



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Estudio del comportamiento de sensores de gas basados en resonadores de cristal de cuarzo para altas frecuencias.

Authors: JIMÉNEZ-ARELLANO, Juan Jesús, MUÑOZ-MATA, José Lorenzo, MUÑOZ-AGUIRRE, Severino y TORRES-MÉNDEZ, Sergio.

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BCIERMMI Control Number: 2019-249

BCIERMMI Classification (2019): 241019-249

Pages: 14

RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

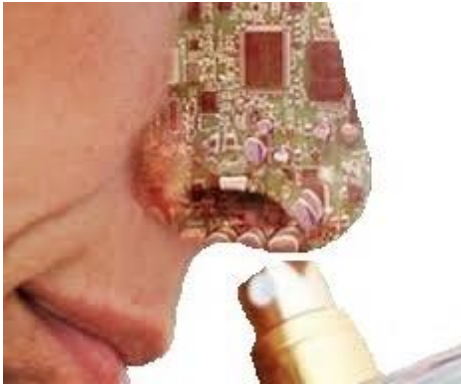
Contenido

- **Introducción**
- **Fundamentos Teóricos**
- **Metodología**
- **Implementación y Clasificación de los QCM**
- **Resultados Experimentales**
- **Análisis de los Resultados**
- **Conclusiones**

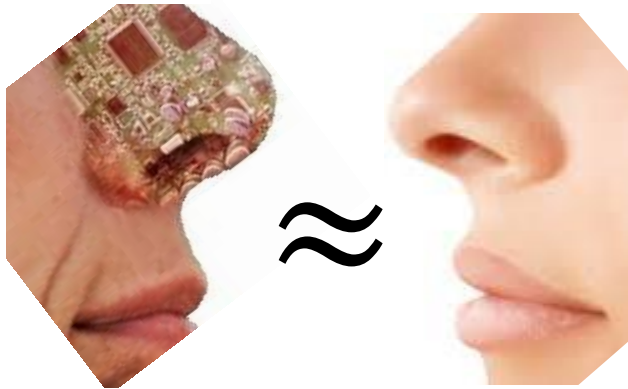


Introducción

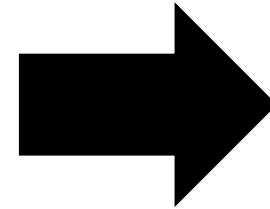
1



Nariz Electrónica: Sistema electrónico de detección y análisis de componentes volátiles.



*Células
Receptoras de
Olor*



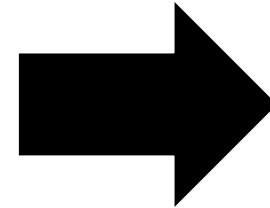
Sensores de Gas



Interfaz Electrónica



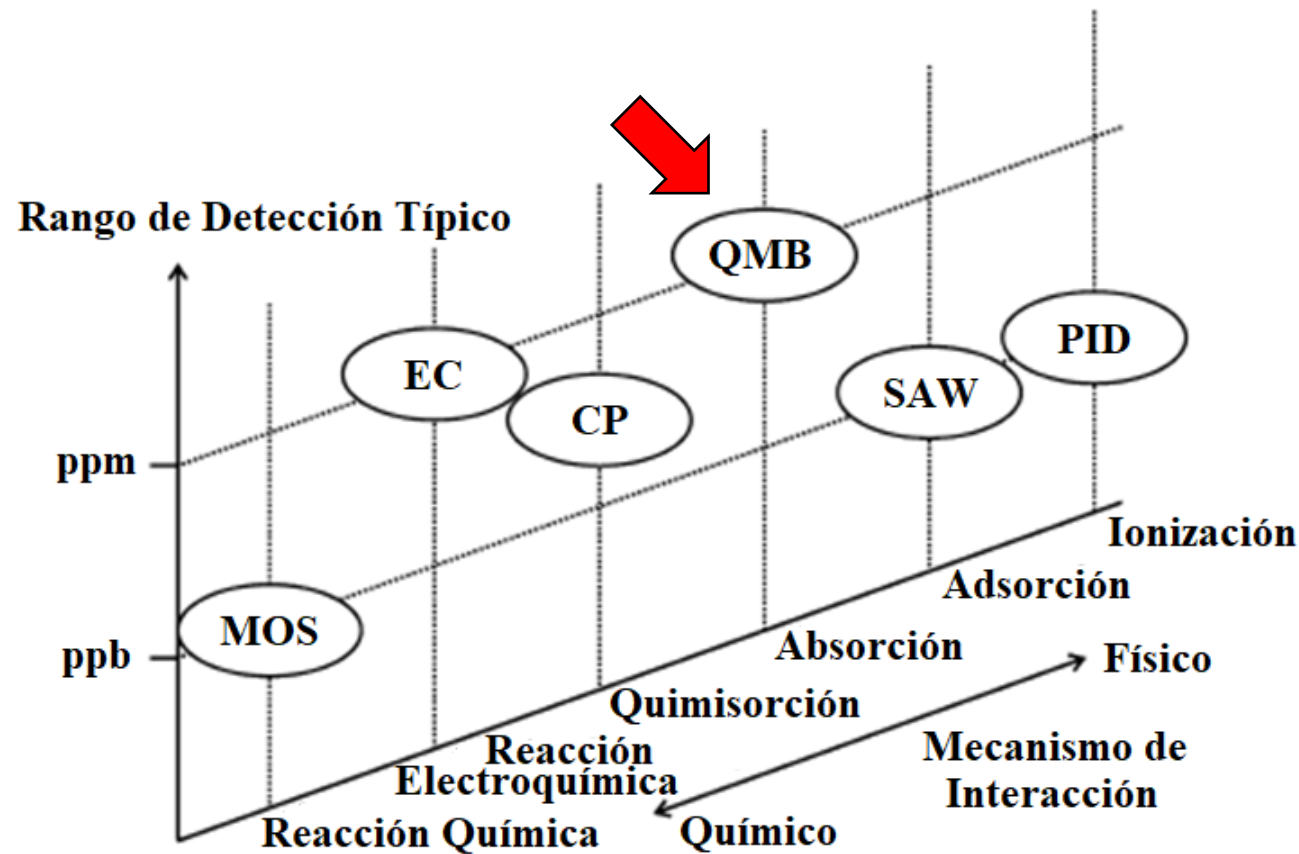
*Procesamiento
Neural*



PC & Software

Introducción

2



Aplicaciones

En las Industrias de:

