A vertical decorative strip on the left side of the page features a microscopic view of starch granules. The granules are oval-shaped with a distinct central hilum and are arranged in a somewhat vertical column. The background is a dark, deep blue, and the granules themselves are a lighter, vibrant blue, creating a high-contrast, textured effect.

UNIVERSITAT DE BARCELONA
FACULTAD DE GEOGRAFÍA E HISTORIA
GRADO DE ARQUEOLOGÍA

**ESTUDIO DE MICRO-
RESTOS DE GRANOS DE
ALMIDÓN EN CERÁMICA
CULINARIA MEDIEVAL**

CRISTINA SIRVENT ALIU

Trabajo Final de Grado

Tutora: Dra. María Soler Sala

Curso: 2015 - 2019

Resumen: Este trabajo plantea investigar los cambios morfológicos de los granos de almidón en contextos culinarios, es decir cuando se cocinan. Para ello, se realizó una colección de referencia de granos de productos locales, para estudiarlos en crudo primero, y posteriormente someterlos a dos procesos de cocción distintos con el uso de dos reproducciones de cerámica medieval. El propósito es, por una parte, conocer qué lugar de la cerámica retiene mejor los almidones, y cómo los procesos culinarios afectan a la morfología de los granos, y por otra parte, profundizar sobre la dieta y las prácticas culinarias de las clases bajas, ya que para la práctica culinaria se utilizaran habas, alimento poco común en la alimentación de las clases más altas.

Palabras clave: almidón, medieval, cerámica, micro-restos, alimentación.

*Abstract: With this project I propose to find out what happens with the morphology of starch grains during a culinary process, when these grains were cooked. To achieve this, we elaborate a reference collection of local products, to study them raw first, and then submit them to two different culinary processes within different reproductions of medieval pottery. The purpose of this research is, on the one hand, to know which place of the pot retains more starch grains, and how the culinary processes affect its structure and morphology, and on the other hand, to furnish evidences about the diet of the poor classes, since for the culinary practice *Vicia faba* will be used, unusual food in the diet of the highest classes.*

Key words: starch grains, medieval, ceramic, micro-residues, cooking.

*Especial agradecimiento a mi abuelo **GERARD ALIU MULÀ**.
Cuando no tenía fuerzas para continuar, sentía que él me las daba.*

También quiero dar las gracias a todas las personas que se interesaron por mi trabajo y me estuvieron apoyando y ayudando hasta el último momento;

Al **Dr. Santiago Riera Mora** ya que sin él este trabajo no se hubiera podido hacer, además de aconsejarme en cualquier problema que tenía, nos hemos ayudado a aprender cosas nuevas sobre un mundo bastante sobrevalorado, como es el almidón. Muchas gracias por todo.

A mi tutora, la **Dra. María Soler Sala**, por aconsejarme y guiarme de la mejor forma posible para que pudiera acabar este último tramo tan complejo.

A la estupenda ceramista y arqueológica **Meritxell Munné i Font**, por hacer esas perfectas cerámicas especialmente para mi trabajo, anteponiendo su vida personal para ayudarme. La paciencia es una virtud que pocas personas tienen. Nunca dejes de brillar.

A la **Dra. Esther Travé Allepuz** por darme valiosos consejos y ayudarme a encontrar el norte cuando pensaba que lo había perdido.

Al **Dr. Xavier Mangado Llach**, por enseñarme y dejarme utilizar tantas veces el microscopio de luz polarizada, y a **Alexandra Livarda** por haber estado a mi lado en los primeros momentos del trabajo, fotografiando y tomando apuntes.

A mis compañeros de clase, que sin darme cuenta se convirtieron en mis compañeros de vida, y son lo mejor que me llevo de la universidad.

Y por último, especial agradecimiento a **BTS**, por no dejarme fracasar durante estos 4 años de carrera. Fueron, son y serán el rayo de luz en mi oscuridad.

감사합니다

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	5
2.- ANTECEDENTES	7
3.- METODOLOGÍA	9
3.1.- PREPARACIÓN Y OBSERVACIÓN DEL ALMIDÓN SIN COCINAR.....	9
3.2.- MÉTODO PRECISO DE COCINA	11
3.3.- EXTRACCIÓN DE MUESTRAS EN CERÁMICA.....	13
3.4.- OBSERVACIÓN MICROSCÓPICA DE ALMIDÓN FRESCO Y COCINADO	15
4.- PRÁCTICA CULINÁRIA	17
4.1.- RECETAS MEDIEVALES:	17
4.2.- DESCRIPCIÓN DE LA CERÁMICA.....	19
4.3.- DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COCCIÓN	21
A) Cerámica 1 - Cazuela:	21
B) Cerámica 2 - Olla:	24
5.- RESULTADOS	25
5.1.- OBSERVACIÓN DEL ALMIDÓN SIN COCINAR	25
5.2.- OBSERVACIÓN DEL ALMIDÓN YA COCINADO.....	26
A) Cerámica 1 - Cazuela:	26
B) Cerámica 2 – Olla:.....	32
6.- CONCLUSIONES	36
7.- BIBLIOGRAFÍA	40
APÉNDICE	42
1.- OBSERVACIÓN DEL ALMIDÓN SIN COCINAR	43
A) Cereales:.....	43
B) Legumbres:.....	52
C) Frutos secos:.....	57
2.- DICCIONARIO	58

1.- INTRODUCCIÓN

La finalidad de este trabajo es la de arrojar nueva luz a algunas preguntas arqueológicas que, a mi parecer, nos deberíamos preguntar en determinados contextos en los que nos encontremos, como por ejemplo contextos domésticos. El objetivo de la arqueología es, a mi modo de ver, la de ayudarnos a entender el pasado de una forma mucho más intensa que la propia historia, ya que a través de los objetos y restos de las antiguas comunidades humanas, podemos reconstruir lo que era para ellos su “día a día”. Con este objetivo, continuamente se están desarrollando metodologías nuevas que ayudan a acercarse más a esta realidad de nuestros antepasados.

He creído conveniente invertir un poco de tiempo en conocer y crear conocimiento sobre un tema bastante poco reconocido, y aún menos estudiado, como la técnica del estudio de almidón, aplicada a la arqueología de la cocina (Henry 2009; 915–922) . Es por ello que he querido centrarme en esta macromolécula, ya que pienso que tiene mucho que aportar al mundo de la arqueología, en especial en temas de alimentación y de los procesos de cocinado.

Mi objetivo para este proyecto será el de documentar los procesos de transformación de los granos de almidón en contextos de cocina, ya que, el almidón puede llegar a identificarse a nivel de género o especie por su morfología, pero, a diferencia de lo que ocurre con el grano de polen, la estructura del almidón cambia según los procesos de cocinado por los que se vea afectado. De esta forma, el almidón encontrado en cerámicas utilizadas para cocinar alimentos, modificará su morfología en relación con el almidón en crudo, pero igualmente mantendrá características morfológicas que lo ayudaran a reconocer como tal. La técnica de los almidones aplicados a procesos de cocinado ya se ha utilizado en arqueología desde hace algunos años, tanto procedentes de industria lítica como de cerámica (Hart 2011; 3244-3253), pero se ha querido continuar estos estudios plantando nuevas perspectivas.

Para ello, este proyecto se ha dividido en dos partes. La primera será la de elaborar una colección de referencia de diferentes órganos vegetales ricos en almidón (cereales, legumbres y frutos secos), los cuales se observaran con microscopio y se describirá su morfología así como otras características relevantes para su determinación (Reichert, 1913). Una vez tengamos esta lista de productos descrita, a ser posible con alimentos procedentes de Cataluña, procederemos con la segunda parte práctica del trabajo, que consiste en la cocción de un alimento seleccionado en una reproducción de cerámica actual pero elaboradas con técnicas y formas medievales.

He creído conveniente realizar la practica en cerámicas medievales ya que se tiene bastante conocimiento de las practicas culinarias de esta época, como en el libro de *Sent Soví*, donde

aparte de recetas, también hacen descripciones de las cerámicas utilizadas (Santanch 2015a). No obstante, me daba la sensación de que la información que nos había llegado no reflejaba la realidad de un sector relevante de la sociedad, ya que eran únicamente las clases más altas las que plasmaban por escrito sus vidas, y sus recetas de cocina, las cuales son las que nos han llegado documentadas. Por tanto, al buscar información sobre la alimentación de las comunidades medievales, pude ver un gran uso de carnes y pescados, la mayoría caros o al menos, poco comunes, como por ejemplo faisanes, capones, pavos reales, perdices, y pato entre otros (Santanach 2015b; 44). Estos productos estaban claramente al alcance de unos pocos. Lo que me sorprendió fue el poco uso de legumbres en sus platos, sirviéndolos únicamente como acompañantes de carnes u otro tipo de proteína. Por ese motivo, propuse realizar este estudio de almidón, conjuntamente con este análisis de la sociedad medieval de clase baja a través de la cocina, con un alimento en específico; *Vicia faba*, o comúnmente llamada haba.

Este tipo de legumbre no era muy común en las dietas de las clases altas, ya que por su característico sabor y textura, era alimento propio de los sectores más humildes (Santanach 2015: 64-65). Existe gran variedad de recetarios, libros de cuentas en donde aparecen los alimentos que compraban, diarios en los que se mencionan cultivos de cereales y/o legumbres, y por supuesto, muchos restos arqueológicos de cerámica culinaria, pero como ya he comentado anteriormente, la mayoría de los textos que nos han llegado pertenecían a por unos grupos sociales determinados, y no mostraban la totalidad de la sociedad medieval. Así que me he propuesto contribuir al conocimiento de las clases más pobres de la sociedad, pero desde otra perspectiva, la de los granos de almidón, ya que es una aproximación muy poco explorada, pero que creo puede ser una fuente muy rica de información, y que nos podría ayudar a aclarar muchas dudas que aún existen incluso en contextos bastante bien conocidos, como es el ámbito culinario.

Para ello, contaremos con dos reproducciones hechas especialmente para este trabajo por la arqueóloga y ceramista Meritxell Munné, en donde cocinaremos de dos formas diferentes un mismo alimento; en este caso, utilizaremos las habas, las cuales serán hervidas con agua en una olla, y cocinadas también con agua en una cazuela pero para hacer puré, para así poder comprobar no solo cómo cambia la morfología del almidón de esta legumbre cuando es sometida al calor, sino también conocer cómo el tipo de cocción y preparación influye en la transformación de la macromolécula.

Además, una vez el experimento haya finalizado, se recuperarán restos de almidón incrustados en la cerámica para así poder conocer en qué lugar del objeto se ha documentado la mayor agrupación, y en qué estado se encuentran, para así después, poderlo utilizar en contextos arqueológicos reales.

2.- ANTECEDENTES

Existe una gran dificultad a la hora de acercarse a la alimentación de los sectores más humildes de la sociedad, así pues, en estos casos, la arqueología se hace imprescindible para su conocimiento, pues es a través de los restos arqueológicos, que podemos reconstruir las vidas de las personas que fueron, en muchas ocasiones, olvidadas en la historiografía.

Se han realizado muchos estudios de almidón enfocados a temas de alimentación y dietas (Henry, Piperno 2008: 1943-1950), o a temas de restos de almidón en objetos líticos o de metal (Tao et al., 2011; Acosta et al. 2015), pero en cambio, estudios de restos de almidón en cerámicas, en donde se pueda ver la variabilidad de morfologías que pueden presentar los granos de almidón sometidos a calor en diferentes métodos de cocción, son escasos. No obstante hemos podido encontrar algunas referencias (Henry et al., 2009: 915-922; de Miranda 2019: 1-20; Ollich i Castanyer 2002; 145-165) que nos han ayudado a plantear el experimento y a conocer lo que nos íbamos a encontrar una vez comenzáramos la investigación.

