemos las siguientes conclusiones:

- Líquido intensamente blanco lechoso: Miel fuertemente adulterada o de muy mala calidad.

- Líquido suavemente blanco lechoso: Miel débilmente adulterada o ligeramente de mala calidad.

- Líquido limpio: Miel no adulterada o de buena calidad.

## RECOMENDACIONES

- Es preciso verificar la miel de abejas obtenida en el comercio mediante la comprobación si ésta ha sido falsificada o adulterada con glucosa, a través de los procedimientos ya mencionados anteriormente que no requieren de reactivos químicos ni instrumentos de laboratorio, solo con materiales y elementos caseros.

- Es necesario consumir la miel de abejas si no se presenta adulteración en dichos procedimientos, es decir una miel de alta o buena calidad; caso contrario desechar y/o denunciar la procedencia de la miel adulterada con glucosa a las autoridades correspondientes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- *Polaino Carlos. Manual Práctico del Apicultor. Ed. Equipo Cultural. Madrid-España, 2006.*

- *Bianchi Eduardo M. Control de Calidad de la Miel y la Cera. Ed. Servicio agrícola de la FAO. Santiago del Estero-Argentina, 1990, reimpresión 1993.*

- *Bianchi Eduardo M. Propiedades y Beneficios de los Productos de la Colmena. Ed. Talleres gráficos de Litográfica Norte. Santiago del Estero-Argentina, 1994.*

- *Kempff Mercado Noel. Flora apícola subtropical de Bolivia. Santa Cruz de la Sierra-Bolivia, 1980.*

- *Bianchi Eduardo M. Calidad de la Miel Negra. Ed. Talleres gráficos de Litográfica Norte. Santiago del Estero-Argentina, 1996.*

- *Bianchi Eduardo M. La Miel Cristalizada es Pura. Ed. Talleres gráficos de Litográfica Norte. Santiago del Estero-Argentina, 1996.*

- *Tancredi Pascual R. La Miel; un Mundo de Nuevos e Ignorados Conocimientos. Ed. San Cayetano. Buenos Aires-Argentina, 2000.*

- *Maidana José Francisco. La Miel; características y composición, análisis y adulteración. Ed. Caro Impresiones. Santiago del Estero-Argentina, 2004.*

- *Maidana José Francisco. Propóleos; características, propiedades, elaboración de subproductos y control de calidad. Ed. Caro Impresiones. Santiago del Estero-Argentina, 2004.*

- *E. Amador-M. Lozano. Manual de apicultura; guía para desarrollar una nueva actividad productiva. Ed. A&G Impresiones. Cobija-Pando-Bolivia, 2008.*

# INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

## Determinación de dextrana en productos de la industria azucarera

Determination of dextran in products of the sugar industry

Ing. Fernando Anibal García Enríquez

Dipomado en Planificación y Desarrollo de Competencias Profesionales en Educación Superior, Ing. Químico, U.A.G.R.M. Especialista Investigador de Procesos Azucareros  
ing\_fergarcia@hotmail.com

## RESUMEN

La industria azucarera es afectada por un polímero de glucosa conocido como "dextrana", sintetizado por la acción de una enzima producida por la bacteria *Leuconostoc mesenteroides*, causando serios daños en el proceso general.

Para efectuar un adecuado seguimiento al desarrollo de dextrana sobre los productos de fábrica, se aplica una técnica basada en la determinación indirecta de la concentración del polisacárido mediante espectrofotometría, tomándose como productos de referencia: el jugo de primera presión, el jugo clarificado, el melado, la melaza, y el azúcar. A su vez, estos análisis fueron realizados en tres diferentes épocas de zafra: en mayo, agosto y noviembre. Durante el mes de mayo, el desarrollo de dextrana fue inicialmente bajo: de 466,9 mg/Bx en jugo de primera presión a 1061,6 mg/Bx en jugo clarificado aumentando hasta 7910,7 mg/Bx en la melaza. El mes de agosto se inicia con 714,4 mg/Bx en el jugo de primera presión, alcanzando 4919,8 mg/Bx en la miel final.