- Transformación y Manufactura
- Extracción y Minera
- Farmacéutica y Biotecnología
- Procesamiento de Alimentos
- Cosméticos
- Domótica
- Electrodomésticos
- Automotriz

MOS: Semiconductor de Oxido-Metal

SAW: Onda Acústica de Superficie

CP: Polímero Conductor

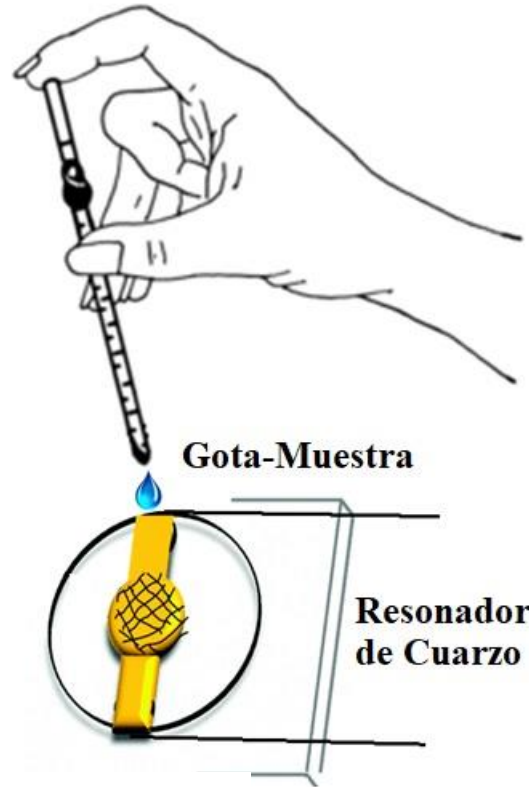
EC: Célula Electroquímica

QMB: Microbalanza de Cuarzo

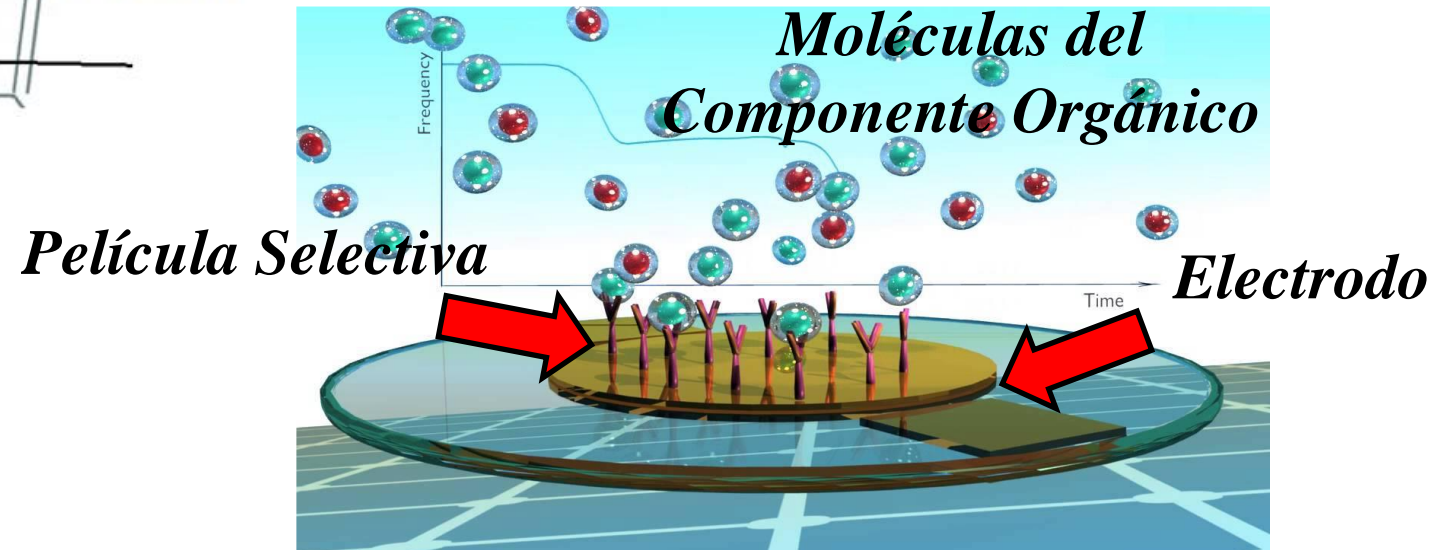
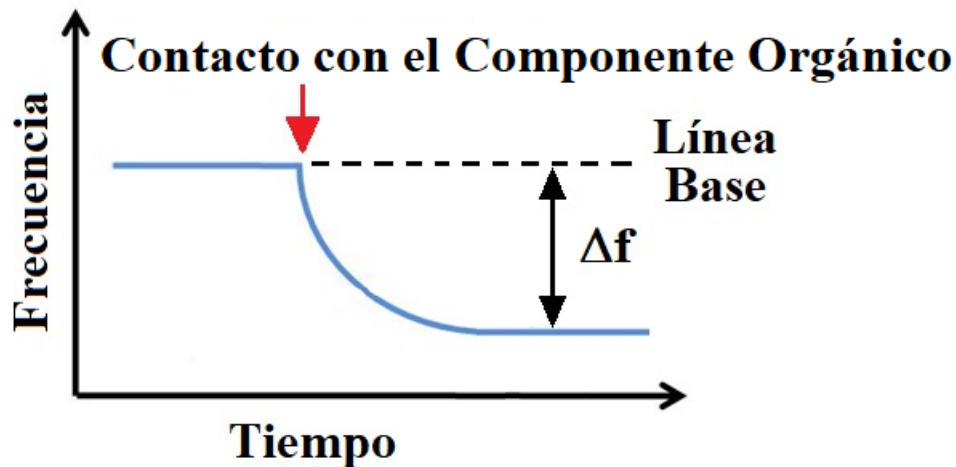
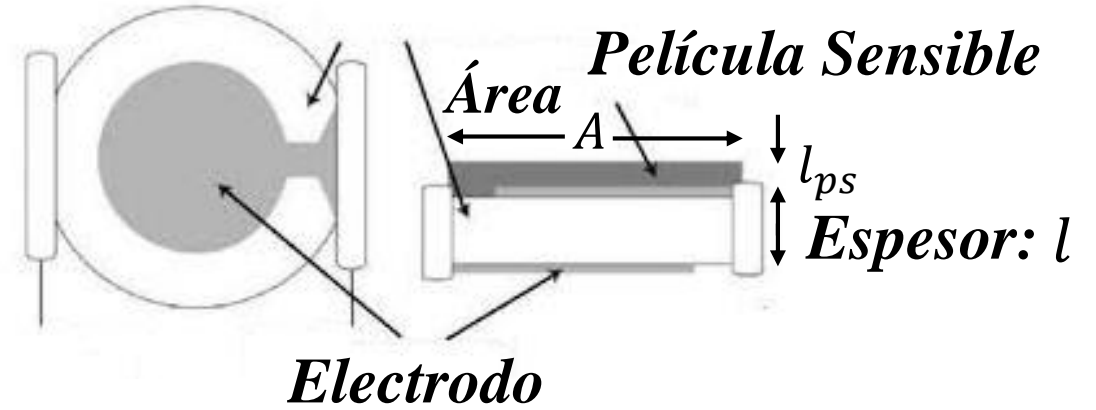
PID: Detector de Foto-Ionización

