

¿UN MANGO SE MADURA DESDE EL HUESO HACIA LA CÁSCARA?

Jessica Rodríguez Velázquez¹, Luis Zamora-Peredo^{2*}

¹Universidad Tecnológica del Centro de México, Av. Universidad No.350, C.P 94910, Carretera Federal Cuitláhuac-La Tinaja, Localidad Dos Caminos, Cuitláhuac, Veracruz, México.

²Centro de Investigaciones en Micro Y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Ruiz Cortines 455, 94294, Boca del Río, Veracruz, México.

*luiszamora@uv.mx

RESUMEN

En este trabajo utilizamos un microscopio Raman para estudiar el proceso de maduración del mango. Se monitoreó el proceso durante 10 días de tres variedades de mango: manila, Ataulfo y Tommy Atkins. Mediante esta técnica es posible tomar micrografías de la superficie de la pulpa del fruto y ofrece también la posibilidad de elegir en qué punto hacemos incidir un láser verde que nos permite investigar sobre la composición química. Se identificaron señales que son originadas por los carotenoides, los compuestos químicos responsables del color que tiene la pulpa. Se observó que cuando el nivel de maduración se incrementa, también la intensidad de dicha señal crece, lo que nos sirvió como una referencia para evaluar el nivel de maduración. Durante los 10 días se estudiaron diferentes puntos de la pulpa, de tal manera que pudimos identificar en que región existía más carotenoides y cuál fue su comportamiento en función del tiempo, esto nos ayudó a identificar en que región inicia el proceso de maduración. Además, pudimos identificar que la variedad Ataulfo tiene 10 veces más concentración de carotenoides que el mango manila y el Tommy Atkins.

Palabras clave: Mango, Raman, madurez, carotenoides.

Introducción

Todos sabemos identificar cuando un mango esta verde, medio maduro, maduro o cuando éste se ha pasado de maduro, especialmente cuando es un mango manila, ya que el color de su cáscara es un indicativo muy confiable para determinar el nivel de madurez. Un caso muy especial son los mangos de la variedad Tommy Atkins, en Veracruz es conocido como “petacón”, debido a que el color de su cáscara no sufre cambios evidentes durante su maduración. Después de partirlos por la mitad todo se revela, porque tenemos otro indicador que nos ayudará a evaluar nuevamente su nivel de madurez, el color de la pulpa. El color de la pulpa de un mango es indudablemente el indicador más confiable para saber si la fruta está madura. Por si lo anterior no fuese suficiente, nos queda un último recurso y por supuesto que es el más placentero, el sabor. Por todo lo anterior, podemos decir que el color y el sabor de la pulpa son indicadores del nivel de madurez del mango, pero esos cambios químicos que sufre la pulpa ¿iniciarán en la cáscara? o ¿iniciarán en el hueso (o semilla)? o ¿será que la maduración es uniforme en toda la pulpa? ¿será posible comparar el nivel de madurez de dos frutos de la misma variedad o de otra distinta?

Aunque existen muchas variedades (cultivares) de mango, para este estudio elegimos solo tres: Ataulfo, manila y Tommy Atkins, las cuales fueron cosechados en cultivos en la región central del estado de Veracruz. El mango Ataulfo es uno de los más cultivados en México, quien además cuenta con la denominación de origen para la región del Soconusco, Chiapas. Dicha declaratoria de protección fue publicada en el diario oficial de la federación, el 4 de agosto del 2003 [1]. El mango manila es otra variedad de las más cultivadas y consumidas; en los estados de Guerrero y Veracruz se producen casi el 80 % de la producción de México [2]. Por su parte, la variedad Tommy Atkins es otra de las más cosechadas, los estados de Nayarit, Campeche y Jalisco son los que más producen (con 34%, 15 y 14% de la producción nacional, respectivamente) [3].

Por otra parte, los carotenoides son unas moléculas muy importantes en la naturaleza, porque son justamente los que

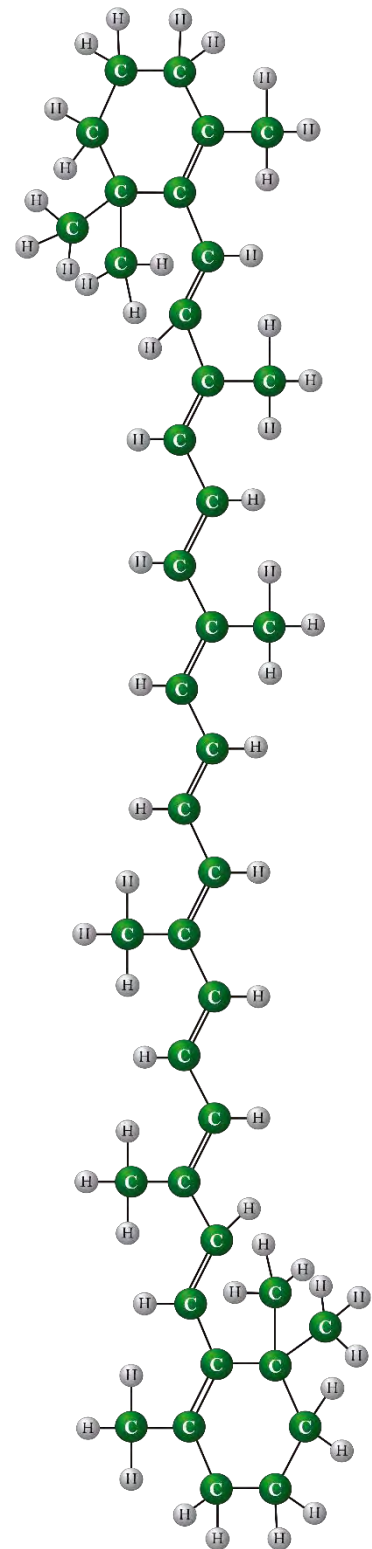


Figura 1. Arreglo atómico de la molécula del β -caroteno. Uno de los responsables del color amarillo del mango.