Primeramente, es necesario conocer lo que se va a estudiar: el almidón es una macromolécula que se produce en diferentes partes de la planta como una forma de almacenar energía para la misma. Están formados por dos polisacáridos principales, la amilosa y la amilopectina, las cuales forman cadenas interconectadas entre ellas. Las ramas de la amilopectina forman hélices dobles, que se cristalizan y contribuyen a la naturaleza semi-cristalina de los granos de almidón (Bertoft 2017; 1).

Los granos son creados mediante la fotosíntesis, en donde la energía de la luz solar se convierte en una forma sólida de energía potencial dentro de los cloroplastos. Dicha luz solar inicia un proceso por el cual los átomos de agua son divididos en hidrogeno y oxígeno, para después recombinar el hidrogeno con dióxido de carbono, y así transformarlo en glucosa. Así pues, cuando la planta necesita energía, los almacenes de almidón se convierten nuevamente en azúcar, para así trasladarse a las partes de la planta donde se necesiten (Gott et al., 2006; 35-45).

La formación de los granos de almidón comienza en un punto llamado *hilum*, gracias a la creación sucesiva de capas concéntricas, a partir de estas cadenas de amilosa con ramificaciones de amilopectina, las cuales formaran las *lamellae* (véase APÉNDICE; 2). Cuando las condiciones de crecimiento del grano de almidón son normales, se agrega una *lamellae* al día.

El almidón puede encontrarse en casi cualquier parte verde de la planta, ya sea en las hojas, frutos, raíces, brotes o tallos (Gott et al., 2006; 35-45).

Visto bajo un microscopio de luz polarizada puede verse la llamada cruz de extinción, que no es otra cosa que el efecto que crea la desviación de la luz a causa de las diferentes densidades y

estructuras que constituyen los granos de almidón, la cual crea regiones brillantes y otras de oscuras (Loy 1994: 89). Se observan de manera radial alrededor del punto de cruce central, es decir, del *hilum*, porque los granos de almidón tienden a tener una morfología esférica.

Los granos de almidón pueden perder su estructura semi-cristalina y sus propiedades birrefringentes a causa de diferentes factores, uno de ellos es el calor, el cual vamos a utilizar como punto de partida en este trabajo. La estructura de los granos de almidón hace que en presencia de agua a una determinada temperatura, éstos la pierdan, y se diga que han sido gelatinizados. La pérdida de ésta significa también la pérdida parcial o total de la cruz de extinción (Loy 1994: 92), ya que ésta está directamente ligada con las características de ramificación de las cadenas de amilosa y amilopectina, las cuales forman la estructura cristalina.

Este concepto llamado gelatinización (Loy 1994: 91; de Miranda 2019: 2) ocurre cuando, después de romperse la estructura cristalina de los granos de almidón a causa de la inclusión del agua en la misma estructura organizadora, estos cristales restantes se fusionan (de Miranda 2019: 2), creando así la apariencia gelatinizada que se observa después de una cocción.

Los granos de almidón se pueden clasificar en dos tipologías; simples, cuando cada plastidio contiene un solo gránulo, o compuestos, cuando hay muchos granos en el interior de los amiloplastos (de Miranda 2019: 3), los cuales tienen morfología de “saco” y son totalmente incoloros, al igual que los plastidios. Cuando mencionamos que un grano de almidón se ha gelatinizado, estamos hablando de uno de compuesto, es decir, un amiloplasto repleto de granos simples de almidón, los cuales han perdido por completo su estructura cristalina.

Por tanto, a niveles arqueológicos conocer este tipo de macromoléculas es importante, ya que puede dar información sobre hábitos alimenticios de antiguas poblaciones, uso de utensilios especializados como los molinos de piedra para la molienda del grano, técnicas y prácticas culinarias como la cocción de dicho alimentos en vasijas cerámicas especializadas para ese uso, así como información sobre la económica y el comercio de la zona.

De estudios realizados en la zona de Cataluña que hubieran tratado este tema, encontramos el trabajo realizado en el yacimiento de La Esquerda, en la Plana de Vic (Ollich i Castanyer 2002; 145-165), en el cual estudian los restos dentro en una cerámica encontrada en un hábitat rural. Los resultados de este análisis informaron de la presencia de almidones de legumbre, en concreto de la especie *Vicia faba*, los cuales se encontraban en un estadio avanzado de gelatinización de los amiloplastos, por lo que la cruz de extinción ya no se podía observar.

Se ha querido que este trabajo sea un avance más a todos los estudios realizados de este tema, para así poder solucionar la problemática del muestreo en caso de encontrarse con una cerámica en donde la probabilidad de encontrar restos vegetales es alta.

3.- METODOLOGÍA

3.1.- PREPARACIÓN Y OBSERVACIÓN DEL ALMIDÓN SIN COCINAR

Primero, deben establecerse unos parámetros para la recogida de los alimentos que vamos a analizar, como por ejemplo, qué tipo de alimentos nos interesan, qué procedencia deben tener, qué características deben cumplir, y qué cantidad debemos utilizar. En este caso, hemos preferido utilizar productos locales para así obtener mayor resolución específica de los resultados, ya que muchos productos que se venden en supermercados y comercios similares provenientes de diferentes partes del mundo pueden corresponder a variedades no autóctonas, o haber pasado algún tipo de proceso para su mejor conservación. Es por ello que casi todos los alimentos utilizados provienen de agricultores locales, la mayoría del Maresme o de Lleida y Barcelona, intentando acotar lo máximo el área de recogida a únicamente zonas de Cataluña.

Se seleccionaron un total de 16 muestras de diferentes productos, entre ellos 8 tipos de cereales, 5 tipos de legumbres y 3 de frutos secos, para así poder observar las diferencias tipológicas y morfológicas de los granos de almidón de diferentes especies alimenticias. Del conjunto de especies seleccionadas, se escogió la legumbre *Vicia faba* para proceder con la segunda parte del trabajo, el experimento culinario, para así conocer cómo eran las características del almidón de este alimento en concreto en crudo, y una vez cocinado.

Todas las muestras frescas fueron depositadas dentro de una placa de Petri (fig. 1) con agua destilada para así favorecer su rehidratación y la extracción del almidón (Henry 2009; 915–922). Posteriormente se trituraron los alimentos en un mortero de ágata (fig. 2) para liberar los granos de almidón. La acción de machacar los productos una vez se encontraban levemente hidratados funcionó a la perfección, ya que el resultado fue un líquido blanquecino en donde se concentraban grandes cantidades del almidón (fig. 3).



Figuras 1, 2 y 3: De izquierda a derecha: *Vigna unguiculada* depositada en la placa de Petri con agua. Durante el proceso de machacado, y el resultado de la acción. (Fotografías realizadas por Alexandra Livarda y Cristina Sirvent).

Una vez se disponía del residuo del machacado, recogíamos una alícuota del líquido (entre 2 y 3 ml) con la ayuda de una pipeta automática (fig. 4), el cual depositábamos dentro de tubos Eppendorf de plástico de centrifugado, que servían como tubos de almacenaje para las muestras de almidón una vez procesadas (fig. 5). Intentábamos recoger la muestra homogenizando bien los restos del machacado, para así intentar recoger todos los almidones posibles, los cuales poco a poco se iban depositando en el fondo del mortero. Una vez teníamos el tubo de plástico con la muestra en su interior, procedíamos a hacer dos etiquetas, una para el mismo tubo, y otra que iría en el portaobjetos que utilizaríamos para observar la muestra mediante el microscopio óptico (fig. 6).



Figuras 4, 5 y 6: De izquierda a derecha: Fotografía de la pipeta automática utilizada para el proceso de recogida de almidón. Tubo de plástico con la muestra de Avena sativa en su interior, y portaobjetos, ambos con su correspondiente etiquetado. (Fotografías hechas por Alexandra Livarda y Cristina Sirvent).

Posteriormente, se extrae con la pipeta automática una pequeña parte del líquido resultante (50 microlitros). La muestra se deposita en el portaobjetos, y se mezcla a partes iguales con glicerina (fig. 7). A continuación, la muestra se cubre con el cubreobjetos y se sella con esmalte de uñas transparente (fig. 8).



Figuras 7 y 8: De izquierda a derecha: fotografía del momento en que depositamos la muestra de almidón en el portaobjetos. Y sellado de las dos láminas de cristal para evitar fugas del contenido o entrada de aire. (Fotografías hechas por Alexandra Livarda y Cristina Sirvent).

3.2.- MÉTODO PRECISO DE COCINA

Al igual que con la práctica anterior, tenemos que determinar los parámetros específicos que van a ser medidos, en este caso nos fijaremos en dos especialmente; tiempo y temperatura. Antes de comenzar con la práctica culinaria debíamos tener claro lo que queríamos conseguir, que era ir recogiendo muestras de almidón, tanto del agua que utilizamos para cocinar los alimentos, como de los propios alimentos, (habas en este caso), para así luego establecer una relación de temperatura y tiempo de cocción y la evolución de la morfología de los granos de almidón una vez descritos al microscopio.

Para este experimento se utilizaron dos cerámicas de distintas tipologías, una olla y una cazuela (fig. 9 y 10), para así conocer qué diferencias obtendríamos de una cocción a otra, según el tipo de cerámica empleada, y cómo la forma de los contenedores podría afectar a los restos de almidón. Además, se pretendía valorar qué tipo de recipiente es más susceptible a la retención de almidones. Las dos cerámicas fueron lavadas con agua destilada previamente, para así evitar cualquier tipo de suciedad residual o de posible contaminación ambiental. A continuación fueron secadas a 60°C. Se utilizaron 160g de *Vicia faba* para este experimento (fig. 11), 80g en cada cerámica, para así acotar las posibles variantes en los resultados finales. Todas ellas fueron lavadas con agua destilada y secadas a 60°C, previamente a su cocción.

Dadas las características de las cerámicas, la cazuela podía almacenar menos cantidad de agua que la olla, así que en la primera se introdujo 500ml, y en la segunda 1000ml. En ambos casos se utilizó agua destilada, para así, como ya hemos mencionado anteriormente, evitar posibles contaminaciones y obtener resultados comparables.

La fuente de calor para esta práctica fue un hornillo eléctrico de doble placa de 1500 W. Colocamos las cerámicas ya limpias y secadas una encima de cada placa, y vertimos el agua en su interior, respectivamente, y con la ayuda de un termómetro de mercurio controlamos la temperatura (fig. 12), para así, llegados a los 100°C y por tanto, cuando comenzara a hervir el agua, introducir los 80g de *Vicia faba* en cada vasija.



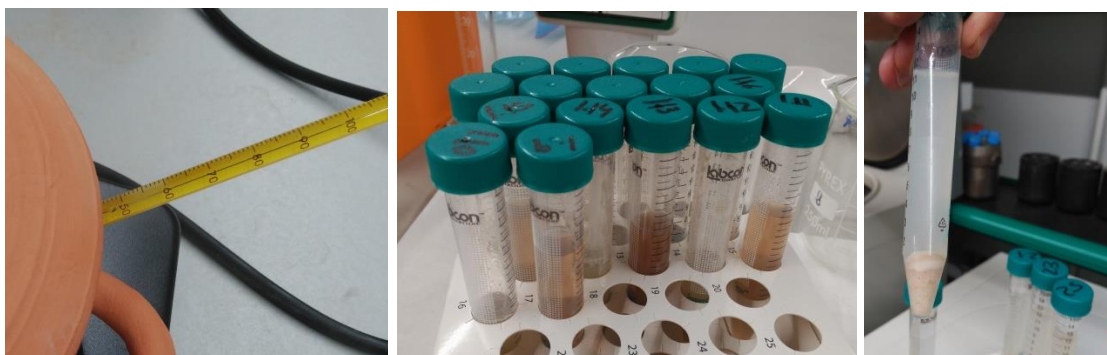
Figuras 9, 10 y 11: De izquierda a derecha: Fotografía de la cazuela y de la olla utilizadas para este experimento, hechas por Meritxell Munné. Fotografía de las legumbres utilizadas, *Vicia faba*. Ambas fotografías hechas por Cristina Sirvent.