QCM: Quartz Crystal Microbalance

Resonador de Cuarzo



Placa de Cristal de Cuarzo



Fundamentos Teóricos

4

Ecuación de Sauerbrey

$$\Delta f_N = - \frac{2}{\sqrt{\rho_q \mu_q}} \frac{\Delta m f_N^2}{N \cdot A}$$

Δf_N → Cambio en la Frecuencia debido a la N resonancia (Hz)

ρ_q → Densidad del Cuarzo (gr/cm^3)

μ_q → Modulo de Cizalla del Cuarzo ($gr/cm \cdot seg^2$)

Δm → Masa Absorbida o Agregada (gr)

f_N → N -ésima Frecuencia Resonante (Hz)

A → Área Activa Piezoeléctrica (cm^2)

N → Número de Armónico (sin unidades)



Sensibilidad

$$S_N \equiv \frac{\Delta f_N}{\Delta m} = k' f_N^2$$

$$f_N = N f_o = N \frac{v_o}{2l}$$

v_o → Velocidad de Propagación (m/s)

l → Espesor del Cristal (μm)

Espesor de la Película Sensible

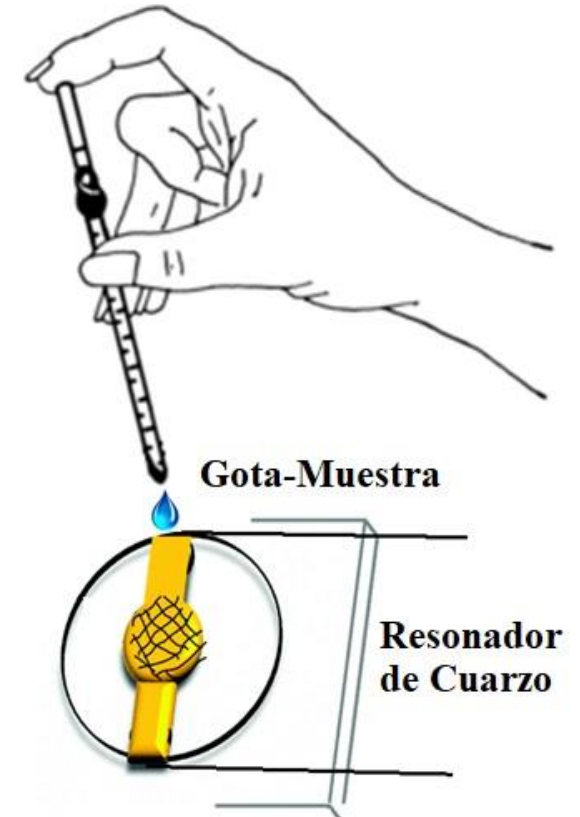
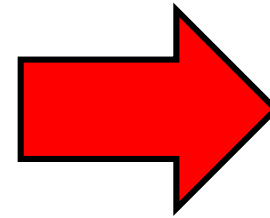
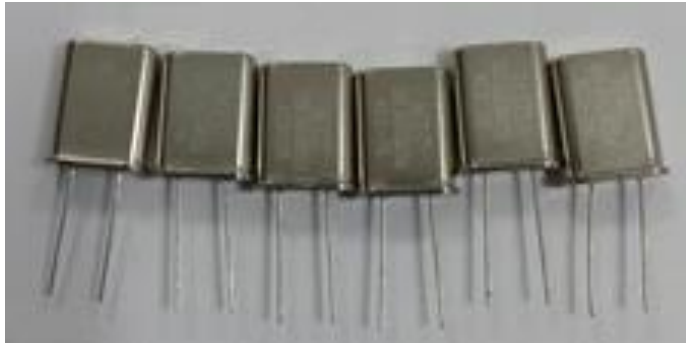
$$l_{ps} = \frac{N \cdot \Delta f_N \sqrt{\rho_q \mu_q}}{2 \rho_{ps} f_N^2} \quad (\mu m)$$

ρ_{ps} → Densidad de la película sensible (gr/ml)