Finalmente, el mes de noviembre, el desarrollo de dextrana es mucho más violento que los anteriores meses, con 2350 mg/Bx en el jugo de primera presión, llegando hasta 23745,2 mg/Bx en su melaza y 1801 mg/Bx en el azúcar, efectos causados por el mal estado de la caña utilizada en el proceso.

**Palabras claves:** Dextrana, caña, azúcar, espectrofotometría, análisis, zafra.

## ABSTRACT

The sugar industry is affected by a glucose polymer known as "dextran", synthesized by the action of an enzyme produced by the bacterium *Leuconostoc mesenteroides*, causing serious damage to the overall process.

In order to properly follow the development of dextran on the factory products, a technique based on the indirect determination of the polysaccharide concentration by spectrophotometry is applied, taking as reference products: first pressure juice, clarified juice, molasses, Molasses, and sugar. In

turn, these analyzes were carried out in three different seasons of harvest: in May, August and November.

During the month of May, the development of dextran was initially low: from 466.9 mg / Bx in first-pressure juice to 1061.6 mg / Bx in clarified juice increasing to 7910.7 mg / Bx in molasses. The month of August starts with 714.4 mg / Bx in the first pressure juice, reaching 4919.8 mg / Bx in the final honey. Finally, in November, the development of dextran is much more violent than in previous months, with 2350 mg / Bx in the first pressure juice, reaching 23745.2 mg / Bx in its molasses and 1801 mg / Bx in the Sugar, effects caused by the poor condition of the cane used in the process.

**Keywords:** Dextrana, sugar cane, spectrophotometry, analysis, harvesting

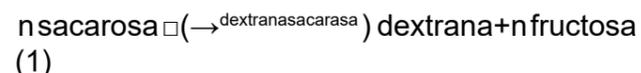
## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 La dextrana y sus efectos

En 1861, Pasteur demostró que ciertos microorganismos podían transformar las moléculas de sacarosa en gomas, afectando sensiblemente a la industria azucarera. Años más tarde, en 1878, el científico Van Tieghen logró aislar esos microorganismos, a los que les dio el nombre de *Leuconostoc mesenteroides*, los que además demostraron ser Grampositivos y anaerobios facultativos.

El año 1906, Scheiber separó esos polímeros, dándoles el nombre genérico de “dextranas”. Así, con el término de “dextrana” se hace referencia a todos los polímeros de glucosa que contienen cantidades importantes de residuos  $\alpha$ -D-glucopiranosos ligados en ( $\alpha 1 \rightarrow 6$ ) al menos en un 50%, aunque también pueden presentar ramificaciones ( $\alpha 1 \rightarrow 3$ ), y hasta ( $\alpha 1 \rightarrow 2$ ) o ( $\alpha 1 \rightarrow 4$ ). A saber, la bacteria produce una enzima extracelular llamada

“dextranasacarasa”, la misma que hidroliza la sacarosa y produce el polisacárido de acuerdo con la siguiente reacción:



Para la síntesis de dextrana, y a diferencia de los mecanismos clásicos de síntesis de polisacáridos, no se requiere de cofactores, tampoco de monómeros activados. La energía para su síntesis, proviene exclusivamente de la hidrólisis del enlace glucosídico de la sacarosa. Por lo general, estos polímeros alcanzan un peso molecular superior a 2 millones g/mol.

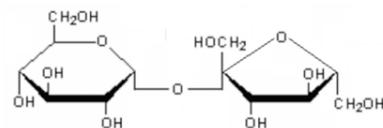


Figura 1. Estructura molecular de la sacarosa

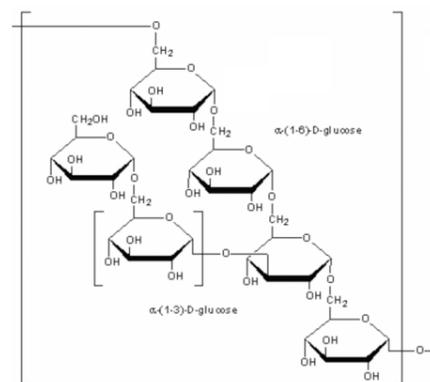


Figura 2. Estructura molecular de la dextrana (con ramificación  $\alpha 1 \rightarrow 3$ )

Sin embargo, la formación de dextrana no se inicia en fábrica de azúcar, sino que tiene su origen en los cultivos de caña, donde la bacteria *Leuconostoc mesenteroides* encuentra todas las condiciones favorables para la biosíntesis del polímero, alojándose en la savia de la planta o atacándola posteriormente al ser dañada su corteza, y cuya agresión es más intensa cuanto mayor es el nivel de exposición del tejido interno

hacia el medio ambiente.