Una vez comenzó el proceso de cocción, establecimos unos tiempos de muestreo, los cuales variaron dependiendo de la cerámica; para la cazuela, la cual se le denominó “ recipiente número 1”, recogimos muestras tanto de agua como de la misma legumbre cada 10, 15, 20, 30, 40, 45, 50 y 60 minutos, haciendo una última recogida a los 70 minutos, una vez se apagó el fuego y se dejó que el agua restante que quedase se acabase de evaporar o de absorber por las legumbres restantes. Todos los tiempos fueron cronometrados con la ayuda de un teléfono móvil.

En el caso de la olla, la cual fue denominada “ recipiente número 2”, los tiempos entre muestreo fueron de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 minutos, también cronometrado con la ayuda de un teléfono móvil. En este caso, los intervalos de muestreo fueron más espaciados debido a las características de las legumbres, ya que al contener mayor cantidad de agua que en la cazuela, la cocción fue más lenta, y por tanto las habas tardaron más en cocinarse completamente.

En cada tiempo de muestreo durante la cocción se recogían, con la ayuda de un gotero de plástico desechable que utilizábamos para esa muestra exclusivamente, 11ml del agua empleada para cocer la *Vicia faba*, y una única legumbre, la cual era depositada en un mortero de ágata para su siguiente machacado y recogida del líquido resultado de esta extracción, el cual contenía los almidones. Ambas muestras se colocaban dentro de un tubo de ensayo de plástico, con su correspondiente numeración (fig. 13). También se recogieron muestras de las cerámicas, una de las paredes internas, otra del fondo, y otra de los bordes de la tapadora (en el caso de la cazuela), para así intentar observar posibles restos de almidón en la superficie de estos objetos cerámicos.

Todas las muestras resultantes fueron puestas en una centrifugadora durante 5 minutos a 2000 revoluciones por minuto, para que el material extraído se concentrara y se pudiese eliminar el agua mediante decantación (fig. 14). De esta práctica culinaria fueron recogidas un total de 39 muestras.



Figuras 12, 13 y 14: De izquierda a derecha: Fotografía detalle de la cazuela justo en el momento de alcanzar 100°C. Tubos de ensayo de plástico con las muestras. Resultado de pasar las muestras por la máquina centrifugadora. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

3.3.- EXTRACCIÓN DE MUESTRAS EN CERÁMICA

En el siguiente apartado se describen de los procesos utilizados para la extracción de los residuos restantes de la práctica culinaria de ambas cerámicas, tanto la olla como la cazuela. Se siguieron procedimientos similares en ambos casos, pero variando ligeramente la metodología. Para el caso del recipiente número 1, la cazuela, una vez se procedió a apagar el fuego y apartar la cazuela del hornillo, se machacaron las legumbres en la misma cerámica para así asegurar que hubiera restos suficientes adheridos a la cerámica, y fueron recogidas un total de 4 muestras.

Con la ayuda de cepillos de dientes comprados exclusivamente para la práctica, se procedió a limpiar las paredes interiores de la cerámica mediante un raspado y el uso de agua destilada (Hart 2011: 3244-3253), después, el cepillo era limpiado en un recipiente con agua destilada, de donde se recogía la muestra con la ayuda de un gotero de plástico desechable, y se colocaba en un tubo de ensayos de plástico con su correspondiente numeración (fig. 15). Otro cepillo fue utilizado para limpiar el fondo de la cerámica, el cual había sido limpiado anteriormente con agua y de forma superficial, únicamente para extraer los restos de la legumbre adheridos como resultado de haberlas machacado *in situ*. Igualmente, se procedía a limpiarlo en un recipiente con agua destilada, y a recoger la muestra para almacenarla en los tubos de ensayo. Era curioso ver cómo, dependiendo de la zona de donde se recogía la muestra, la coloración de ésta variaba. La muestra recogida de las paredes interiores era de un color oscuro, resultado probablemente de una sobre-cocción que había hecho que se quemaran los alimentos en estos sectores (Saul et al. 2012: 3483-3492).

De un color oscuro similar era la muestra que también recogimos de los bordes de la tapadora. Se decidió a examinarla ya que en un momento dado del proceso de cocción, la tapadora se encontraba mal cerrada, y el agua en ebullición acabó precipitando por uno de los lados de la cerámica, manchando la tapadora y dejando tras de sí un rastro oscuro, el cual pensamos que podría contener restos de almidón (fig. 16). Se procedió a extraer un poco de este líquido oscuro utilizando el mismo método que para las paredes interiores y el fondo de la cerámica.



Figuras 15 y 16: Izquierda, fotografía durante el proceso de limpiar las paredes internas de la cazuela. Derecha, fotografía de la precipitación oscura. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

Una vez las muestras del recipiente número 1 fueron tomadas, esta fue lavada a consciencia utilizando un cepillo más ancho. Una vez se terminó, se volvió a muestrear en busca de más residuos de almidón, ya que en un caso arqueológico real, las cerámicas que pudiéramos encontrar habrían sido lavadas después de cocinar los alimentos en ellas, es decir que no encontraríamos una cerámica aún sucia con restos de comida en su interior.

Para el recipiente número 2, la olla, se procedió a seguir un protocolo similar, pero en este caso fueron recogidas dos únicas muestras. La primera fue extraída de las paredes internas del objeto cerámico, ya que presentaban una clara coloración oscura, producto de una carbonización o bien de las legumbres, o bien a causa de que los almidones residuales en las paredes se acabaron cocinando en exceso (fig. 17), y la segunda se recogió en el fondo de la cerámica, pero, una vez más, la coloración resultante fue más bien de una tonalidad anaranjada (fig. 18).

De igual manera, se utilizaron cepillos de dientes para recoger los residuos, los cuales se limpiaron con agua destilada en un recipiente, y el resultado de esta limpieza fue depositado en un tubo de ensayos de plástico, respectivamente.



Figuras 17 y 18: Izquierda, fotografía del proceso de extraer muestras de las paredes de la cerámica. Derecha, fotografía de las muestras resultante, en donde se pueden observar las diferentes coloraciones obtenidas. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

Una vez tuvimos todas las muestras preparadas, éstas se prepararon para su observación con el microscopio de la misma manera que se habían preparado las anteriores muestras con almidones sin cocinar. Así, se extrajo una alícuota; del líquido de los tubos de ensayo de plástico centrifugados con la ayuda de una pipeta automática, y después se depositaba una pequeña cantidad en el portaobjetos, mezclada a partes iguales con glicerina. A continuación, se colocaba un cubreobjetos y lo sellábamos con esmalte de uñas transparente.

3.4.- OBSERVACIÓN MICROSCÓPICA DE ALMIDÓN FRESCO Y COCINADO

Para la realización de esta colección de referencia hemos cogido en total 16 muestras de diferentes tipos de cereales (8 muestras), legumbres (5 muestras), y frutos secos (3 muestras). Todos estos productos utilizados provienen de diferentes partes de Cataluña. Hemos intentado que fueran alimentos cultivados por agricultores locales para evitar caer en el error de utilizar alimentos procesados y de origen desconocido para así no tener resultados confusos o engañosos. A pesar de ellos, en algunos (muy pocos) casos, en los que no ha sido posible localizar productos de origen conocido, se ha optado por utilizar marcas vendidas en supermercados. Así ha ocurrido, por ejemplo, con el arroz, *Oryza sativa*, aunque asegurando un origen catalán.

TIPOLOGIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ORIGEN
Cereal	<i>Avena sativa</i>	Avena	Cabrera de Mar
Cereal	<i>Oryza sativa</i>	Arroz	Barcelona
Cereal	<i>Triticum durum</i>	Trigo duro	Bell-lloc d'Urgell (Pla d'Urgell)
Cereal	<i>Triticum monococum</i>	Trigo escaña	Sur de Francia (Provenza)
Mijo	<i>Panicum miliaeceum</i>	Mijo	Cabrera de Mar
Cereal	<i>Hordium vulgare</i>	Cebada	Bell-lloc d'Urgell (Pla d'Urgell)
Cereal	<i>Triticum aestivum</i>	Trigo	Bell-lloc d'Urgell (Pla d'Urgell)
Cereal	<i>Secale cereale</i>	Centeno	Ftan (Alpes suizos),
Legumbre	<i>Vigna unguiculata</i>	Judía	Cabrera de Mar
Legumbre	<i>Cicer arietum</i>	Garbanzo	Cabrera de Mar
Legumbre	<i>Vicia faba</i>	Haba	Cabrera de Mar
Legumbre	<i>Pisum sativum</i>	Guisante	Barcelona
Legumbre	<i>Lens culinaris</i>	Lenteja	Barcelona
Fruto seco	<i>Prunus dulcis</i>	Almendra	Vilassar de Dalt

Tabla 1: Especificación del origen de las especies utilizadas para este trabajo. Tabla realizada por Cristina Sirvent.

Cuando la muestra ya estaba lista en la preparación, se colocó en el microscopio óptico de transmisión para poder observar los granos de almidón (fig. 19), y se observó a 400 aumentos. La misma preparación fue objeto de observación mediante un microscopio de luz polarizada a x400, con el objetivo de determinar la estructura cristalina del grano.

Cada uno de los alimentos seleccionados para la colección de referencia fue descrito y fotografiado, haciendo, para cada individuo, una ficha técnica con las características y descripciones morfológicas. Siguiendo el modelo descriptivo de diferentes artículos (Henry et al., 2009; 915–922; Tao et al., 2011; 3577-3583), se ha seleccionado las características que más interesaba describir y estudiar una vez los granos eran observados desde una perspectiva superior; la disposición de dichos granos (si se encuentran unidos, agrupados o aislados los unos

de los otros), la morfología general de los granos, el número de facetas (si es que tiene), si posee o no *hilum* y *lamellae*, y en el caso de poseer, de qué tipo es y en qué lugar del grano se encuentra. Si tienen *figures-cracks* o no, y en caso de tener, de qué tipo son y si estas son muy profundas o superficiales, el tamaño de los propios granos (basado en la medición de entre 15 y 25 individuos para obtener un valor medio), y por último, visto todo con el microscopio de luz polarizada, si los granos poseen cruz de extinción o no, en qué estado se encuentra (dependiendo de la temperatura y otros procesos, la cruz se puede ir degradando y haciéndose cada vez más ancha hasta desaparecer), y de qué tipología son (fig. 20 y 21). Todas estas características se sintetizan en un anexo en el trabajo (véase APÉNDICE. 1).

Pero en este trabajo únicamente nos centraremos en describir y analizar la muestra de *Vicia faba*, tanto antes de cocinar, como después de cocinar, ya que es el alimento que vamos a utilizar para analizar una práctica culinaria y sus repercusiones sobre morfología de almidones. Así pues, el resto de descripciones que se han realizado de los otros alimentos recogidos, todo ellos estudiados únicamente en crudo, es decir, sin cocinar, se han colocado en el apartado de los apéndices, para así servir de información complementaria, junto a un pequeño diccionario con los términos y morfologías empleados en dicha descripción.