literalmente le dan color a nuestra vida, los podemos encontrar en frutas, flores, aves, y hasta en la sangre. La industria textil utiliza frecuentemente muchos productos naturales para extraer estos carotenoides y fabricar colorantes. Actualmente se han identificado muchos tipos de carotenoides y algunos de los más comunes los podríamos agrupar por su color, por ejemplo, los rojos como la capsantina, licopeno y astaxantina; los amarillos como el α -caroteno, luteína y zeaxantina; los naranjas como el β -caroteno y la β -criptoxantina [4]. En la figura 1 se muestra una imagen de la molécula de β -caroteno, donde es posible identificar la gran cantidad de enlaces carbono-carbono que tiene este compuesto.

Para el caso del mango, se sabe que la violaxantina, zeaxantina y β -caroteno son los principales componentes [4-6] y que su concentración va incrementándose desde que los frutos están inmaduros, donde el color de la cáscara (exocarpio) es predominante verde, pasando a una etapa semi-verde, a una semi-madura y después de unos cuantos días alcanza la madurez, como se ilustra en la figura 2.

Microscopía Raman

Para este estudio utilizamos un microscopio (figura 3), que además de tener las funciones de un microscopio óptico común, tiene acoplado un láser verde con el que es posible explorar la composición química del material que estamos observando. Le llamamos microscopio Raman, porque cuando la luz del láser incide en el material se produce un efecto conocido como “efecto Raman”, este efecto consiste en que una pequeña parte de esa luz sufre un ligero cambio de color después de incidir en el material. El cambio de color depende de la cantidad y del tipo de enlaces químicos que hay en el material, de tal manera que si se analiza la luz después de que incide en la muestra es posible investigar sobre la composición química del material. Actualmente, esta técnica es utilizada para el estudio de una gran variedad de materiales: plásticos, fármacos, alimentos, químicos, semiconductores, pinturas, entre otros.

Aunque la técnica de microscopía Raman no puede identificar con precisión los porcentajes en que éstos compuestos están presentes en la fruta, debido a que sus



Figura 2. Nomenclatura utilizada en este estudio para las diferentes etapas de maduración:

V-Verde
SV-Semi verde
SM- Semi maduro
M-Maduro

moléculas tienen una gran cantidad de enlaces carbono-carbono (sencillos y dobles) y sus diferencias son mínimas, de manera que no son fácilmente detectables. Algo que si es posible hacer con la ayuda de esta técnica es realizar una comparación relativa de la altura de alguno de los picos entre diferentes puntos de la pulpa o incluso entre diferentes frutos.



Figura 3. Microscopio Raman utilizado en este trabajo. Marca ThermoScientific, modelo DXR, equipado con láser verde de 10 mW

Mango manila

Como estudio preliminar, elegimos dos frutos de mango manila: uno semi-verde y otro semi-maduro. Registramos algunas imágenes microscópicas de la pulpa del mango en tres puntos distintos: uno cercano al hueso o semilla (P1), uno intermedio (P2) y otro cercano a la cáscara (P3), como se ilustra en la figura 4. La figura 5 muestra las fotografías de los frutos y sus correspondientes micrografías de los tres puntos de la pulpa y de la cáscara. Es posible observar que en la pulpa existen diferencias muy claras entre los puntos P1, P2 y P3 de los dos frutos con diferente maduración o incluso siendo del mismo fruto y da la impresión que la cáscara es la que tiene más semejanza entre los dos frutos. Aun cuando se identifican diferencias entre los diferentes puntos de la pulpa y entre los dos frutos, es difícil identificar quien origina tales diferencias, sabemos que los mangos tienen almidón y que está asociado a la dureza del fruto, también sabemos que los azúcares son responsables del sabor y los carotenoides del color, pero con las imágenes no podemos identificarlos y mucho menos cuantificarlos.