Fundamentos Teóricos

5

Resonadores con la Misma Frecuencia

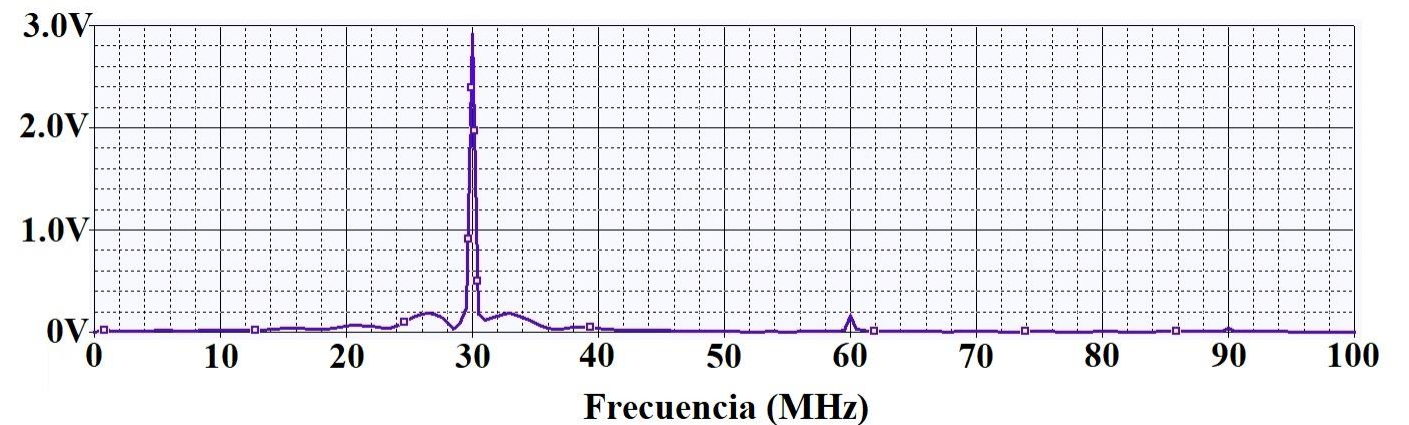
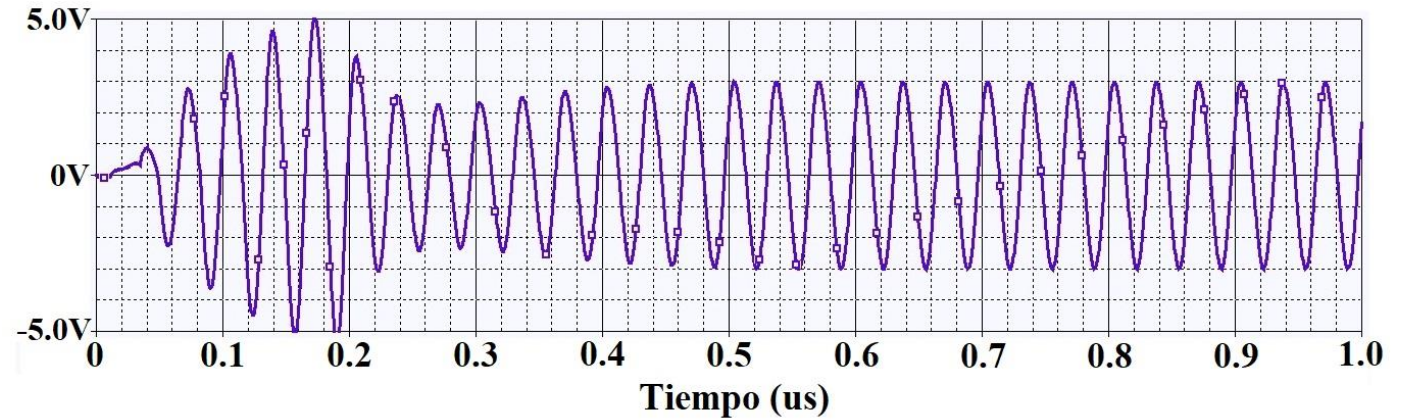
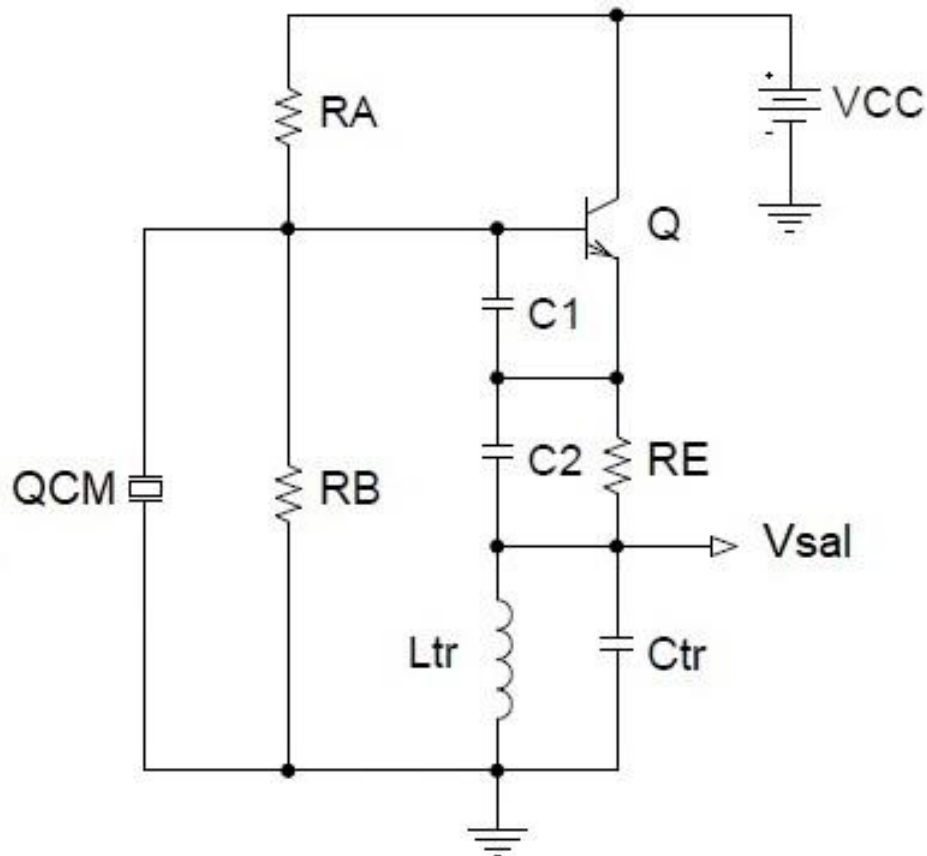


Si la estimación del espesor de la película l_{ps} es la misma:

$$l_{ps1} = l_{ps3} \quad \text{entonces} \quad \Delta f_1 = N \Delta f_3 \quad \text{ó} \quad \frac{\Delta f_1}{\Delta f_3} = N$$