Una vez terminamos de observar y documentar debidamente todas las muestras, pasamos a observarlas por el microscopio óptico de luz polarizada para así poder analizar la estructura cristalina del grano mediante la observación de la cruz de extinción de dichos granos de almidón, y anotar a su vez, las características y anomalías de estos en general. Nos fijábamos en aspectos como si poseía o no cruz de extinción, y si poseía, determinar su tipología (véase APÉNDICE. 2).



Figuras 19, 20 y 21: De izquierda a derecha. Fotografía de mi misma observando las muestras a través del microscopio óptico de transmisión. Fotografía de Alexandra Livarda observando y fotografiando las muestras. Resultado de las fotografías. (Fotografías hechas por Alexandra Livarda y Cristina Sirvent).

4.- PRÁCTICA CULINÁRIA

4.1.- RECETAS MEDIEVALES:

Como ya se menciona anteriormente en la introducción de este trabajo, el hecho de querer encontrar alguna receta medieval que utilice, en este caso, legumbres, fue bastante difícil, por no decir casi imposible, ya que este producto no era común en las dietas de las clases más altas de la sociedad medieval. En los recetarios que nos han llegado hoy en día no aparecen demasiadas recetas en donde se utilicen legumbres para cocinar, ya que era un producto considerado de clase baja y “rustico” que no era bien visto comerlo en las clases más acomodadas, y que por sus características, los médicos advertían de su consumo como alimento, ya que podían ocasionar mareos, confusión en la cabeza, suspiros, sensación de malestar, y abundancia de malos humores (Adamson 2004; 6).

“Mientras que la medicina medieval consideraba las legumbres el segundo vegetal en importancia después de los cereales, su papel en el libro de Llibre de Sent Soví, es absolutamente marginal. [...]. Ciertamente, las legumbres no eran considerados dignos de una mesa aristocrática. Los médicos los consideraban aptos únicamente para estómagos rústicos, porque son difíciles de digerir y producen ventosidades. Eran, por el contrario, un producto central en la alimentación campesina, menestral y monástica.” (SANTANACH, 2015a, 46)

Los manuales medievales aparecieron en la historia de la misma forma que muchos escritos a lo largo del tiempo; con la intención de dejar un testimonio a las generaciones futuras, de los conocimientos que se poseían en el pasado. Así pues, con la intencionalidad de dejar un legado, y una memoria en la historia, las clases más altas y los cargos monásticos que podían permitirse, primero de todo saber leer y escribir, y segundo, poder adquirir los utensilios necesarios para la escritura, plasmaban sus conocimientos sobre diferentes temas creando así los manuales que nos han llegado hasta nuestros días. De los que nos han aportado más información sobre esta época, encontramos por ejemplo, los recetarios de cocina, los cuales son un reflejo de la voluntad de la nobleza y la alta burguesía de dejar un testimonio de su paso y poder en la historia.

De las pocas recetas que se han podido recopilar de época medieval, se han escogido la de *Lentyles* y *Ciurons pus tenres*, (lentejas y garbanzos tiernos), las cuales ofrecen una pequeña descripción de los pasos a seguir para conseguir este plato principal a base de legumbres:

“Lentiyles: perbul-les hom, si·s vol. E puys ayes pa torrat, benyat en vinagre espès, e de les lentiyles e çebe sofrite. Mas, abans, hi deu hom metre çebes e ayls ab eles ensemps, e pot-hi hom metre juyvert e sàlvie e mente, que y deuen coure primerament ab ayls e ab çebe taylade sofrite. Deu ésser mese en la salse”. (Santanach, 2015b, 133).

Traducción castellana: “Lentejas: Se hierven, si se quiere. Después ten pan tostado remojado en vinagre espeso, y las lentejas y las cebollas sofritas. Pero, antes, se tienen que poner cebollas y ajos juntamente con las lentejas, y se puede poner perejil, salvia y menta, que se tienen que cocer primero con ajos y la cebolla cortada sofrita. Se tiene que poner en la salsa”.

“Ciurons pus tenres: Si-ls vols adobar, fes bolir la let ab oli e sal, e çebes entegres en IIII quartons, e de les çebes dites que auràs meses, e del gíngebre e de l’agraç. E mit los ciurons levats ab aygüe calde, e tantost serán cuyts. Ítem pots adobar en aquesta manera faves tenres”. (Santanach, 2015b, 147).

Traducción castellana: “Garbanzos más tiernos: Si quieres prepararlos, hazlos hervir en la leche con aceite y sal y cebollas enteras en cuatro trozos, y añádele hierbas de las mencionadas, jengibre y zumo de uva verde. Ponle los garbanzos lavados con agua caliente, y enseguida estarán cocidos. Igualmente, puedes preparar habas tiernas de esta manera”.

En ambas recetas, las legumbres se hierven con agua, leche y otros productos. En nuestro caso, para así facilitar la observación de los restos en microscopio, lo hemos hecho con agua únicamente, ya que si añadiésemos más productos como aceite, leche o cebolla, podrían verse afectados los resultados, y no podríamos llegar a sacar unas conclusiones claras de todo este proceso. Así pues, de éstas recetas culinarias, lo que podemos extraer son los métodos de cocción, ya que no importaba a qué clase social pertenecieras, porque los alimentos se tenían que cocinar de igual manera, usando las mismas técnicas. Es por eso que únicamente se hervirán las legumbres con agua, unas en una olla (Ollich i Castanyer 2002; 145-165), y otras en una cazuela; las primeras se dejaran enteras, y las segundas se machacarán con un mortero hasta hacerlas puré, de esta forma, podremos observar qué tipos de restos son los que quedan en cada cerámica.

Se decidió utilizar habas para este experimento puesto que eran uno de los alimentos más utilizados en el mundo rural, y se tiene una clara constancia de su uso en el territorio catalán (Ollich i Castanyer 2002; 145-165). Las habas, al igual que los demás tipos de legumbre, son una fuente de proteína rápida, que, en caso de no poseer carne para alimentarse, pueden actuar como un sustitutivo de ésta, es por esto que en las clases más bajas de la sociedad, en donde no siempre podían permitirse platos a base de carne, y mucho menos de pescado, las legumbres y los cereales cobraban un papel imprescindible para conseguir esta fuente de proteína. Por tanto, por el hecho de que las leguminosas no son tan conocidas en ámbitos de cocina medieval porque no eran populares entre los platos de la aristocracia, es por lo que se quiere llevar a cabo este trabajo, para así conocer un poco más sobre la dieta de la otra cara de la sociedad.

4.2.- DESCRIPCIÓN DE LA CERÁMICA

Para esta práctica, la ceramista y arqueóloga Meritxell Munné, nos ayudó enormemente facilitándonos dos cerámicas de creación propia, las cuales hizo especialmente para este trabajo, utilizando como base bibliografía sobre cerámica culinaria medieval en Cataluña (Travé et al. 2014: 349-368; Travé et al. 2011: 73-104) para así conocer la tipología que debía reproducir para esta ocasión, ya que lo que queremos es que siguiendo un poco el formato de cerámicas medievales catalanas, podamos acercarnos el máximo posible a reproducir las condiciones que podrían darse en un caso arqueológico real en donde se hayan encontrado cerámicas en contextos de cocina. Es por eso que Meritxell realizó dos piezas tradicionales como son la olla y la cazuela, las dos con tapadora y asas. Las dos piezas fueron modeladas a torno y consolidadas en monococción. Los elementos que utilizó para realizarlas fueron arcilla de base de hierro, con agregado de mica a modo de desengrasante, ya que este mineral otorga unas características a la cerámica muy interesantes, como por ejemplo ayuda a aumentar su plasticidad, aumenta la fusibilidad de la pasta, y lo más importante, ayuda a soportar bien los cambios de temperatura, así que para cerámica de cocina, sobre todo las que se utilizan para llama directa, este tipo de mineral ayudará a que las cerámicas no se rompan fácilmente al entrar en contacto con una fuente de calor de manera directa.

Estas dos cerámicas fueron, en primer lugar, una cazuela de 19,5 centímetros de ancho, por 5,5 centímetros de altura. El grosor de las paredes era de 0,6 centímetros, y la altura desde centro de la cerámica era de 4,5 centímetros. También realizó una tapadora, para así poder estar seguros de que la cocción se haría en condiciones lo más reales posibles, ya que al utilizar tapadora, lo que conseguimos es que el calor no se escampe, y por tanto la cocción sea más homogénea y rápida. La cerámica con tapadora puesta medía 11,5 centímetros (fig. 23, 24 y 25). Además, en el interior de la cerámica realizó cientos de pequeños surcos poco profundos, los cuales facilitarían que los almidones quedasen impregnados por todo el fondo de la cerámica. Puede ser que este último retoque no se ajuste a una realidad arqueológica, pero quisimos asegurar la presencia de restos en la cerámica. No obstante, por las paredes de la cerámica no se hizo ningún retoque, así que en ese caso la cerámica era más leal a la realidad medieval.

Y en segundo lugar, una olla, la cual también tenía tapadora. Las medidas de esta cerámica eran 14,5 centímetros de altura por 12,5 centímetros de ancho. El grosor de las paredes volvía a repetirse que con la cazuela, 0,5 centímetros. La altura medida desde el fondo de la cerámica era de 13 centímetros, y la medida desde fuera contando la tapadora era de 18 centímetros (fig. 26, 17 y 28). En este caso también se le ideó el sistema de araños en el fondo de la cerámica, para así, una vez más, favorecer el muestreo de residuos de almidón.

Ambas cerámicas constaban de asas, para así poderlas trasladar mejor de un sitio a otro, en el caso de que tuviéramos que hacerlo, una vez la cocción hubiera empezado.



Figuras 24, 25 y 26: De izquierda a derecha: Fotografía de la cazuela desde un ángulo cenital con tapadora. Fotografía de la misma cazuela esta vez sin tapadora. Fotografía de la cazuela en alzado. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.



Figuras 26, 27 y 28: De izquierda a derecha: Fotografía de la olla en vista cenital con tapadora. Fotografía de la misma olla sin tapadora. Fotografía de la olla en alzado. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

4.3.- DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COCCIÓN

Como ya se ha mencionado anteriormente en el apartado de metodología, tanto las habas como las cerámicas fueron lavados con agua destilada y secados a 60°C para evitar cualquier tipo de contaminación exterior que pudiera afectar al resultado del experimento. Las habas se pesaron para concretar una misma cantidad en ambas cerámicas, 80 gramos en cada una, y se midió los mililitros de agua destilada que emplearíamos para la cocción; en el caso de la cazuela se utilizaron 500ml, y en el caso de la olla 1000ml. Para esta cocción, se utilizó un hornillo de camping con doble placa, y una vez esta agua comenzó a hervir a 100°C, se colocaron las habas en su interior, y se procedió a cronometrar los tiempos de cada muestreo:

A) Cerámica 1 - Cazuela:

Durante los 10 primeros minutos no se notó ningún cambio en la coloración en el agua. Recogimos 11ml de agua con la ayuda de un gotero de plástico, como parte del muestreo. También cogimos un haba, la cual se procedió a machacar en un mortero de agua para así, mezclado con un poco de agua destilada, extraer el líquido con el almidón. La legumbre no había cambiado de características, seguía estando deshidratada y muy dura.