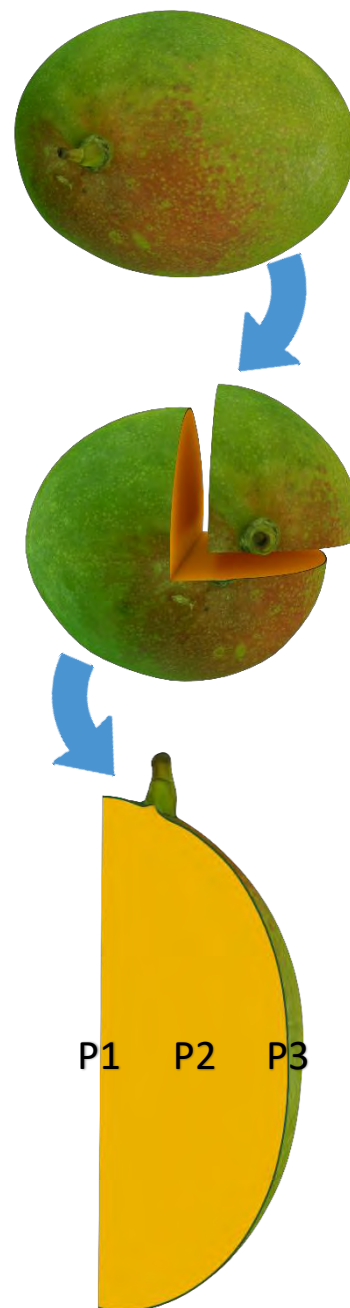


Figura 4. Para el estudio, el mango ha sido cortado en 4 cuadrantes, tomando como eje central el hueso. P1 (cercado al hueso), P2 (intermedio) y P3 (cercano a la cáscara) representan los puntos de medición.

Como ya lo explicamos anteriormente, el microscopio Raman ofrece la posibilidad de explorar la composición química de la muestra; por ejemplo, la figura 6 muestra los espectros Raman obtenidos de un mango manila verde (MV) en los tres puntos de la pulpa MVP1, MVP2 y MVP3. Se observan cuatro picos, etiquetados como A1, A2, A3 y A4, que son originados por el almidón presente en el fruto [7] y que cuando inicie el proceso de maduración se transformará en la glucosa que dará el sabor dulce. Además, se observan tres picos más que son asociados a los enlaces químicos C-H, C-C y C=C (C1, C2 y C3, respectivamente) de los carotenoides [8].

La intensidad (altura) de estos picos está determinada por la cantidad de moléculas y de enlaces que tiene cada molécula. Por ejemplo, en la figura 6 se observa que el pico C3 es más intenso en MVP3 que en los demás y que justamente es el punto más cercano a la cáscara, lo cual sugiere pensar que cerca de la superficie del mango tenemos mayor cantidad de carotenoides que en regiones cercanas al hueso.

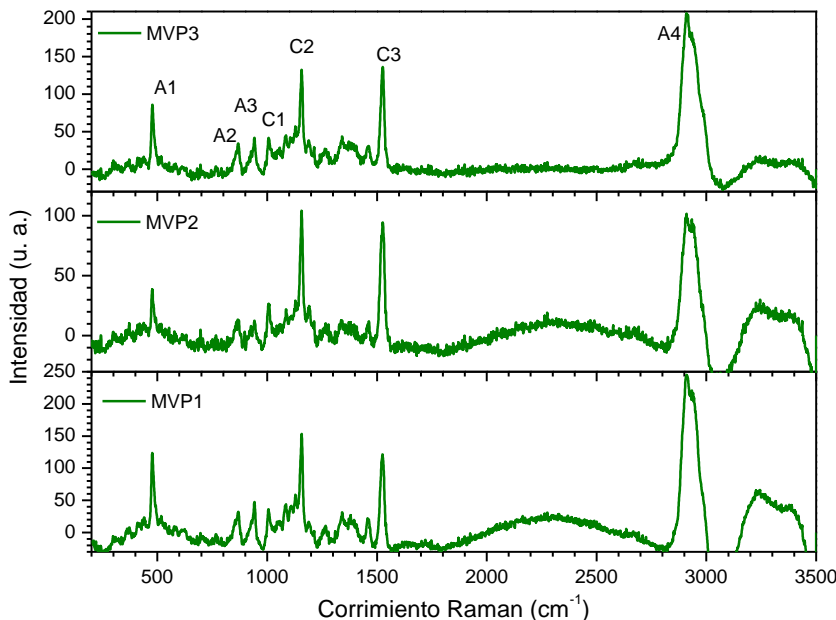


Figura 6.- Espectros Raman en tres puntos diferentes de la pulpa de un mango **manila verde**.

Las figuras 7 y 8 muestran los espectros Raman obtenidos de dos frutos de mango manila con mayor nivel de maduración (semi-maduro y maduro, respectivamente). En ambas figuras se observa que las señales asociadas al almidón han desaparecido, ahora los picos dominantes son los originados por los

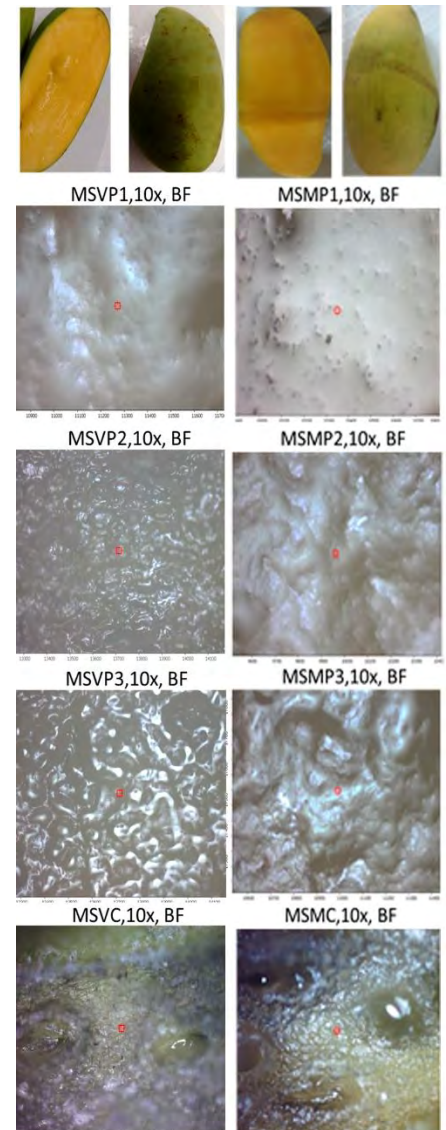


Figura 5.- fotografía de un mango manila semi-verde (MSV) y micrografías de tres puntos diferentes de la pulpa y de la cáscara (Izquierda). fotografía de un mango manila semi-maduro (MSM) y micrografías de tres puntos diferentes de la pulpa y de la cáscara. Todas con una amplificación de 10x y bajo iluminación de campo brillante (Derecha).