Metodología

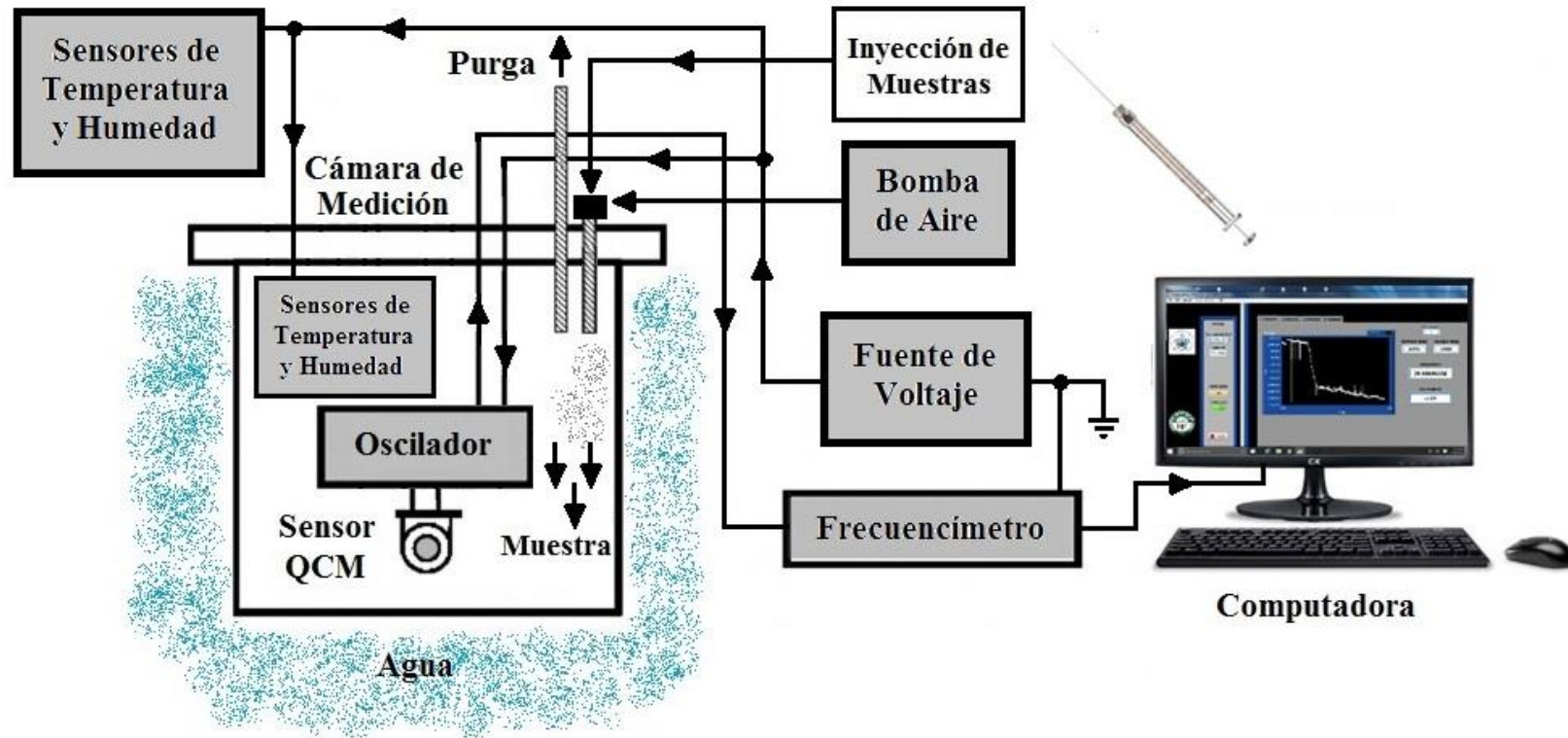
6



Circuito Oscilador para QCM de Altas Frecuencias y Simulación en PSpice en los Dominios del Tiempo y Frecuencia para un QCM de 30 MHz

Metodología

- Preparación de los Resonadores
- Medición de la Frecuencia sin Película Sensible
- Depósito de la Película Sensible
- Medición de la Frecuencia con Película Sensible
- Estimación de los Espesores de las Películas Sensibles y Clasificación de los QCM en Función de estos Valores
- Exposición al Componente Orgánico Volátil y Medición de sus Respuestas
- Análisis de las Respuestas
- Resultados
- Conclusiones



Arreglo Experimental para el Estudio del Desempeño de Sensores QCM de Altas Frecuencias

Implementación de los QCM

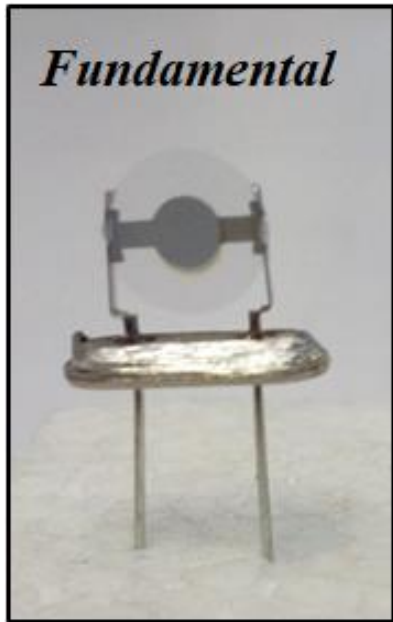


Tabla 1: Caracterización de los QCM antes y después del deposito de la película sensible

Modo de Operación	Frecuencia sin Película (MHz)	Frecuencia con Película (MHz)	Δf (kHz)	l_{ps} (μm)
Fundamental	29.99238	29.93750	54.88	0.24
Fundamental	29.99233	29.96501	27.32	0.12
Fundamental	29.99220	29.91513	77.07	0.33
3er Sobretono	29.99981	29.99001	9.81	0.13
3er Sobretono	29.99973	29.98154	17.67	0.23
3er Sobretono	30.00000	29.99216	7.84	0.10