Físicamente, la dextrana rota el plano de luz polarizada hacia la derecha con mayor poder que la sacarosa (alrededor del 7%), de manera que al realizar los análisis correspondientes a los productos de fábrica, podrían obtenerse valores falsos de pol, es decir, dextrana en lugar de sacarosa, sin poder diferenciarlas inmediatamente y con el cálculo erróneo de sacarosa.

Las soluciones de dextranas tienen comportamiento reológico no newtoniano, de tipo pseudoplástico.

Para la industria azucarera, la presencia de dextrana es doblemente perjudicial, toda vez que durante subbiosíntesis no solamente se consume la sacarosa de manera irreversible, con la consecuente merma del rendimiento productivo, sino que además ocasiona lesiones mecánicas sobre la fábrica de azúcar.

La formación de dextrana provoca un apreciable incremento de la viscosidad sobre el fluido afectado, disminuyendo el número de Reynolds, y en consecuencia, su velocidad de flujo, alterando así las condiciones sobre las que fue diseñado el proceso azucarero; taponamiento de tuberías y bombas con las consiguientes pérdidas por fricción en accesorios, son sólo algunas de las complicaciones frecuentemente presentes. Asimismo, es bastante notoria la reducción de velocidad en la precipitación de impurezas durante las operaciones de clarificación de jugo, formando además lodos más “ligosos” y desfavorables para los procesos de filtración. Pero además, el jugo clarificado con elevado contenido de dextrana produce incrustaciones en las calandrias del sistema de evaporación, con el consiguiente aumento del consumo de vapor de escape y la obtención de melado con baja concentración de sólidos. El tiempo de cocción de las masas también se incrementa debido al difícil agotamiento que implica la etapa de cristalización; esta demora

se hace más extendida durante la centrifugación y purga, requiriéndose mayor lavado para la eliminación de mieles, las que serán obtenidas en mayor cantidad para su retorno al proceso. Las dificultades ocasionadas por la presencia de dextrana, en todo el proceso azucarero, exigen el permanente control de la materia prima en el campo; pero así también debe realizarse un seguimiento sobre los productos de fábrica. Para ello es preciso aplicar una técnica de análisis que de manera rápida y reproducible, pueda ser extendida a las diferentes etapas del proceso.

### 1.2 Técnica para análisis de dextrana

Se hace uso del método aplicado en los laboratorios de análisis de Empresas Zillo Lorenzetti (Brasil) para la determinación de dextrana en azúcar y productos de fábrica mediante espectrofotometría.

#### a) Materiales:

Balanza analítica  
Nueve matraces de 50 ml  
Dos matraces de 25 ml  
Dos matraces de 100 ml  
Baño María  
Estufa eléctrica  
Cubeta de vidrio de 40 mm  
Espectrofotómetro  
Refractómetro  
Equipo de filtración al vacío  
Filtro de membrana 0,45  $\mu$ m, diámetro 0,47 mm  
Papel filtro Watman  
Vasos de precipitado  
Dos Buretas de 25 ml  
Dos pipetas graduadas de 10 ml  
Una piseta (para agua destilada)  
Una piseta (para etanol)

**b) Reactivos**

- Alcohol etílico 95° GI
- Solución de uso de Dextrana – 0,8 mg/ml
- Solución de uso de Dextrana – 0,08 mg/ml
- Solución de Acido Tricloroacético (TCA) – 10%
- Solución de Sacarosa/TCA
- Agua demonizada
- Etanol 95° GI
- Enzima α-amylasa