carotenoides. Además, tomando como referencia la escala vertical de las figuras, es fácil observar que la intensidad de los picos de los carotenoides ha incrementado con forme incrementa el nivel de maduración. También es notable que en las figuras 6, 7 y 8 la intensidad es mayor en el punto P3 (cerca de la cáscara).

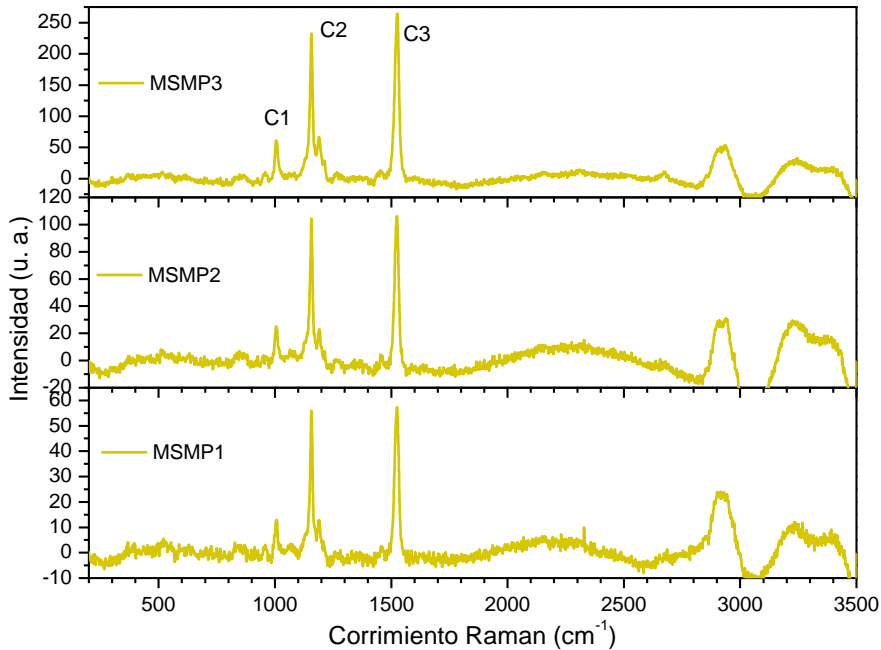


Figura 7.- Espectros Raman en tres puntos diferentes de la pulpa de un mango *manila semi-maduro*.

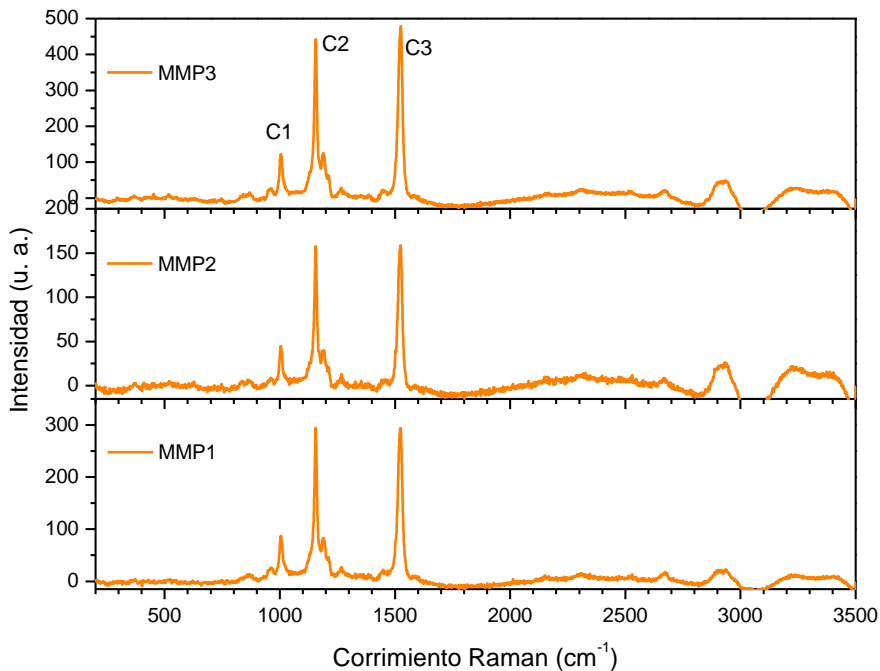


Figura 8.- Espectros Raman en tres puntos diferentes de la pulpa de un mango *manila maduro*.