La segunda muestra se recogió a los 15 minutos, y de la misma forma que la primera vez, fueron recogidos 11ml de agua, la cual tampoco había cambiado de coloración todavía. Asimismo, también se machacó un haba en el mortero para extraer los almidones. La legumbre seguía sin ablandarse, aunque la cobertura marrón se desprendía con facilidad.

La tercera muestra se recogió a los 20 minutos, y aquí ya pudimos observar un ligero cambio en la coloración del agua; ésta se había vuelto turbia, con una tonalidad beige. La legumbre seguía estando bastante dura, aunque la cobertura ya se desprendía sola.

La cuarta muestra se tomó a los 30 minutos, y únicamente se pudo recoger 2ml de agua, ya que entre el agua que se había evaporado a causa de la ebullición, y las legumbres que habían ido absorbiendo cada vez más agua, la cazuela quedó completamente sin líquido, así que decidimos calentar 300ml de agua hasta llegar aproximadamente a los 90°C, y añadirla en la cazuela con la *Vicia faba*. Así que en total ya se utilizaron 800ml de agua destilada para la cocción en esta cerámica.

La quinta muestra se tomó a los 40 minutos, y aquí pudimos observar un gran cambio; tanto en la coloración del agua, la cual había adquirido unos tonos marrones claros, como en las propias habas, ya que se habían hidratado y ablandado completamente, y se podían machacar fácilmente.

Hasta ahora no se había podido conseguir triturar completamente la legumbre a causa de su dureza, pero ahora se había conseguido fácilmente. Ambas muestras fueron puestas en tubos de ensayo de plástico con la ayuda de un gotero desechable, y se procedieron a numerar correctamente.

La sexta muestra se tomó a los 45 minutos, ya que las características del agua y de las habas habían cambiado en muy poco tiempo, y queríamos registrar dicho cambio. Se recogieron 11ml de agua, y vimos cómo se había tornado más oscura que antes, y las legumbres seguían estando muy tiernas, y fáciles de machacar, pero esta vez, se pudo documentar que el agua residual del machacado, el cual contenía los almidones, había cambiado también de coloración; hasta ahora la *Vicia faba* desprendía una coloración blanquecina, pero ahora el resultado era un color crema oscuro.

La séptima muestra se tomó pasados 55 minutos. Una vez recogimos los 11ml de agua, la cual ya había adquirido un color marrón oscuro poco definible, tuvimos que añadir más agua, ya que se la cantidad que quedaba no hubiera permitido realizar otro muestreo más, ya que el objetivo era alcanzar los 60 minutos de cocción. Se calentaron hasta los 90°C 250ml más de agua destilada que fueron añadidos a la cocción. En total se habían utilizado 1050ml de agua.

Una vez tomamos la octava muestra, pasados los 60 minutos y de la misma forma que hasta ahora; recogiendo 11ml de agua, y machacando un haba en el mortero mezclado con agua para poder extraer el líquido con almidones, el cual había adquirido un color marrón oscuro. Una vez apagamos el fuego se procedió a machacar directamente las habas dentro del recipiente con la ayuda del mortero de ágata (fig. 28), procurando que quedasen bien aplastadas e impregnadas por las paredes del recipiente, y las dejamos reposar durante 10 minutos.

La novena muestra se tomó a los 70 minutos, y ésta vez únicamente recogimos habas (fig. 29), las cuales habían estado reposando durante 10 minutos en la cerámica, y las mezclamos con un poco de agua destilada en otro recipiente. El líquido resultante era mucho más oscuro que los anteriores.

La décima muestra se recogió directamente de las paredes de la cerámica, como ya se ha explicado previamente en el apartado metodológico. La undécima muestra se recogió del fondo de la cerámica, y vimos que gracias a los arañazos que se realizaron previamente, había quedado adquirida una gran cantidad de legumbre, aun habiendo lavado la cerámica con agua con anterioridad.

La duodécima muestra se recogió, una vez más, del fondo de la cerámica, ya que después de la primera muestra de esta parte, se procedió a limpiar a consciencia el recipiente con la ayuda de un cepillo más grande, para así poder eliminar una mayor cantidad de residuos (fig. 30), y ver si quedaban almidones después de esta acción, simulando lo que habría ocurrido en un contexto real de limpieza.



Figuras 28, 29 y 30: De izquierda a derecha: Fotografía del momento en que se iban a machacar la “Vicia faba” en la cazuela. Fotografía del resultado dejado secar. Fotografía de la cerámica fue lavada a consciencia. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

Y por último, la tredecima muestra se recogió de la tapadora de la cerámica, ya que durante el proceso de cocción, como ya se ha comentado, el líquido del interior comenzó a precipitar por uno de los lados de la cazuela, manchando así la tapadora, y creímos que sería conveniente estudiar si en esta parte también quedarían restos de almidón, o no.

B) Cerámica 2 - Olla:

En este caso, también se fueron haciendo muestreo cada 10, 20, 30 y 40 minutos pero no fue hasta los 50 minutos cuando comenzamos a notar un cambio. Cuando habían pasado 50 minutos de cocción, las habas seguían costando bastante de machacar, pero mucho menos que al principio (fig. 31). En contraposición con las habas hechas en la cazuela, estas parecían tardar mucho más en cocerse, y por tanto, costaba más procesar las muestras. El agua tampoco parecía haber cambiado de coloración hasta que en este tiempo se comenzó a tornar en marrón claro. Lo que sí pudimos observar era que a medida que el nivel del agua bajaba, iba dejando un rastro oscuro casi negro por las paredes de la cerámica.

La sexta y séptima muestras tomadas a los 60 y 70 minutos, respectivamente, de cocción, y apenas había cambiado desde el último muestreo a los 50 minutos. Parecía que las habas podían haberse ablandado un poco, pero igualmente el machacado no era fácil en ninguno de los casos.

En este punto decidimos no alargar más la práctica, ya que habían pasado 80 minutos, y las habas no se habían terminado de cocer totalmente. Algunas de ellas sí que podían machacarse fácilmente, pero otras era completamente imposible, más tarde creímos que esto fue dado a causa de la morfología de la cerámica, ya que al ser muy alta, el calor no se repartió uniformemente, y las habas que se encontraban flotando no se terminaron de cocer, y las que quedaron en el fondo de la cerámica sí que se cocieron por completo.

Al sacar las legumbres de la olla, el resultado fue un líquido marrón oscuro, el cual había ido dejando marcas en las paredes a lo largo de la cocción (fig. 32). El líquido sobrante fue medido, y dio únicamente 400ml, es decir que durante la práctica se habían evaporado o absorbido 600ml de agua destilada.

Sin limpiar la cerámica, se procedió a recoger únicamente muestras de las paredes y del fondo, ya que la tapa no había estado en contacto con los almidones en ningún momento.



Figuras 31 y 32: Izquierda: fotografía durante el proceso de cocción en la olla. Derecha, fotografía una vez terminado la cocción. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

5.- RESULTADOS

5.1.- OBSERVACIÓN DEL ALMIDÓN SIN COCINAR

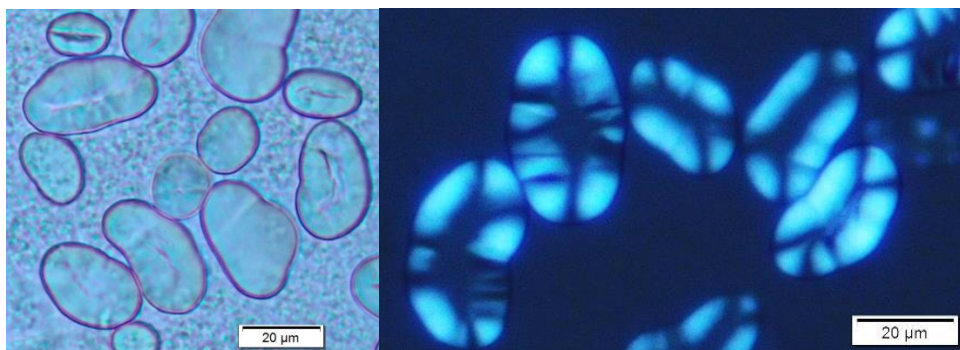
-*Vicia faba*: Esta muestra de la comúnmente llamada haba, fue recolectada de una casa rural en el pueblo de Cabrera de Mar, en el Maresme, y fue dejada durante 24 horas en remojo, para así poder extraer con mayor facilidad el almidón. Los granos de almidón se encuentran principalmente dispersos.

Al observar los granos de almidón en crudo presentan una gran cantidad de morfologías diferentes, aunque la mayoría eran ovoides, abundaban las formas como la *bean shape*, reniforme, *longate*, circular, y trilobulares. No se percibió la presencia de *hilum* en ninguno de los individuos de almidón, aunque sí que pareció observarse *lamellae* dobles exteriores radiales.

Los granos constan de *fisures-cracks*, pero estas son de forma simple, radiales (en forma de Y), y de *arms*, aunque también se pudo observar alguna con una forma un poco más compleja, en forma de estrella.

El tamaño medio de los granos es de 37,5 micras, y el más pequeño de todos 22,5 micras, teniendo una media de 26 micras por individuo medio.

Al mirar la muestra con el microscopio de luz polariza observamos cómo los granos poseían todos la cruz de extinción, y que ésta era mayormente de morfologías complejas, como por ejemplo en forma de estrella. Casualmente los granos de mayor tamaño eran los que tenían las cruces más complejas, aunque también se dieron casos de granos con cruces simples. Las *fisures-cracks* estaban presentes en la mayoría de granos de almidón, independientemente de su tamaño (ya que en otros casos hemos visto que únicamente poseían fisuras los de mayor tamaño). La cruz de extinción parece difuminarse o hacerse más ancha hasta casi perder la forma a medida que el grano es más grande. (Coil et al., 2003; 991–1008).



Figuras 33 y 34: Izquierda fotografía con microscopio óptico de transmisión. Derecha, fotografía de luz polarizada, ambas con muestras de “*Vicia faba*”. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

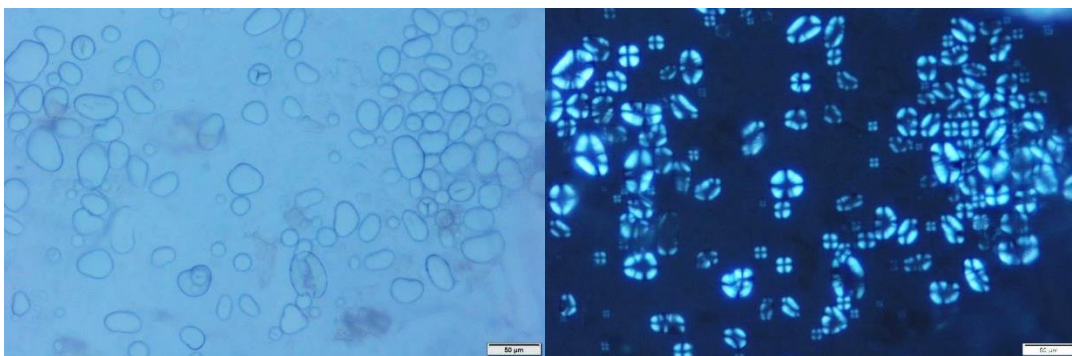
5.2.- OBSERVACIÓN DEL ALMIDÓN YA COCINADO

Durante el proceso de cocción de los almidones dentro de las dos cerámicas (una cazuela y una olla), se recogieron en total 39 muestras (21 muestras de la cazuela, y 18 muestras de la olla), tanto del agua en la que se hervían las habas, como de las mismas legumbres. Cada muestra va asociada a un tiempo de cocción, el cual íbamos cronometrando, así que pasados los minutos establecidos, rompíamos la cadena de cocción de una pequeña parte del alimento estudiado, para así poder observar cómo se encontraban los granos de almidón en cada momento concreto.