Clasificación de los QCM

Tabla 2: Pares de QCM's con espesores de película simulares

Modo de Operación	Frecuencia sin Película (MHz)	Frecuencia con Película (MHz)	Δf (kHz)	l_{ps} (μm)
Fundamental	29.99233	29.96501	27.32	0.12
3er Sobretono	29.99981	29.99001	9.81	0.13
Fundamental	29.99238	29.93750	54.88	0.24
3er Sobretono	29.99973	29.98154	17.67	0.23

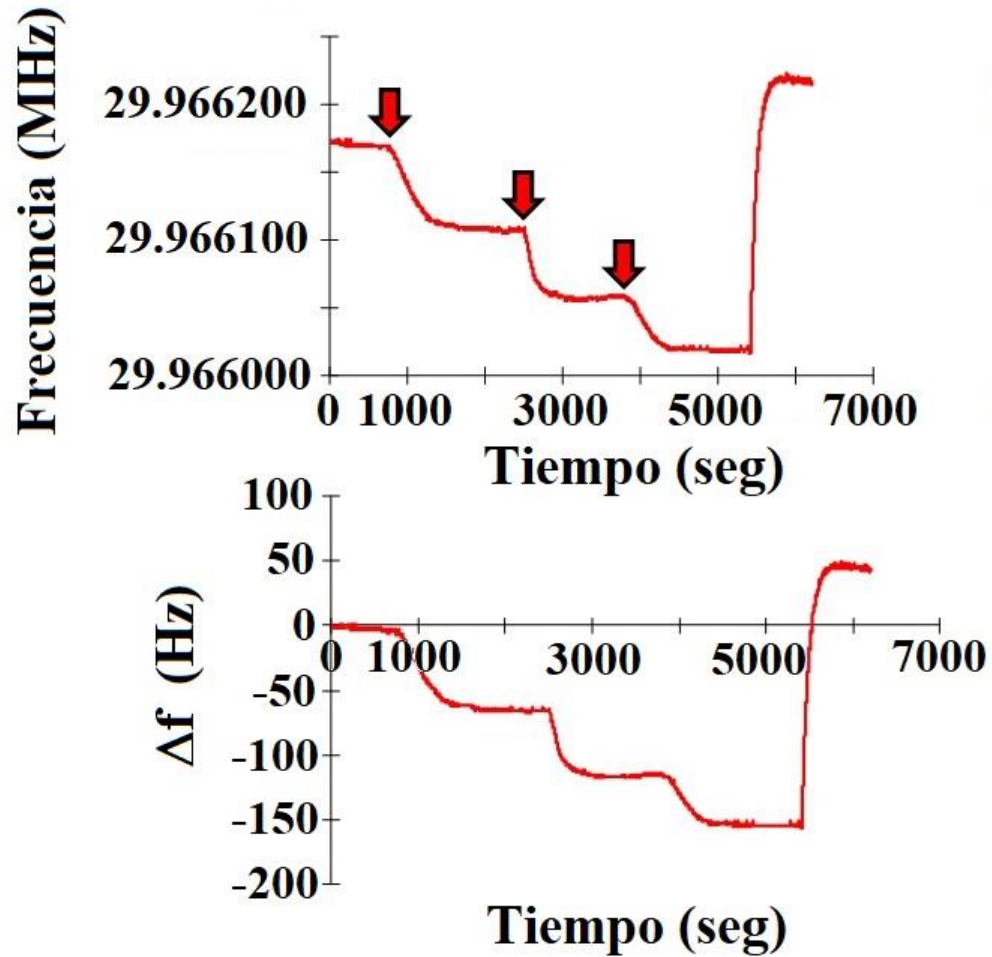
Tabla 3: Comparativo entre los modos Fundamental y 3er Sobretono

Modo de Operación	l_{ps} (μm)	Δf (kHz)	$\frac{\Delta f_1}{\Delta f_3}$	$\frac{\Delta f_1}{\Delta f_3}$ Normalizado
Fundamental	0.12	27.32	2.78	3.02
3er Sobretono	0.13	9.81		
Fundamental	0.24	54.88	3.10	2.98
3er Sobretono	0.23	18.19		