Mango Tommy Atkins

Un estudio similar se realizó con frutos de la variedad Tommy Atkins, aunque en este caso la coloración de su cáscara evolucionó muy diferente a lo observado en el mango manila, ya que para esta variedad el verde de la cáscara no desapareció; Sin embargo, la coloración de la pulpa si cambió notablemente ya que durante su etapa inmadura presentó un color amarillento de baja intensidad y cuando el fruto estaba maduro presentó una pulpa naranja, como se muestra en la figura 9.

Por otra parte, la figura 10 muestra los espectros Raman del Tommy Atkins verde, donde se observa que para los puntos más cercanos al hueso se identifican las señales originadas por el almidón; en cambio, el punto más cercano a la cáscara (TAVP3) presenta las señales asociadas a los carotenoides, sugiriendo que la madurez está iniciando en esa región de la pulpa. Aunque también obtuvimos los espectros de frutos semi-verdes y maduros, los omitiremos por presentaron una tendencia similar a la observada en el mango manila. En la parte final haremos una comparación de las intensidades.

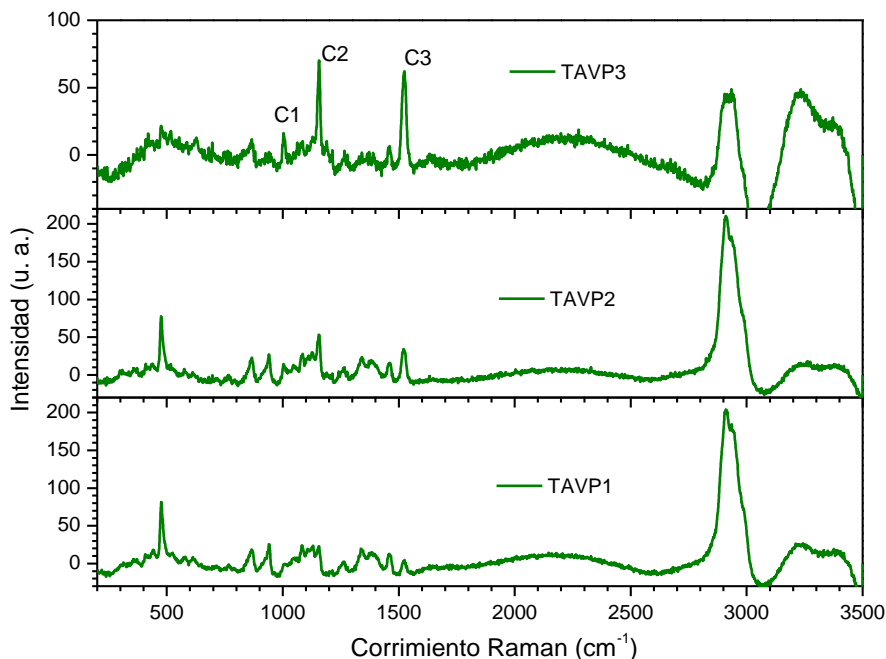


Figura 10.- Espectros Raman en tres puntos diferentes de la pulpa de un mango Tommy Atkins verde.



Figura 9.- Evolución de la coloración de la cáscara y la pulpa de los frutos de Mango Tommy con el nivel de maduración.

Mango Ataulfo

La figura 11 y 12 muestra los espectros Raman de un mango Ataulfo semi-maduro y maduro, respectivamente. Se comprueba que esta variedad es la más rica en carotenoides, ya que se observan intensidades cerca de 6000 unidades, algo que en el mango manila alcanzó apenas 500.