A) Cerámica 1 - Cazuela:

-*Muestra número 1.1.- AGUA:* Muestra de agua pasados 10 minutos desde el momento de ebullición del agua y de la introducción de las habas dentro de la cerámica. No se observan restos de almidón ni de otro tipo de partícula.

-*Muestra número 1.2.-LEGUMBRE:* Almidón resultante de machacar la *Vicia faba* después de estar 10 minutos en cocción. Se observan todos los granos de almidón perfectamente cristalizos, tanto en microscopio óptico de transmisión como de luz polarizada. Los granos están separados los unos de los otros, y tienen formas ovoides, *bean shape*, y lobulares irregulares. El *hilum* no es visible pero las *lamellae* sí que lo son, tanto en individuos de pequeño y de gran tamaño. Visto a 4000 aumentos, la mayoría de los granos eran de gran tamaño, de 37,5 micras. Hay bastantes individuos con *fishures-cracks*, y éstas pueden ser simples o compuestas. La mayoría de los granos vistos con el microscopio de luz polarizada tienen la cruz simple y estrecha, no obstante se han documentado algunos casos en donde la cruz parecía comenzar a ensancharse por el centro (fig. 35 y 36).



Figuras 35 y 36: Fotografías con microscopio óptico de transmisión y de luz polarizada a 100 aumentos de “*Vicia faba*” pasados 10 minutos de cocción en la cazuela. Se observan algunos individuos con la cruz de extinción más ancha. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

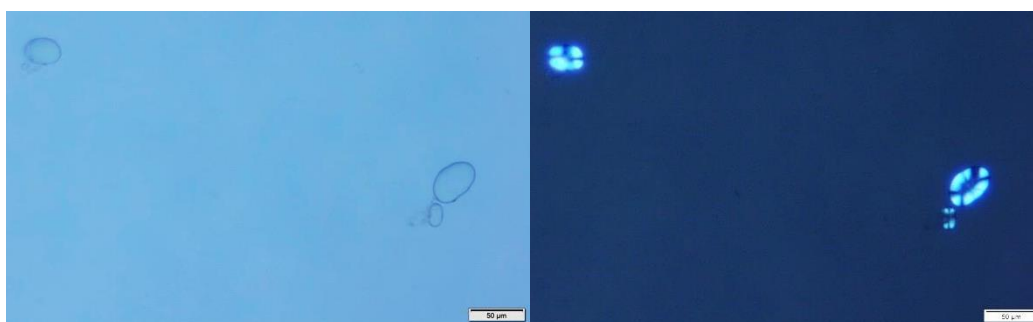
-*Muestra número 1.3.-AGUA:* Muestra de agua pasados 15 minutos. No se observan restos de almidón ni de otro tipo de partícula.

-*Muestra número 1.4.-LEGUMBRE:* Almidón de la legumbre resultante después de haber estado 15 minutos en cocción. No se observan muchas diferencias respecto la muestra anterior, únicamente parece que las *fisures-cracks* de los granos son más profundas que en el anterior. El tamaño de los granos no ha aumentado, todos rondan los 37,5 micras aproximadamente, aunque también hay individuos muy pequeños. Visto con luz polarizada vemos claramente que todos los granos conservan la cruz de extinción, aunque hay algunos individuos que la tienen más ensanchada que antes.

-*Muestra número 1.5.- AGUA:* Muestra de agua pasados 20 minutos. No se observan restos de almidón en suspensión.

-*Muestra número 1.6.-LEGUMBRE:* Almidón tras ser cocinado durante 20 minutos. Vemos que no ha habido cambios aparentes en su morfología, tampoco en su tamaño ni en sus características. Encontramos menos *fisures-cracks* que antes, esto podría ser debido a que los granos se están inflando al hidratarse absorbiendo el agua, pero igualmente hay presencia de fisuras, la mayoría simples, aunque también encontramos compuestas en forma de Y. Visto con luz polarizada vemos que cada vez hay más individuos con la cruz un poco más ancha, pero estos no superan más del 30% de los granos observados en esta muestra.

-*Muestra número 1.7.-AGUA:* Muestra de agua pasados 30 minutos. Comenzamos a observar los primeros granos de almidón, es decir, se han desprendido de algunas legumbres. Todos ellos tienen formas simples, ovoides o *bean shape*, pudiendo o no, tener *fisures-cracks*. Son de tamaño pequeño, desde 10 hasta 17 micras vistos a 4000 aumentos con el microscopio óptico de transmisión. Visto con luz polarizada vemos que aún poseen la cruz de extinción (fig. 37 y 38), lo que indica que no han iniciado un proceso de gelatinización.

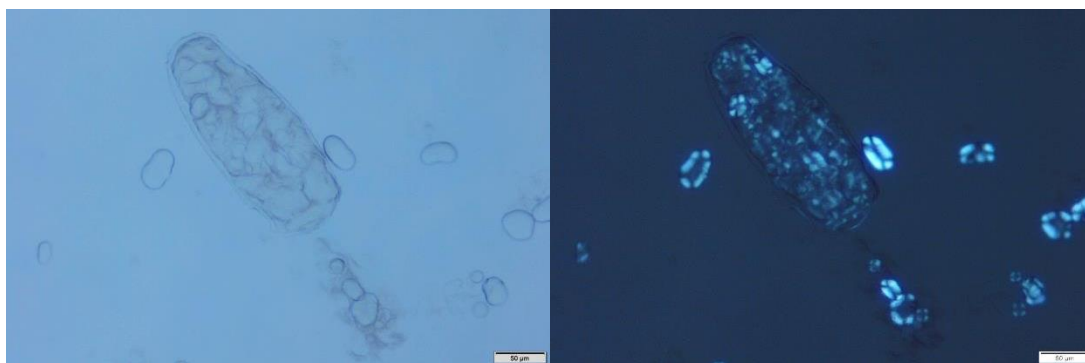


Figuras 37 y 38: Fotografías con microscopio óptico de transmisión y de luz polarizada a 100 aumentos del agua de cocción pasados 30 minutos. Vemos los primeros restos de almidón. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

-*Muestra número 1.8.-LEGUMBRE:* Almidón de la legumbre tras ser cocinado durante 30 minutos. Podemos ver que los granos de almidón se encuentran muy separados los unos de los otros, y cada vez su morfología se va volviendo más irregular, algunos ya no tienen ninguna de

las formas con las que los hemos podido observar normalmente. La cantidad de fisuras ha disminuido considerablemente, esto podría ser a causa de la hidratación del grano.

Vistos con luz polarizada observamos la presencia de algunos amiloplastos, que tienen forma de “saco” (de Miranda 2019; 1-20) ya que parecen almacenar almidones en su interior, pero ninguno de ellos posee cruz de extinción. Los otros granos de almidón que se encuentran sueltos sí que poseen cruz de extinción, aunque bastante más ancha de lo normal (fig. 39 y 40). Este hecho indica que han empezado a perder su estructura cristalina.



Figuras 39 y 40: Fotografías con microscopio óptico de transmisión y de luz polarizada a 100 aumentos de “*Vicia faba*” pasados 30 minutos de cocción. Se observan unas formas a las que nombraremos “sacos” que parecen contener granos de almidón. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

-*Muestra número 1.9.-AGUA:* Muestra de agua recogida pasados 40 minutos. Sigue habiendo restos de almidón, ahora en más cantidad, pero siguen siendo muy pocos individuos igualmente. La mayoría tiene formas circulares u ovoides, con fisuras simples o complejas en Y, el tamaño sigue siendo pequeño. Visto con luz polarizada vemos que los granos conservan la cruz de extinción muy ancha, o algunos de ellos incluso parecen estar rotos por la mitad.

-*Muestra número 1.10.- LEGUMBRE:* Almidón tras ser cocinado durante 40 minutos. Vemos un cambio significativo, los granos de almidón que veíamos, todos pequeños, sueltos y aislados, han desaparecido, y en su lugar hay amiloplastos, los cuales tienen morfología de “saco”, ya que parece que están almacenando otros granos más pequeños en su interior. Este cambio coincide con el momento en que las habas pasan de ser duras a blandas y fáciles de machacar, así que hay una clara relación entre estos dos sucesos. Estos “sacos” tienen un tamaño considerable, ya que miden de 222,5 a 250 micras vistos a 4000 aumentos. La morfología de estos sacos puede ser o bien alargada, o bien redondeada y más bien ancha.

Vistos con la luz polarizada tampoco hemos encontrado la presencia de los granos que llevábamos viendo desde un principio, los cuales tienen una clara cruz de extinción, sino que únicamente podemos observar estos “sacos”, los cuales algunos parecen tener cruz de extinción y otros no (fig. 41 y 42).

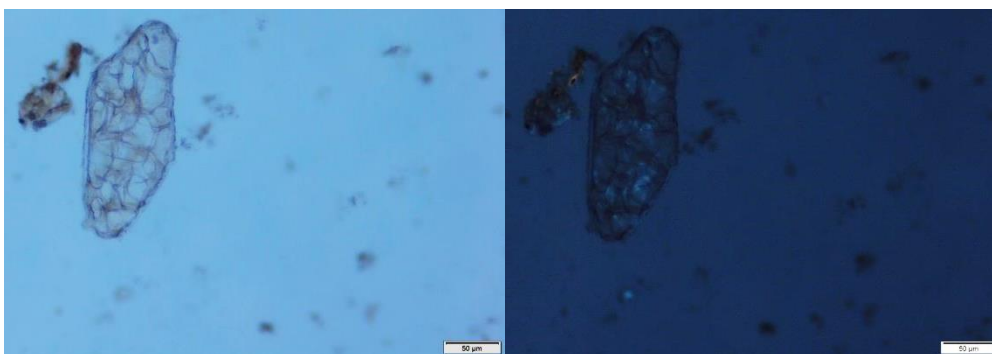


Figuras 41 y 42: Fotografías con microscopio óptico de transmisión y de luz polarizada a 100 aumentos del agua de cocción pasados 40 minutos. Se observan almidones en forma de "saco". Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

-Muestra número 1.11.- AGUA: Muestra de agua recogida pasados 45 minutos. Se siguen apreciando almidones simples en poca cantidad, los cuales tienen una clara cruz de extinción, aunque cada vez más ancha y menos marcada. No hay almidones en forma de "saco".

-Muestra número 1.12.-LEGUMBRE: Almidón extraído de un haba tras ser cocinada durante 45 minutos. Siguen habiendo únicamente granos nuevos, los amiloplastos. La forma que predomina son los alargados, y parece que las partes exteriores cada vez se van haciendo más gruesas. Vistos con la luz polarizada vemos que ninguno de ellos parece tener cruz de extinción, lo que sugiere un avanzado estado de gelatinización.

-Muestra número 1.13.- AGUA: Muestra de agua recogida pasados 50 minutos. Aparte de estos amiloplastos, los cuales vemos en muy poca cantidad, también encontramos mucha presencia de partículas de origen desconocido y de muy pequeño tamaño, de 5 micras la mayoría. Ninguno tiene cruz de extinción por lo que el proceso de gelatinización se ha completado. (fig. 43 y 44).



Figuras 43 y 44: Fotografías con microscopio óptico de transmisión y de luz polarizada a 100 aumentos del agua pasados 50 minutos de la cocción. Se observan almidones en forma de "saco" y residuos oscuros de origen desconocido.