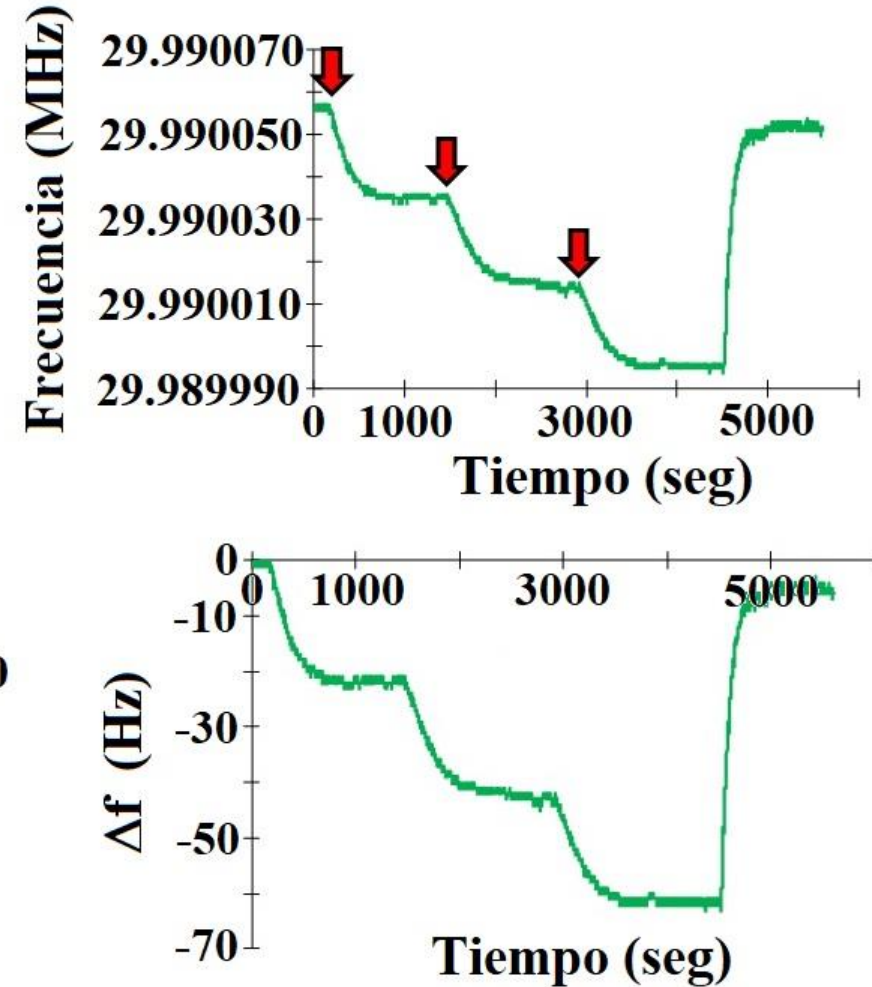
Resultados Experimentales

10

Modo Fundamental



Modo 3er Sobretono

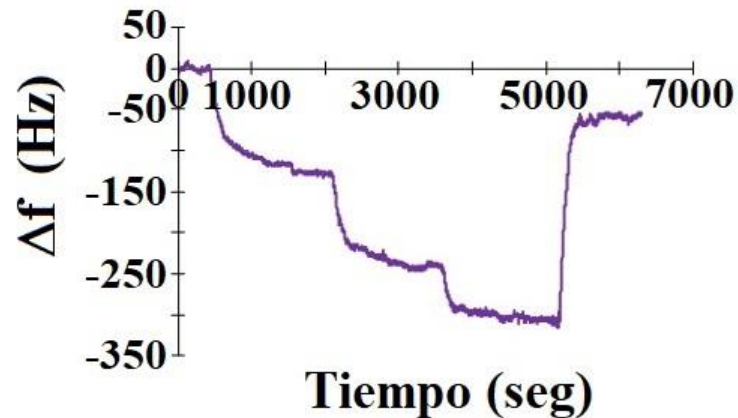
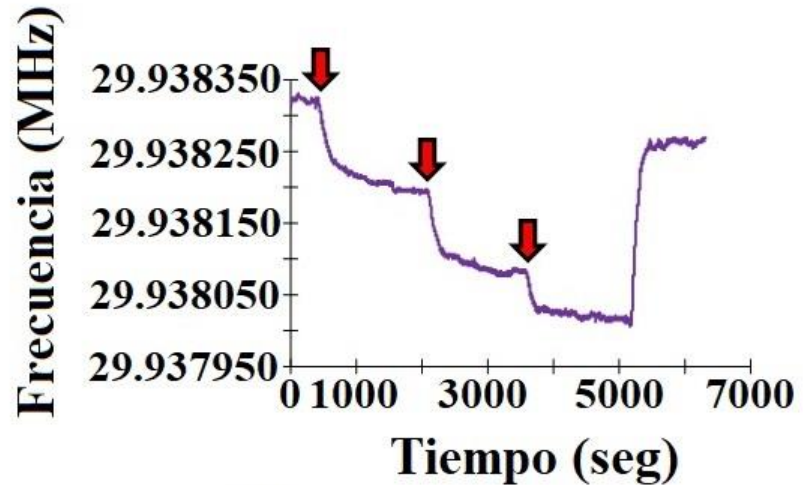


Respuestas para los QCM's con espesores aproximadamente a $0.12 \mu\text{m}$

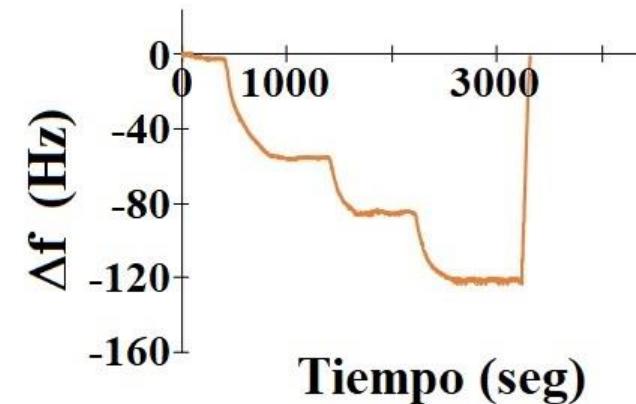
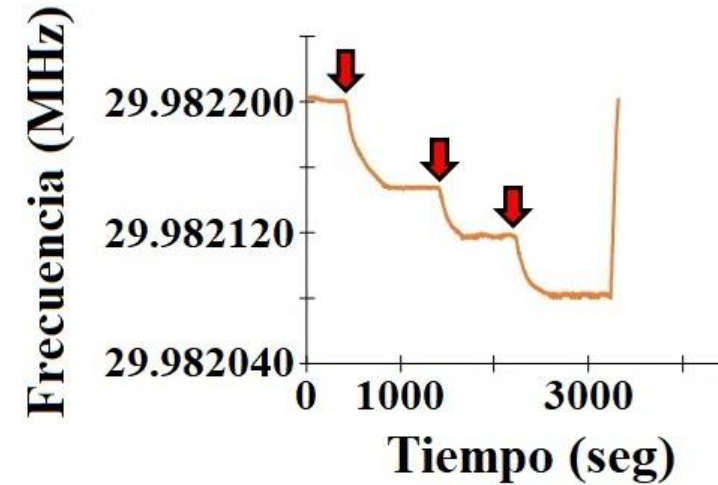
Resultados Experimentales