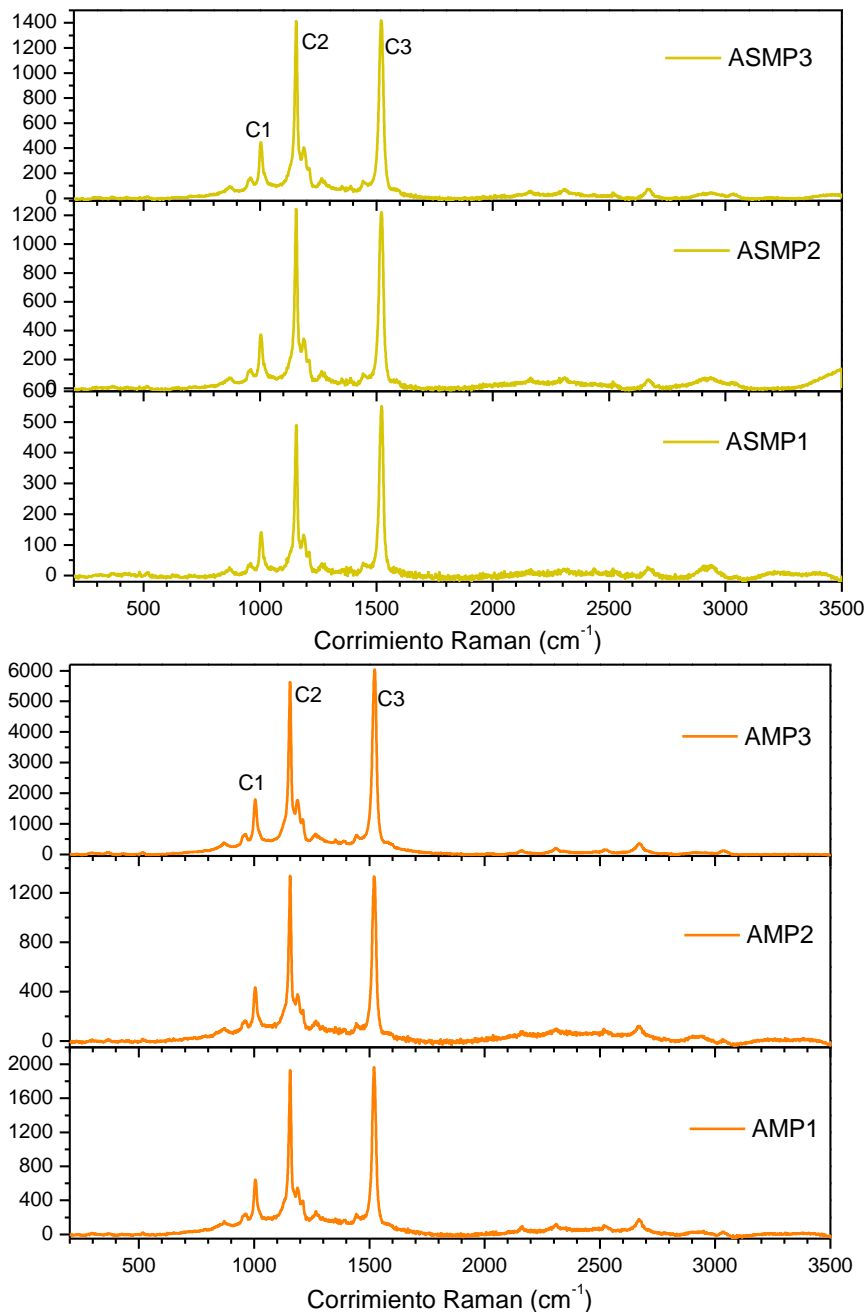
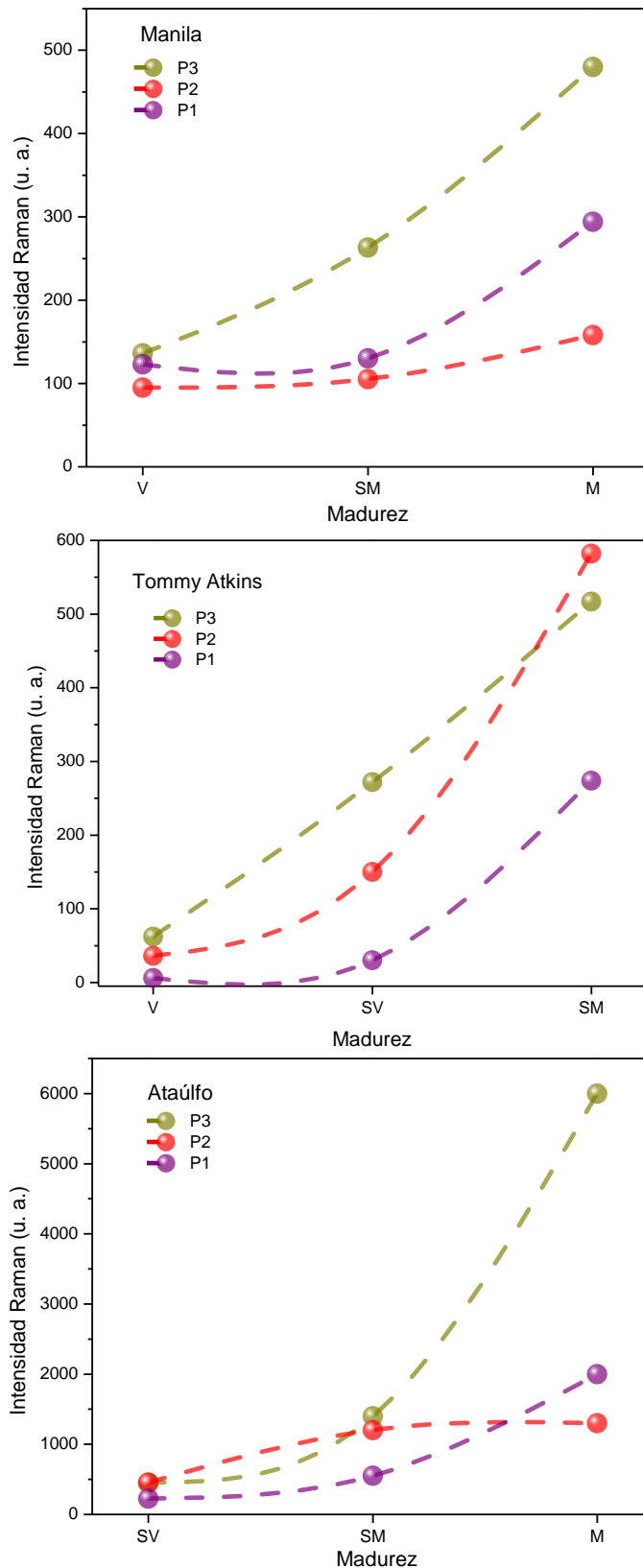


Figura 11.- Espectros Raman en tres puntos diferentes de la pulpa de un mango **Ataulfo semi-maduro**.

En un fruto semi-maduro, las intensidades de las señales asociadas a los carotenoides alcanzan valores cercanos a las 1400 unidades en el P3, 1200 en P2 y 600 en P1. Mientras que, cuando el mango Tommy está maduro en el punto P3 se alcanzan intensidades de hasta 6000 unidades.

Figura 12.- Espectros Raman en tres puntos diferentes de la pulpa de un mango **Ataulfo maduro**.