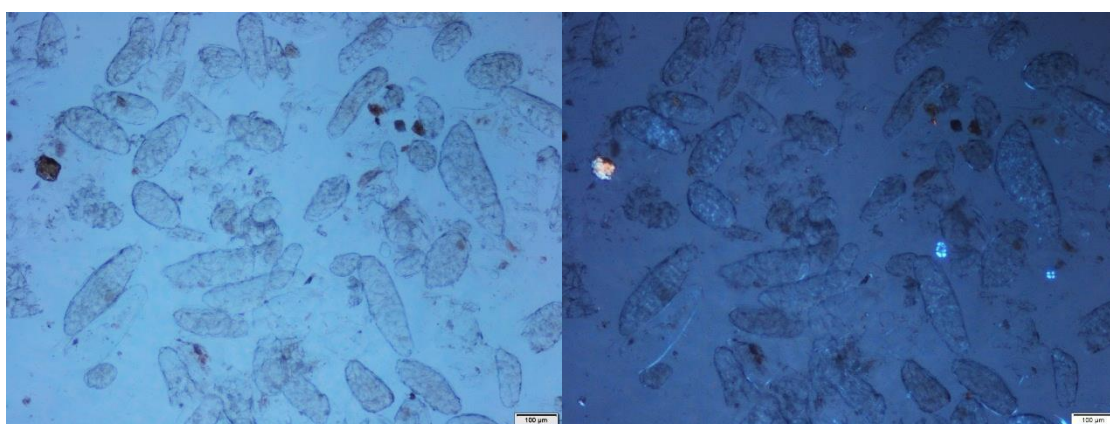
-Muestra número 1.14.- LEGUMBRE: Almidón extraído de un haba tras ser cocinada durante 50 minutos. Solo se observan amiloplastos así que entendemos que ésta es la morfología que adquieren los granos cuando están plenamente cocinados. Todos ellos tienen una coloración más oscura que los vistos previamente. La forma predominante sigue siendo la alargada. Ninguno tiene cruces de extinción.

-Muestra número 1.15.- AGUA: Muestra de agua recogida pasados 60 minutos. Vemos que mayoritariamente hay almidones en forma de “saco”, aunque también de los simples. También observamos restos de lo que parecen partículas de la piel de la legumbre.

-Muestra número 1.16.- LEGUMBRE: Almidón extraído de un haba tras ser cocinada durante 60 minutos. El almidón resultante es un reflejo de esto, ya que hemos encontrado granos simples (procedentes del haba poco cocida), y almidones nuevos en forma de “saco” (procedentes del haba cocida). Los granos cocidos cada vez tienden a ser más alargados y delgados. Visto con luz polarizada podemos ver como en algunos de estos “sacos” hay lo que parecen granos de almidón, pues se iluminan, al igual que los granos simples poco cocinados.

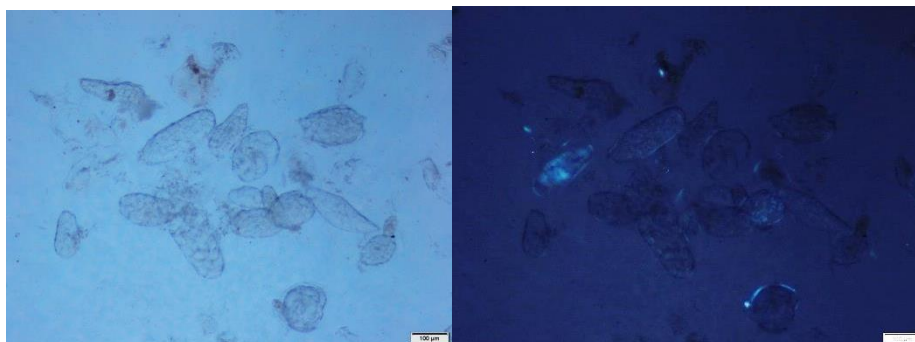
-Muestra número 1.17.- LEGUMBRE: Almidones extraídos del resultado de haber machacado las habas en la misma cerámica, en la cual se cocinaron durante 70 minutos. Únicamente vemos almidones ya cocidos en forma de “saco”. No hay presencia de cruz de extinción, por lo que la gelatinización es completa.

-Muestra número 1.18.- CERÁMICA: Muestra resultante de la limpieza de las paredes de la cerámica. Gran cantidad de granos de almidón, tanto los que están cocinados en forma de “saco” como los antiguos y simples. Los primeros no poseen cruz de extinción, pero los segundos sí, aunque muy ancha y poco definida. Las partículas desconocidas abundan toda la muestra, posiblemente sean restos de tejidos de la cascara de la legumbre (fig. 45 y 46)



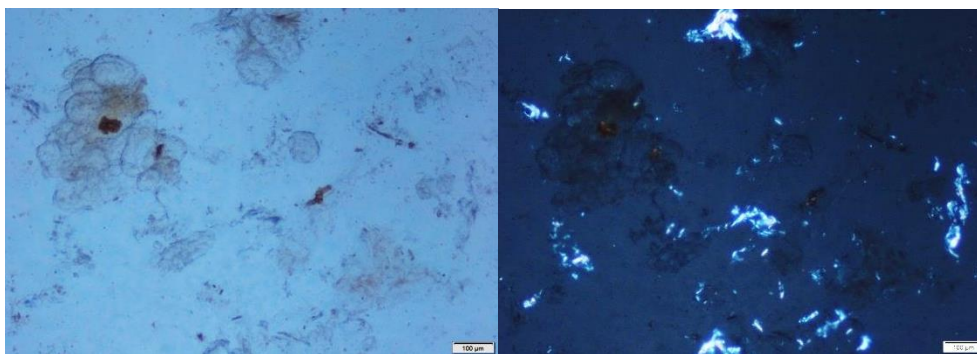
Figuras 45 y 46: Fotografías hechas con microscopio óptico de transmisión, y de luz polarizada a 100 aumentos. Se observa diferentes restos oscuros por toda la muestra entre los almidones. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

-Muestra número 1.19.- CERÁMICA: Muestra resultante de la limpieza del fondo de la cerámica. Encontramos de nuevo estos restos de partículas desconocidas, también podría darse el caso que fueran parte de los minerales que componen la cerámica, que al rasarla con un cepillo se han desprendido. No hay presencia de almidones simples, únicamente de granos gelatinizados en forma de saco, pero en mucha menor cantidad (fig. 47 y 48).



Figuras 47 y 48: Fotografías hechas con microscopio óptico de transmisión, y de luz polarizada a 1000 aumentos. Se observan muchos menos almidones que en la muestra anterior. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

-Muestra número 1.20.- CERÁMICA: Muestra resultante de una segunda limpieza en el fondo de la cerámica. Los “sacos” que veíamos hasta ahora parecen haberse roto completamente, aunque todavía hay algunos individuos enteros. No tienen cruz de extinción (fig. 49 y 50).



Figuras 49 y 50: Fotografías hechas con microscopio óptico de transmisión, y de luz polarizada a 100 aumentos. Se observan restos amorfos de almidón. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

-Muestra número 1.21.- CERÁMICA: Muestra resultante de la limpieza de la tapadora. No se han encontrado almidones a simple vista, únicamente restos de partículas cristalinas de las cuales desconocemos su origen.

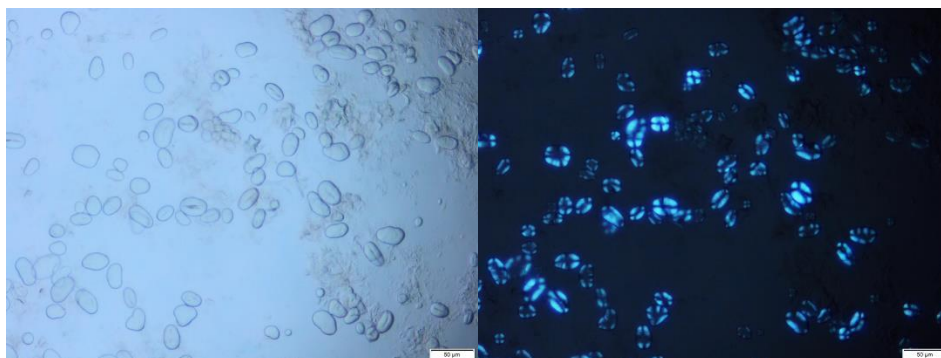
B) Cerámica 2 – Olla:

-*Muestra número 2.1.*- Muestra de agua pasados 10 minutos. No se observan restos de almidón.

-*Muestra número 2.2.*- Almidón resultante de machacar la legumbre transcurridos 10 minutos en cocción. Los granos están separados los unos de los otros, y tienen formas ovoides y *bean shape*. El *hilum* no es visible pero las *lamellae* sí que lo son en algunos casos. Observados a 400 aumentos, la mayoría de los granos son de gran tamaño, de 37,5 micras. Hay individuos con *fisures-cracks*, y éstas pueden ser tanto simples como compuestas en forma de Y. Todos los granos vistos con el microscopio de luz polarizada presentan la cruz simple y estrecha.

-*Muestra número 2.3.*- Muestra de agua pasados 20 minutos. No se observan restos de almidón.

-*Muestra número 2.4.*- Almidón extraído de un haba pasados 20 minutos de cocción. Se pueden observar *fisures-cracks* poco profundos, y únicamente en algunos granos, no de forma generalizada. Las fisuras pueden ser tanto simples como compuestas en Y. Visto con luz polarizada vemos algunos granos completamente rotos por la mitad, y otros con la cruz de extinción muy difuminada y ancha por el centro (fig. 51 y 52).



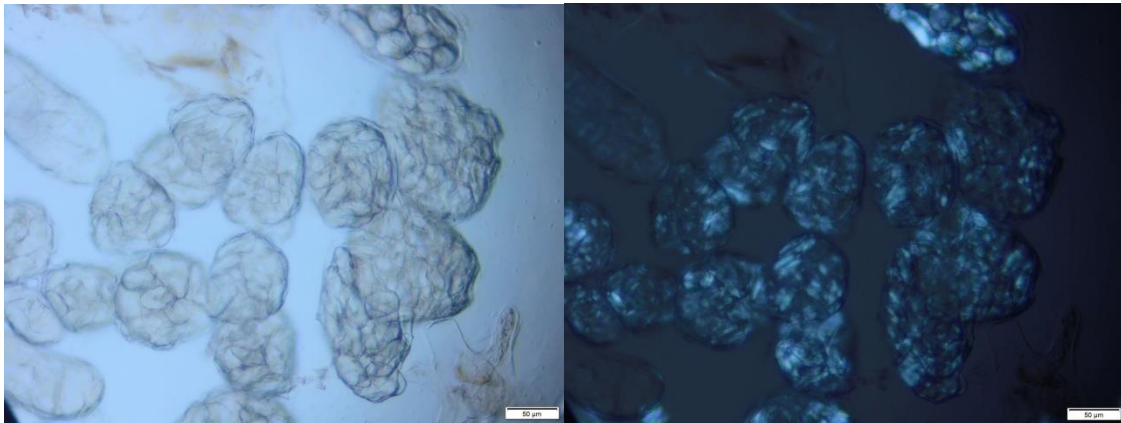
Figuras 51 y 52: Fotografías hechas con microscopio óptico de transmisión, y de luz polarizada a 100 aumentos. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

-*Muestra número 2.5.*- Muestra de agua transcurridos 30 minutos. Ya comenzamos a ver los primeros granos de almidón en suspensión, más o menos en el mismo momento que en la cazuela. Estos granos son de pequeño tamaño y poseen una cruz de extinción bastante clara.