**1.2.1 Construcción de la curva de calibración**

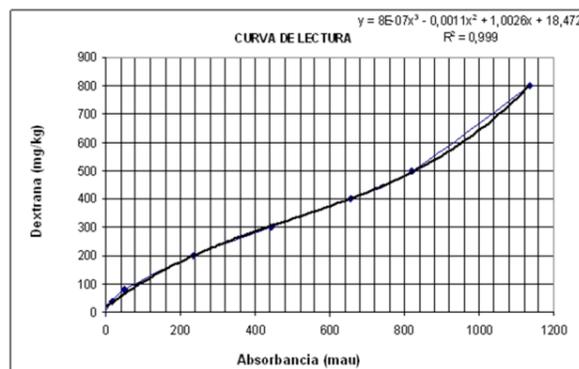
- Separar nueve matraces de 50 ml, y luego de enumerarlos, adicionar los reactivos indicados según la tabla siguiente, obteniendo las concentraciones de 0, 40, 80, 200, 300, 400, 500 y 800 mg/kg de dextrana:

Nº Matraz	Solución Sacarosa / TCA (ml)	Solución Dextrana		Agua desionizada (ml)	Concentración Dextrana (mg/kg)
		0,08 mg/ml (ml)	0,8 mg/ml (ml)		
1	8,0	0,0	-	4,5	0
2	8,0	2,0	-	2,5	40
3	8,0	4,0	-	0,5	80
4	8,0	-	1,0	3,5	200
5	8,0	-	1,5	3,0	300
6	8,0	-	2,0	2,5	400
7	8,0	-	2,5	2,0	500
8	8,0	-	4,0	0,5	800
9	8,0	-	-	17,0	Blanco

**Tabla 1.** Banco de muestras de dextran as patrón

- La solución contenida en el matraz Nº 9 será la prueba en blanco.
- Con una bureta, en el resto de los matraces añadir 12,5 ml de etanol absoluto, agitando lentamente. El tiempo de adición de etanol en cada matraz debe estar ente 30 segundos y 60 segundos.
- Agitar cada matraz y dejar reposar 20 min ± 1 min.
- Leer las absorbancias de las soluciones a 720 nm, ajustando en cero el espectrofotómetro con la prueba en

- blanco.
- Utilizar una cubeta de 40 mm de camino óptico para todas las muestras. Registrar las lecturas.
- Construir la curva de calibración; eje x: Absorbancia (mau), eje y: Concentración de dextrana (mg/kg).



**Fig. 3** Curva de calibración obtenida para la determinación de dextrana

**1.2.2 Desarrollo de la técnica analítica**

Esta técnica se aplica a azúcar blanco, moreno y jugos en proceso.

- Pesar 32,0 g ± 0,10 g de muestra en vaso precipitado de 100 ml, adicionar 50 ml de agua destilada, disolver y trasvasar cuantitativamente a un matraz de 100 ml.
- Adicionar tres gotas de enzima α-amylasa y mezclar
- Tapar el matraz y llevar a baño maría a 55 °C ± 5 °C por 15 min ± 2 min. Enfriar a temperatura ambiente (con agua corriente).
- Adicionar 10 ml de solución TCA al 10 %, y enrazar el matraz con agua destilada, tapar y mezclar.
- Pre-filtrar la mezcla con papel filtro común (medir el Bx).
- Montar el equipo de filtración al vacío

- Tomar el líquido pre-filtrado y filtrarlo con membrana 0,45 µm (al vacío).
- Recuperar el líquido filtrado, y con una bureta de 25 ml, transferir 12,5 ml en cada uno de los dos matraces de 25 ml.
- Asignar a cada matraz, por “A” y “B” respectivamente.
- En el matraz “B”, adicionar 12,5 ml de agua destilada (prueba en blanco).
- En el matraz “A”, adicionar 12,5 ml de etanol absoluto en un tiempo de 30 a 60 seg, con movimientos circulares.
- Mezclar lentamente ambos matraces (tres veces), y dejar reposar 20 min ± 1 min.
- Ajustar en cero el espectrofotómetro utilizando la solución del matraz “B” (prueba en blanco), a 720 nm con celda de 40 mm.
- Realizar lectura de la absorbancia de la solución del matraz “A”.
- Registrar dato.
- Determinar dextrana (mg/kg), (mg/Bx), de acuerdo con la curva de calibración.