Consideran la intensidad del pico C3 de los espectros Raman presentados en este estudio, es posible comparar el comportamiento de la concentración de carotenoides para las tres variedades en los tres puntos de la pulpa, como se muestran en las figuras 13(A), 13(B) y 13(C). Para las tres variedades se encontró mayor concentración de carotenoides en el punto más cercano a la cáscara, independientemente de su nivel de maduración, **lo que nos indica que la maduración se da de la cáscara hacia el hueso.** Se tienen reportes de alguna variedad de India que madura en sentido contrario [9].

Figura 13.- Intensidad Raman de los puntos P1, P2 y P3 en función del nivel de madurez de mangos Manila, Tommy Atkins y Ataulfo.

Conclusiones

En este trabajo se ha estudiado el proceso de maduración de tres variedades de mango: manila, Tommy Atkins y Ataúlfo, mediante la técnica de microscopía Raman. En frutos inmaduros, se identificaron señales asociadas principalmente al almidón y cuando los frutos están en etapas semi-verdes, semi-maduras o maduras, se observó la presencia de señales originadas por los carotenoides. Se encontró que las señales de los carotenoides son más intensas en la región más cercana a la cáscara prácticamente en todas sus etapas de maduración, lo que sugiere que la maduración es “mayor” en la región superficial que la zona cercana a la semilla o, en otras palabras, que el proceso de maduración del mango se da de la cáscara hacia la semilla. Además, se encontró que el cultivar “Ataúlfo” tiene 10 veces más carotenoides comparado con las variedades Manila y Tommy Atkins.

Referencias

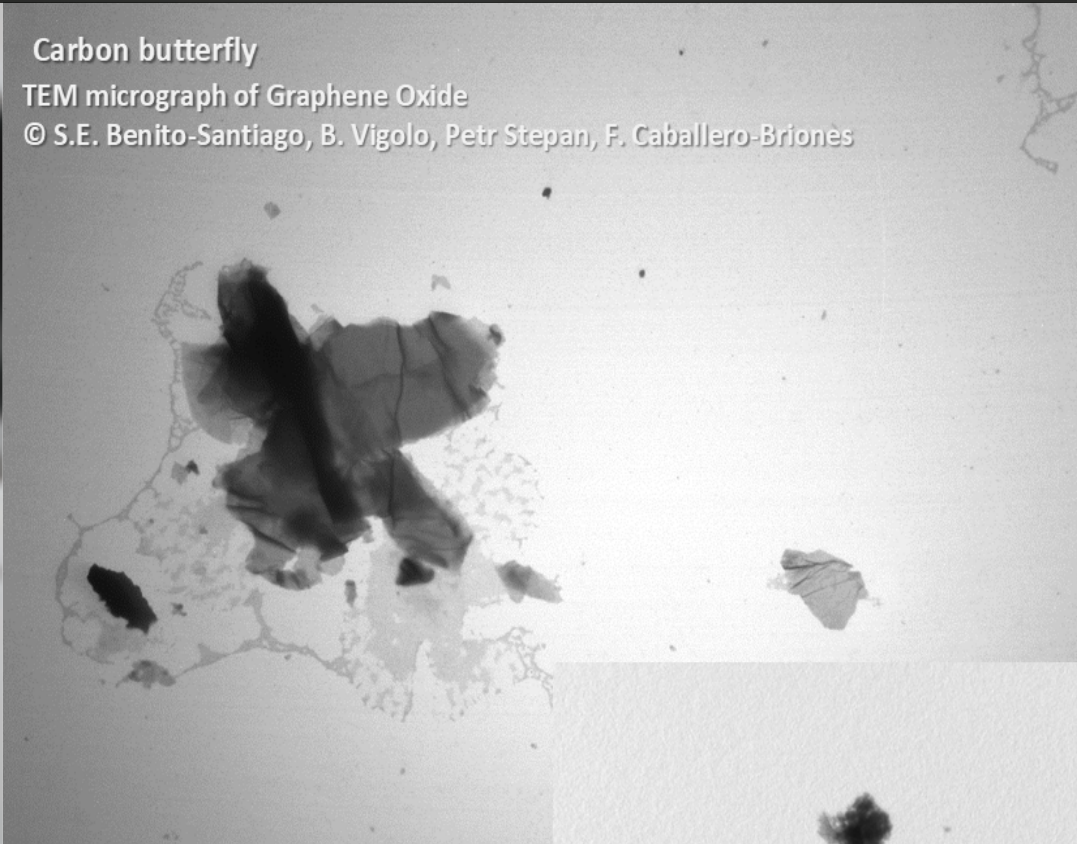
- [1] Secretaría de Economía, 17 de marzo de 2016, <https://www.gob.mx/se/articulos/sa-bias-que-el-mango-ataulfo-tiene-denominacion-de-origen>. Consultada el 1 mayo de 2018.
- [2] Mango manila: márgenes de comercialización, SAGARPA, agosto 2015.
- [3] Mango tomymy atkins: márgenes de comercialización, SAGARPA, mayo 2015.
- [4] Hock-Eng K. et. al., *Molecules* vol. 16, 1710-1738, 2011.
- [5] A. Siller-Sánchez et.al. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila* vol. 5, No 10, 2013.
- [6] Supriya Veda et al. *J. Agric. Food Chem.* vol. 55, 7931–7935, 2007.
- [7] Yuetong Ji et al., *Biotechnol. J.* vol. 9, 1512–1518, 2014.
- [8] M. Tommasini et al. *J. Raman Spectrosc.* vol. 45, 89–96, 2014.
- [9] Smriti Srivastava et al. *Scientific Reports* vol. 6, No. 32557, 2016.

