



# ANEXO I PROPOSTA DE PROXECTOS DE INVESTIGACIÓN STEMbach

Coordinación STEMbach na Facultade/Eso	cola UVigo:
Nome: Marta Teijeira Bautista	
Enderezo electrónico: <u>qomaca@uvigo.es</u>	Teléfono: 986 812 280
Dirección do proxecto Uvigo:	
Nome: Angela Fontán Bouzas	
Enderezo electrónico:	Teléfono:
afontan@uvigo.gal	
Co-dirección do proxecto UVigo:	
Nome: Carolina Gil Lozano	
Enderezo electrónico: carolina.gil.lozano@uvigo.gal	Teléfono:
Bienio	2023-2025
Número de participantes (máx. 4)	4

NOTA: Os custos derivados da execución deste proxecto de investigación tales como os desprazamentos do profesorado da UVigo ao centro educativo ou doutras actividades establecidas no plan de traballo, correrán a cargo do centro educativo ao que se asigne este proxecto.

#### **Título**

El sabor del chocolate: un asunto de cristalografía	
---	--

#### Resumo

Negro, blanco, solo o con almendras, pero siempre bajo el mismo nombre, el chocolate presenta una infinita gama de sabores detrás de la que, según muestran estudios recientes, está la cristalografía.

Al parecer, el sabor del chocolate depende por alguna vía, no totalmente definida, de la relación de polimorfos de cristales de cacao presentes en la muestra. Como sucede con muchos otros tipos cristales, la estructura cristalina, unida a aspectos como la microestructura determina sus propiedades macroscópicas, solo que en este caso, en lugar del color o la semiconductividad, la propiedad determinada es su exquisito sabor. Este hecho es de gran importancia industrial y económica y hace que las empresas alimentarías, fabricantes de chocolates, inviertan grandes cantidades en la búsqueda cristalográfica del "secreto" de su sabor óptimo.

## Obxectivo

La finalidad genérica del proyecto es mostrar la importancia del estudio de los cristales, y en particular de la cristalografía, en múltiples aspectos de la vida cotidiana. que abarcan no solo los tecnológicos o los estéticos, sino además, los que tienen que ver con la salud o los alimentos y que no son tan frecuentemente divulgados.

De manera concreta, se pretende establecer relaciones entre las propiedades estructurales -determinadas mediante microscopía óptica con luz polarizada y difracción de rayos X- del chocolate comercial [1] procesado por los alumnos mediante protocolos propios, con los aspectos sensoriales [2]. Estos últimos son entendidos como conjunto de propiedades macroscópicas medibles mediante perfiles sensoriales cuantitativos (PSC).

Para ello, un equipo, previamente entrenado, analizará las muestras anónimas, caracterizadas antes mediante DRX, empleando un número de factores diferenciadores (sabor, gusto, dulzor, etc.) medidos en una escala normalizada. La información se recogerá en diagramas sensoriales y finalmente se establecerán correlaciones entre los aspectos estructurales, microstructurales y sensoriales.

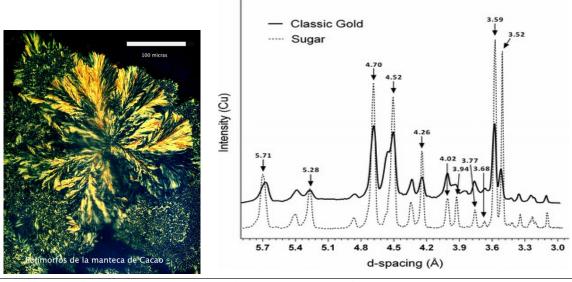
# Universida<sub>de</sub>Vigo



### Plan de traballo

El trabajo se realizará en cuatro tiempos:

- En un primer tiempo, se instruirá a los alumnos mediante una charla, acerca de la idea básica de la Cristalografía, como la ciencia que se encarga del estudio de las estructuras cristalinas de los sólidos y de sus propiedades. Se pondrán ejemplos y se explicaran los conceptos básicos cristalográficos que necesitan para realizar el estudio. Entonces se expondrá el problema de forma genérica: El chocolate presenta distintas estructuras cristalinas. A diferencia de los cristales inorgánicos donde la presencia de polimorfismo es bien conocida, por ejemplo entre el diamante y el grafito, en el chocolate estos polimorfos están asociados a cristales orgánicos de manteca de cacao básicamente compuesta por triacilgliceroles, mezclados con cristales de azúcar. Estos cristales presentan un comportamiento polimórfico complejo, con hasta siete estructuras diferentes y distinto punto de fusión que coexisten en la estructura final del chocolate. La secuencia de transformaciones polimórficas, el conjunto de fases coexistentes en el producto final y su microestructura dependen enormemente del procesado térmico al que se someta el chocolate. Estas transformaciones pueden -en ocasiones- ser observadas mediante el microscopio óptico con control de temperatura y luz polarizada. Estos experimentos nos dan una idea de las fases de manteca de cacao, de sus puntos de fusión y de su morfología. Para entender cómo se organizan estos cristales a nivel molecular, recurriremos al estudio mediante difracción de rayos X[1],[3]. Aunque el análisis estructural de este tipo de polimórfos, basado en diagramas DRX, puede llegar a requerir conocimientos técnicos precisos que caen fuera de lo alcanzable en un proyecto de estas características, es posible, como se describe en el siguiente apartado, restringir el estudio a un conjunto limitado de parámetros relevantes para la caracterización sensorial de la muestra. Con este fin...
- 2. En un segundo tiempo se visitará con los alumnos el CACTI y se realizarán algunos diagramas de difracción de Rayos X de muestras de chocolate comercial. Como ejemplo, se indica en la figura 1 el diagrama de difracción del Lindt Classic Gold, comparado con el diagrama de difracción del azúcar [3]. Básicamente el estudio de los diagramas de difracción consistiría en (1) la identificación de picos específicos del chocolate (por su espaciado, que ocurre normalmente a bajos ángulos) y su comparación con los picos característicos del azúcar. (2) La variación relativa de las intensidades integradas entre los picos de ambas especies para determinar cuantitativamente la fracción relativa de cada fase. Este último análisis puede hacerse en una primera etapa de forma cualitativa y después mediante el empleo programas sencillos que permitan calcular el área bajo los picos, así como su ensanchamiento (FWHM) relacionado con el tamaño de los cristales. Se les enseñara a caracterizar las reflexiones características del polimorfo V (a 6.6 y 3.2nm y a espaciados de 0.46, 0.40, y 0.37nm) [3]. esta fase V presenta un punto de fusión a 38°C con una cinética dependiente de su tamaño y es considerada la responsable del sabor del chocolate.

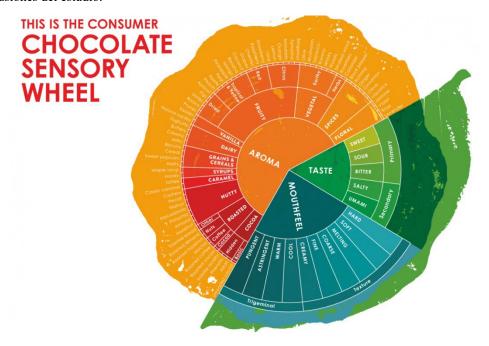


# Universida<sub>de</sub>Vigo



- 3. En un tercer tiempo los alumnos diseñaran sus propias mezclas, a partir de chocolates comerciales y con varios procesos de enfriamiento. Las muestras se guardarán con un nombre en clave y se realizarán diagramas DRX, que los estudiantes analizarán siguiendo el protocolo aprendido en el periodo anterior.
- 4. Como último estudio, un grupo de estudiantes será instruido en el uso de diagramas sensoriales para realizar el análisis descriptivo cuantitativo, con el fin de crear perfiles sensoriales de chocolate. Se entrenará al equipo definiendo varios factores diferenciadores: sabor (chocolate, cacao, acre, ácido), gusto (chocolate, cacao, ácido), dulzor, amargor y astringencia. Para la valoración se utilizará una escala de diez puntos, donde "0" significa la falta de una característica dada, y 10 una característica intensa perceptible. Como ejemplo de este tipo de diagramas, se puede utilizar el "Chocolate Sensory Wheel" [4]

Los resultados de las características sensoriales serán referidos a los parámetros analizados mediante difracción de rayos X (porcentajes relativos de fase V vs. azúcar, tamaño de cristalito, etc.) y se establecerán las conclusiones del estudio.



### Referencias.

- [1] A Method to Qualify and Quantify the Crystalline State of Cocoa Butter in Industrial Chocolate. Journal-of-the-American-Oil-Chemists-Society-1558-9331. <a href="http://dx.doi.org/10.1007/s11746-009-1498-9">http://dx.doi.org/10.1007/s11746-009-1498-9</a>
- [2] Kowalska, J., Kowalska, H., Cieślak, B. *et al.* Influence of sucrose substitutes and agglomeration on volatile compounds in powdered cocoa beverages. *J Food Sci Technol* **57**, 350–363 (2020). https://doi.org/10.1007/s13197-019-04067-z
- [3] Bayés-García, L.; Calvet, T.; Cuevas-Diarte, M. A.; Rovira, E.; Ueno, S.; Sato, K. New Textures of Chocolate are Formed by Polymorphic Crystallization and Template Effects: Velvet Chocolate. Crystal Growth & Design, 2015, 15, 4045-4054.
- [4] Renata Januszewska (2018) Hidden Persuaders in Cocoa and Chocolate: A Flavor Lexicon for Cocoa and Chocolate Sensory Professionals.