11

Modo Fundamental



Modo 3er Sobretono



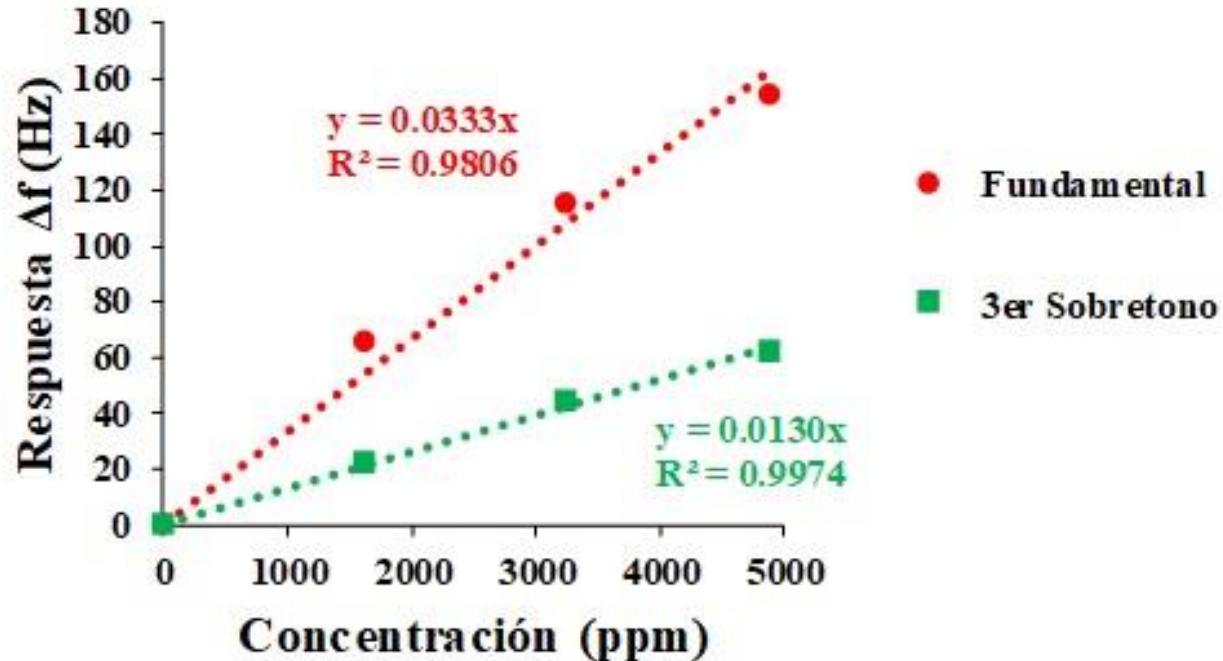
Respuestas para los QCM's con espesores aproximadamente a $0.24 \mu\text{m}$

Análisis de las Respuestas

12

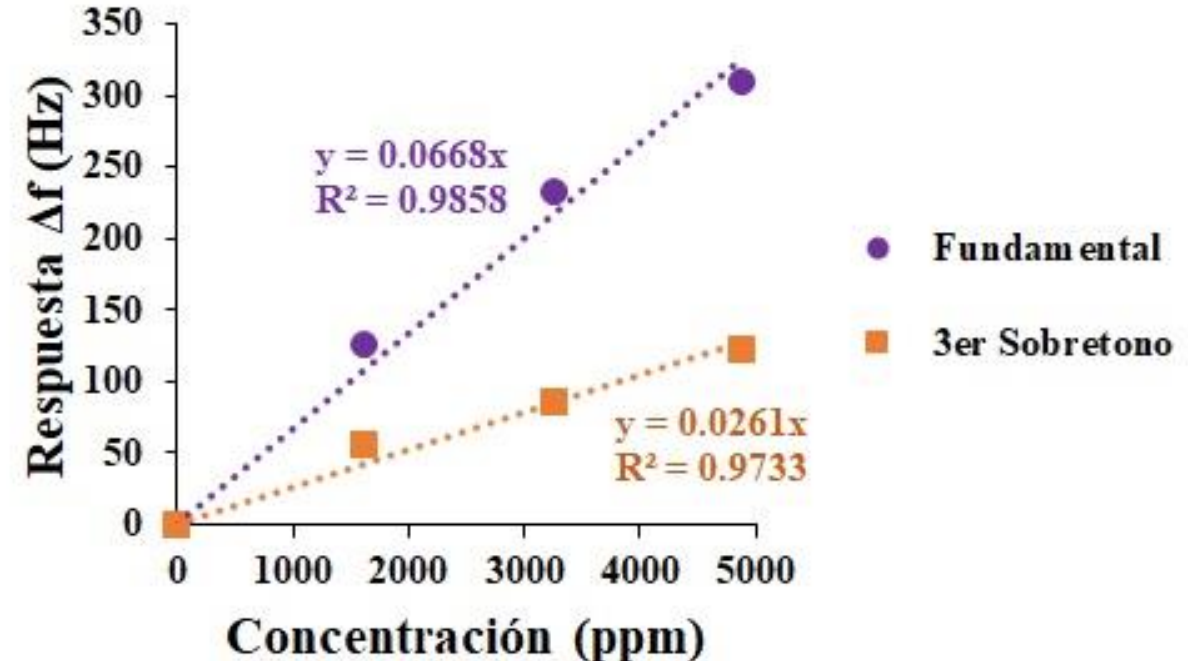
Correlación de Ajuste Lineal para las Respuestas de los QCM's

Esesor aprox. a $0.12 \mu\text{m}$



$$y_1/y_3 = 0.0333/0.0130 \approx 2.56$$

Esesor aprox. a $0.24 \mu\text{m}$



$$y_1/y_3 = 0.0668/0.0261 \approx 2.56$$

$$\frac{l_{ps(2do\ Grupo)}}{l_{ps(1er\ Grupo)}} = \frac{0.24\mu\text{m}}{0.12\mu\text{m}} = 2$$

$$\frac{y_{fund(2do\ Grupo)}}{y_{fund(1er\ Grupo)}} = \frac{0.0668}{0.0333} = 2$$

$$\frac{y_{3er\ St(2do\ Grupo)}}{y_{3er\ St(1er\ Grupo)}} = \frac{0.0261}{0.0130} = 2$$

Conclusiones

- Existe una relación cuantitativa entre las respuestas de los sensores QCM en la modalidad de fundamental y sobretono.
- Se requiere un circuito oscilador de alto desempeño debido al rango de frecuencias que maneja y al el inherente *ruido* en todo el sistema.
- A pesar de las limitaciones de la técnica de *casting* para la implementación de los QCM, los resultados obtenidos de manera experimental no están muy lejos de los resultados analíticos.
- Las respuestas de los QCM ante la exposición del componente orgánico poseen un comportamiento muy cercano al lineal.
- Las curvas de correlación confirman que los QCM de mismas frecuencias en modo fundamental son 3 veces más sensibles que los de modo en 3er sobretono.
- Aumentar la sensibilidad de los sensores QCM requiere emplear resonadores en la modalidad de sobretonos.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)