CARBON BUTTERFLY

Carbon butterfly

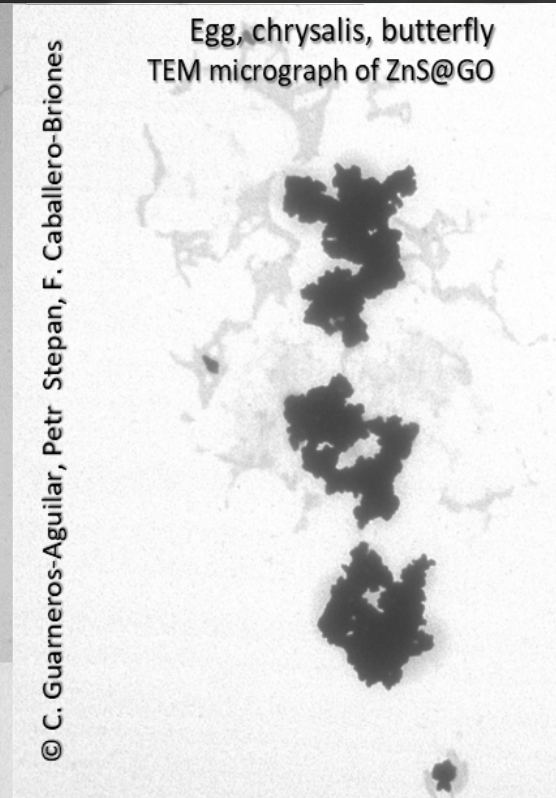
TEM micrograph of Graphene Oxide

© S.E. Benito-Santiago, B. Vigolo, Petr Stepan, F. Caballero-Briones

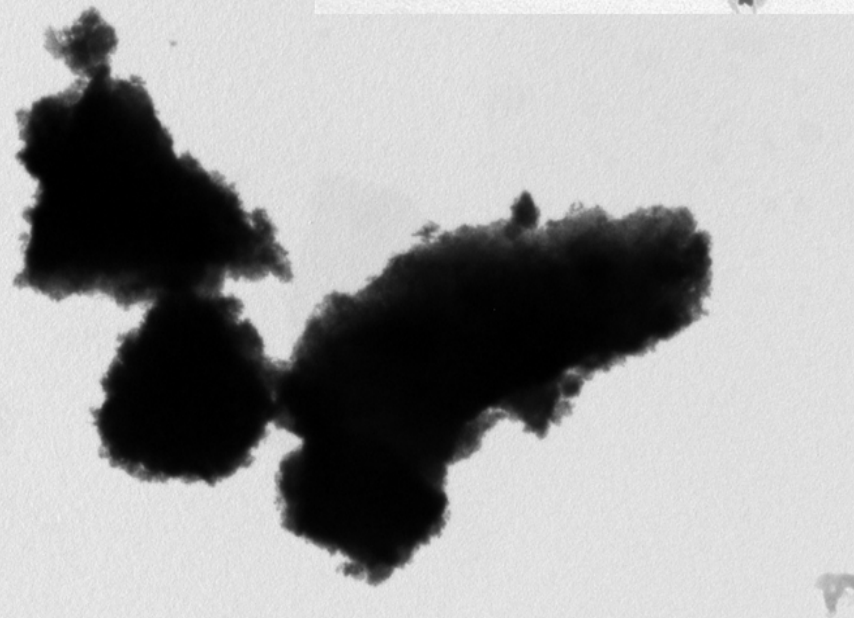


Egg, chrysalis, butterfly
TEM micrograph of ZnS@GO

© C. Guarneros-Aguilar, Petr Stepan, F. Caballero-Briones



El óxido de grafeno (GO) se utiliza como plataforma nanoscópica para fabricar materiales funcionales con variadas aplicaciones. En nuestro grupo (GESMAT-CICATA Altamira) preparamos estos materiales por métodos químicos simples. Las imágenes muestran micrografías electrónicas de transmisión (TEM) de tres materiales: GO, ZnS@GO y NiFe₂O₄@GO. Se aprecia la estructura laminar del GO y las nanopartículas distribuidas sobre las hojas en los materiales decorados. Se utilizó un microscopio JEOL ARM 200F-cold FEG operando a 80 kV. Los polvos se dispersaron en etanol por ultrasonidos y se depositaron en una rejilla "holey carbon copper grid". La barra de escala de las imágenes es 1 μ m.



1 μ m

Butterfly

TEM image of NiFe₂O₄@GO compound

© S.E. Benito-Santiago, B. Vigolo, F. Caballero-Briones

Micrografías SEM de óxidos metálicos nanoestructurados, es posible observar nanotubos de TiO₂ (A), nanohojas(B), nanocolumnas(C) y nanoflores(D) de ZnO, dichas morfologías pueden ser obtenidas por diferentes métodos de síntesis, tanto químicos como físicos.

S. E. Benito-Santiago, B. Vigolo, Petr Stepan, F. Caballero-Briones
GESMAT-CICATA Altamira