**Importante:**

Si la lectura de absorbancia se encuentra fuera de la curva de calibración, si se presentara coagulación o floculación en la solución del matraz “A”, repetir el análisis diluyendo la muestra inicial de la siguiente manera:

**Para azúcar:**

- Pesar 16,0 g ± 0,1 g de muestra con 16,0 g ± 0,1 g de sacarosa (dilución 50 %), y agregar 50 ml de agua destilada.

**Para jugo de primera presión, jugo mixto, clarificado y melado:**

- Pesar 16,0 g ± 0,1 g de muestra

- (dilución al 50 %), y agregar 50 ml de agua destilada.
- Continuar diluciones si es necesario.
- Determinar dextrana en (mg/Bx).

**Para melaza:**

- Pesar 8,0 g ± 0,1 g de muestra (dilución al 25 %), y agregar 50 ml de agua destilada.
- Continuar diluciones si es necesario.
- Determinar dextrana en (mg/Bx).

**Cálculos**

De acuerdo con la curva de calibración:

$$\text{dextrana (mg/kg)} = 8E-07X^3 - 0,0011X^2 + 1,0026X + 18,472$$

donde:

X= absorbancia (mau)

$$\text{Dextrana (mg / Bx)} = \frac{\text{Dextrana}(\frac{mg}{kg})}{\text{Brix}} \quad (3)$$

**II. OBJETIVOS**

- Proponer una técnica aplicable al control de dextrana en fábrica de azúcar.
- Hacer un seguimiento del desarrollo de dextrana en el proceso azucarero, en diferentes épocas de la zafra.
- Determinar la concentración de dextrana en azúcar y productos de fábrica.
- Informar los logros obtenidos a través de la aplicación de esta técnica analítica.

**III. MATERIALES Y MÉTODOS**

Se emplean los materiales y reactivos descritos en 1.2.

### 3.1 Método

Sea:

y = Desarrollo de dextrana en el proceso azucarero

$x_1$  = Concentración de dextrana en productos de fábrica

$x_2$  = Jugo de primera presión

$x_3$  = Melado

$x_4$  = Melaza

$x_5$  = Azúcar

$$y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$$

Sea:

z = Presencia de dextrana en diferentes épocas de la zafra

$y_1$  = En mayo

$y_2$  = En agosto

$y_3$  = En noviembre

$$z = f(y_1, y_2, y_3)$$

Es decir:

$$z = f(y_i); \text{ pero } y = f(x_i)$$

Producto	Hora de muestreo
Jugo de primera presión	7:00
Jugo clarificado	10:00
Melado	13:00
Melaza	23:00
Azúcar	22:00

Tabla 2. Programa para toma de muestras

- Graficar  $y = f(x_i)$ .
- Determinar la tendencia de crecimiento

de dextrana en los productos de fábrica.

- Graficar  $z = f(y_i)$ .
- Determinar la tendencia de la presencia estacional de dextrana en diferentes épocas de la zafra.

### IV. RESULTADOS

Utilizando la curva de calibración, o bien la tendencia expresada en (2), y reemplazando en (3):

Productos de fábrica de azúcar	Absorbancia (mau) 720 nm	Brix% de la muestra	Concentración de dextrana	
			(mg/kg)	(mg/Bx)
Jugo de primera presión	12	6,5	30,4	466,9
Jugo clarificado	57	6,8	72,2	1061,6
Melado	817	8,8	539,6	6132,2
Melaza	999	9,1	719,9	7910,7
Azúcar	441	31,1	315,3	1013,8

Tabla 3. Determinación de dextrana en productos de fábrica mes de mayo

Obs. La muestra inicial de melaza fue disuelta (4 g de melaza + 50 ml de agua destilada); así también la de melado (8 g de melado + 50 ml de agua destilada)

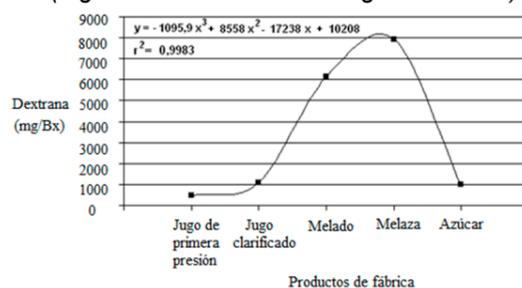


Figura 4. Desarrollo de dextrana en el proceso azucarero mes de mayo.

Productos de fábrica de azúcar	Absorbancia (mau) 720 nm	Brix% de la muestra	Concentración de dextrana	
			(mg/kg)	(mg/Bx)
Jugo de primera presión	25	6,0	42,9	714,4
Jugo clarificado	43	6,3	59,6	946,2
Melado	450	8,1	319,8	3948,0
Melaza	718	9,5	467,4	4919,8
Azúcar	172	29,5	162,4	550,7

Tabla 4. Determinación de dextrana en productos de fábrica mes de mayo

Obs. La muestra inicial de melaza fue disuelta (4 g de melaza + 50 ml de agua destilada); así también la de melado (8 g de melado + 50 ml de agua destilada)

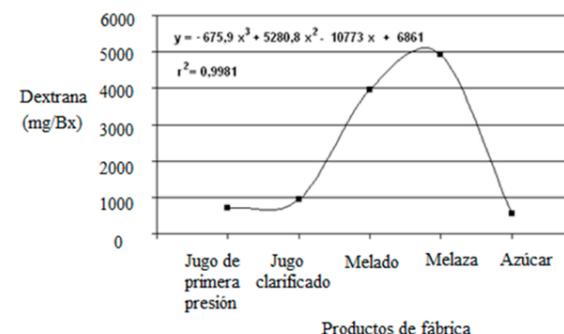


Figura 5. Desarrollo de dextrana en el proceso azucarero mes de agosto

Productos de fábrica de azúcar	Absorbancia (mau) 720 nm	Brix% de la muestra	Concentración de dextrana	
			(mg/kg)	(mg/Bx)
Jugo de primera presión	142	6,0	141,0	2350,0
Jugo clarificado	507	6,4	348,3	5442,0
Melado	1226	8,2	1068,5	13030,4
Melaza	1652	9,6	2279,5	23745,2
Azúcar	781	28,4	511,6	1801,6

Tabla 5. Determinación de dextrana en productos de fábrica mes de noviembre

Obs. La muestra inicial de melaza fue disuelta (4 g de melaza + 50 ml de agua destilada); así también la de melado (8 g de melado + 50 ml de agua destilada)

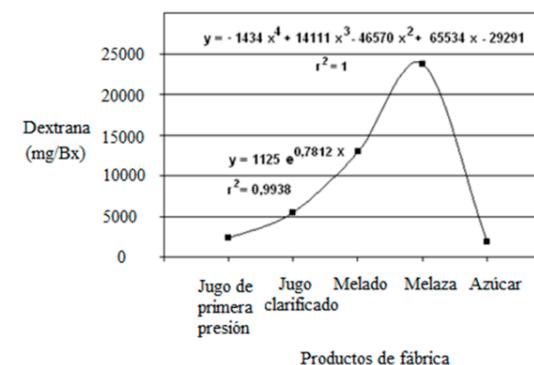


Figura 6. Desarrollo de dextrana en el proceso azucarero mes de noviembre

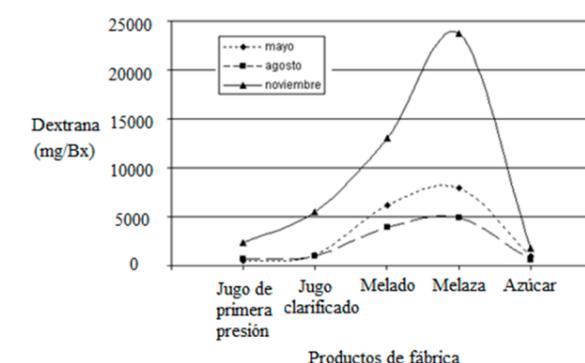


Figura 7. Comparativo general del desarrollo de dextrana

### V. CONCLUSIONES

La técnica utilizada para la determinación de dextrana, demuestra ser aplicable a todos los productos de fábrica de azúcar, presentándose complicaciones cuanto más viscoso es el material de análisis, como la melaza y el melado, cuyas lecturas de absorbancia en principio quedan fuera de rango, debiéndolos diluir a fin de lograr resultados coherentes.

La curva de la Fig. 4 indica un débil incremento de dextrana desde el jugo de primera presión hasta el clarificado; durante este tránsito, la dosificación directa de biocida sobre la molienda mostró ejercer mayor efecto, puesto que las pocas bacterias que resistieron dicho ataque lograron recuperar su función productora de dextrana desde el jugo claro hasta la melaza.

Así también, la Fig. 5 presenta un comportamiento similar hasta el jugo clarificado, mostrando posteriormente menor producción del polímero que en el caso anterior. Toda vez que la caña utilizada durante el mes de agosto fue de mejor calidad.

Finalmente, la Fig. 6 señala un incremento de dextrana exponencial desde el jugo de primera presión hasta la melaza, lo cual refleja el estado de severa descomposición de la caña molida durante el mes de noviembre.

En todos los casos, el azúcar ocasiona la caída de las curvas, lo cual no debe interpretarse como una disminución de dextrana, sino que una gran parte de la masa de estos polímeros fue recirculada junto con las mieles, quedando una fracción importante de bacterias y dextrana atrapadas dentro del cristal de sacarosa.

Los continuos ensayos demuestran además la fuerte resistencia de la bacteria frente a las elevadas temperaturas, encontrando en fábrica de azúcar todas las condiciones para su reproducción y síntesis de dextrana.

Para combatir el desarrollo de dextrana, debe aplicarse un control riguroso sobre los cañaverales, evitando infecciones y malos cortes que dañen los tejidos de la corteza del vegetal, donde las bacterias no demorarán en ingresar.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

*García, G; Quintero, R; López, M. (2004). Biotecnología alimentaria. México: Limusa.*

*Rein, P. (2012). Ingeniería de la caña de azúcar. Berlín: Bartens*

*Subirós, GF. (2000). El cultivo de la caña de azúcar. San José: UNED.*

*Hugot, E. (1963). Manual para Ingenieros Azucareros. México: Continental.*

*Rodríguez, E. (2005). La dextranasa a lo largo de la industria azucarera. Biotecnología aplicada, 22, N°1, 11-19*

# INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

## Modelo sistémico de redes de nodos cognitivos para el diseño de aulas virtuales

Systemic model of networks of cognitive nodes for designing virtual classrooms

**Josué Obed Veizaga Gonzáles**

Doctor en Ciencias de la Educación  
Magister en Educación Superior  
Ing. Informático – Docente categoría B  
UAGRM

joveizaga@gmail.com

### RESUMEN

La presente propuesta es producto de investigación doctoral que consiste en el diseño de un modelo sistémico para la organización de aulas virtuales a través de redes de nodos cognitivos, para su aplicación en las aulas virtuales de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la computación y Telecomunicaciones.

El diseño de la propuesta tiene como base el enfoque de sistemas, porque, interrelaciona una red de subsistemas en forma de árbol. Así mismo, el modelo se enfoca en el constructivismo en el sentido de que desarrolla aprendizaje significativo con el uso de instrumentos de mediación con el concepto de zona de desarrollo próximo, introduciendo a su vez el conectivismo al utilizar el concepto de red de nodos y conexiones, quedando como resultado la construcción del propio saber del estudiante.

**Palabras claves:** Enfoque de Sistemas, Nodos cognitivo, aulas virtuales.

### ABSTRACT

This paper is the product of the proposal of doctoral research that consists of the design of a systemic model for the organization of virtual classrooms through networks of cognitive nodes, for its application in the virtual classrooms of the Faculty of Engineering in Sciences of the computing and telecommunications.

The design of the proposal is based on the systems approach, it interrelates a network of subsystems in the form of a tree. Likewise, the proposed model focuses on constructivism in the sense that, it develops meaningful learning with the use of mediation tools with the concept of zone of proximal development, introducing in turn the connectivism by using the concept of network of nodes and connections, resulting in the construction of the student's own knowledge.

**Keywords:** Systems approach, Cognitive nodes, virtual classrooms