-*Muestra número 2.6.*- Almidón extraído de un haba pasados 30 minutos. Los granos de almidón han perdido casi todos los *fisures-cracks* que habíamos visto anteriormente, pero los que aún los tienen, son de forma profunda, dividiendo el grano en dos mitades. Visto con la luz polarizada no vemos ningún cambio aparente en la cruz de extinción.

-*Muestra número 2.7.*- Muestra de agua pasados 40 minutos. Hay presencia de almidones, pero en muy poca cantidad, casi sin fisuras, y todos ellos presentando una cruz de extinción clara.

-Muestra número 2.8.- Almidón extraído de un haba pasados 40 minutos. Se comienzan a ver los primeros amiloplastos o “sacos” que hemos observado en la muestra anterior, en la cazuela, justo al mismo tiempo de cocción. Visto con la luz polarizada vemos que la mayoría de estos “sacos” ya no aparecen casi iluminados, no obstante, algunos aún conservan esta luminosidad, eso significa que en el caso de que hubieran almidones simples en su interior, éstos no habrían perdido completamente la cruz de extinción (fig. 53 y 54).



Figuras 53 y 54: Fotografías hechas con microscopio óptico de transmisión, y de luz polarizada a 100 aumentos. Se observan restos de almidón poco cocinados. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

-Muestra número 2.9.- Muestra de agua pasados 50 minutos. Los almidones con amiloplastos ya son más visibles en el agua de la cocción. Vistos con luz polariza siguen brillando, es decir que no están del todo cocidos, ya que no han perdido la cruz de extinción.

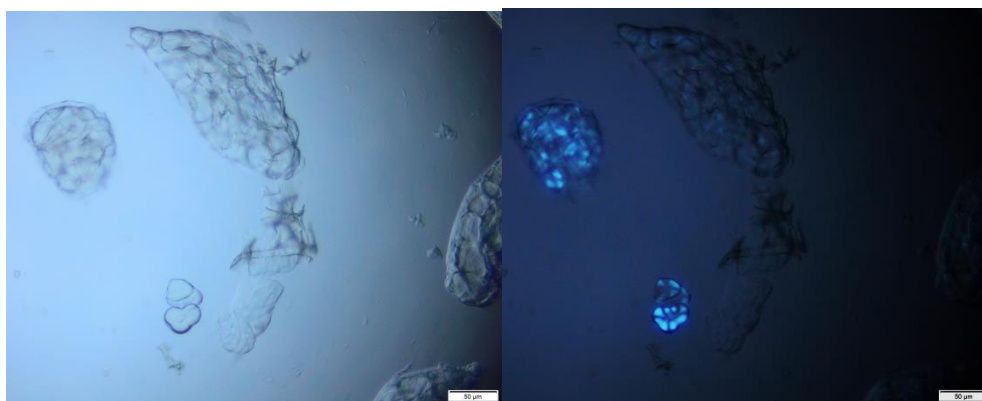
-Muestra número 2.10.- Almidón extraído de dos habas tras 50 minutos de cocción. En este momento, al proceder a machacar un haba, nos dimos cuenta que era demasiado dura, ya que anteriormente se habían podido machacar casi inmediata, así que procedimos a coger otra haba, la cual, efectivamente, se machacó más rápidamente, es por eso que en este momento encontramos almidones simples que significan que aún estaba cruda, y almidones en forma de “saco” que entendemos que el haba ya se ha cocido. Visto con luz polarizada observamos que los almidones simples tienen las cruces de extinción bastante ensanchadas por el centro, y en los de forma de “saco” ya no hay presencia de dicha cruz. El proceso de gelatinización ha avanzado.

-Muestra número 2.11.- Muestra de agua pasados 60 minutos. Únicamente aparecen almidones en forma de “saco”, y en mayor cantidad, pero igualmente hay pocos individuos. También encontramos partículas, similares a las que observamos en la cazuela, así que posiblemente sean pequeños fragmentos de tejidos de las habas. No se observan cruces de extinción.

-*Muestra número 2.12.*- Almidón extraído de dos habas pasados 60 minutos. Volvimos a coger un haba poco cocinada, y otra muy cocinada, así que los resultados volvieron a ser una mezcla de ambos tipos de almidón, aunque predominando los de forma de “saco” en una proporción de 40/50. Con luz polarizada vemos que los almidones simples aún conservan cruces de extinción.

-*Muestra número 2.13.*- Muestra de agua transcurridos 70 minutos. Hay pocos almidones en general, y los que hay aparecen muy gelatinizados. Únicamente se ven almidones en forma de “saco”, y vuelven a aparecer esas micropartículas de origen desconocido y de color oscuro. No se observan cruces de extinción.

-*Muestra número 2.14.*- Almidón extraído de dos habas pasados 70 minutos. Se han encontrado almidones muy cocidos en forma de “saco” y poco cocidos de la misma morfología, así como también de simples e independientes que poseían la cruz de extinción muy ancha. Se han podido observar algunos restos de almidones que parecen haber “explotado” (fig. 55 y 56).



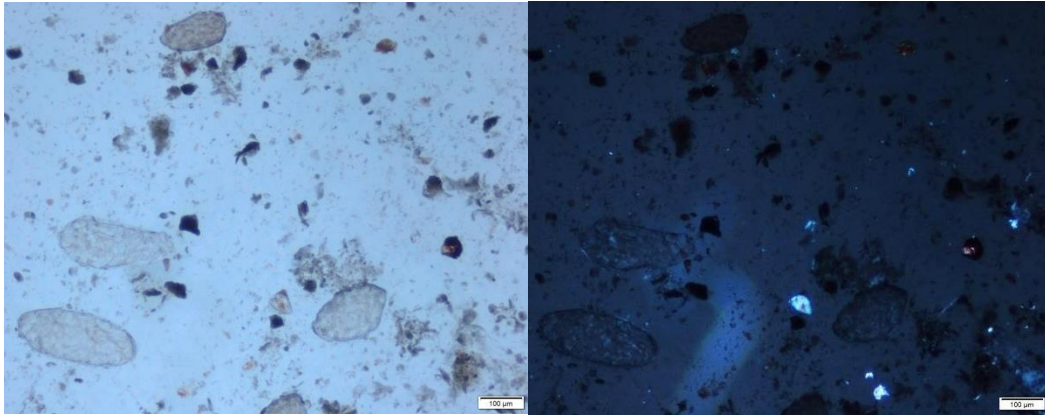
Figuras 55 y 56: Fotografías hechas con microscopio óptico de transmisión, y de luz polarizada a 100 aumentos. Se observan los dos tipos de almidón. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

-*Muestra número 2.15.*- Muestra de agua pasados 80 minutos. Únicamente se aprecian granos en forma de “saco”, y todos ellos han perdido el color claro y transparente del principio, para tornarse más oscuros y opacos. Vistos con la luz polarizada vemos que casi todos han perdido la cruz de extinción, aunque aún quedan algunos individuos con cruces muy anchas.

-*Muestra número 2.16.*- Almidón extraído de un haba pasados 80 minutos. Se observan muchos granos con amiloplasto, la mayoría tienen morfologías alargadas, y se presentan aislados. Vistos con la luz polarizada vemos que aún aparecen algunos individuos con cruces, no obstante estas son muy anchas y poco claras.

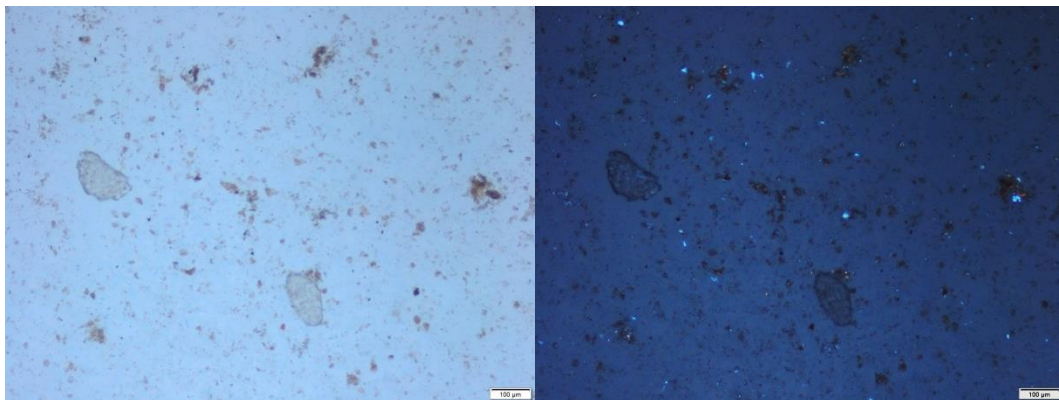
-*Muestra número 2.17.*- Muestra de los residuos situados en las paredes de la olla. Hay una gran presencia de residuos oscuros, los cuales no podemos identificar claramente. También se observan almidones con amiloplastos en forma de “saco”, la mayoría se encuentra en un estado avanzado de cocción, por lo que vistos con la luz polarizada no se pueden observar cruces de

extinción, o al menos en la gran mayoría. Aún quedan almidones simples e independientes, que poseen una cruz muy ancha, pero estos son minoritarios (fig. 57 y 58).



Figuras 57 y 58: Fotografías hechas con microscopio óptico de transmisión, y de luz polarizada a 100 aumentos. Se observan residuos oscuros y algunos almidones. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

-Muestra número 2.18.- Muestra de los residuos situados en el fondo de la cerámica. Encontramos una gran cantidad de residuos oscuros, más que los que pudimos observar en las paredes. También se han encontrado almidones en forma de “saco”, tanto muy cocinados como poco cocinados, pero en mucha menos cantidad que en los restos de las paredes. Seguimos viendo almidones simples e independientes, pero éstos son muy escasos. La muestra vista con la luz polarizada apenas muestra restos de cruces de extinción en general, pero aún se pueden ver restos un poco iluminados (fig. 59 y 60).



Figuras 59 y 60: Fotografías hechas con microscopio óptico de transmisión, y de luz polarizada a 100 aumentos. Se observan muy pocos restos de almidón. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

6.- CONCLUSIONES

Tanto en el caso de la cazuela como en el de la olla, al hervir habas (*Vicia faba*) en agua, se iban dejando unas franjas oscuras en la pared lateral, y es ahí es en donde los almidones se concentraban mayoritariamente. Se puede inferir, por tanto, que los almidones flotan en el agua y quedan parcialmente adheridos en la pared, en el límite del agua.

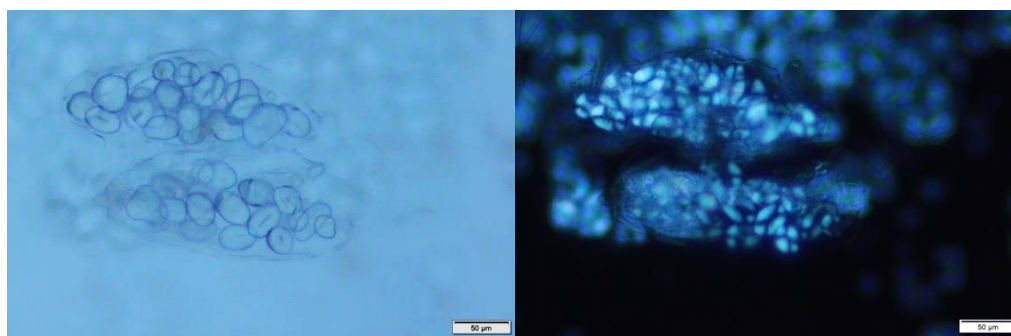
La coloración oscura creemos que se debe a causa de la sobre-cocción de los mismos almidones o de las partículas o tejidos procedentes de las legumbres, y asimismo de la cobertura de la misma, que forma un líquido de coloración más bien oscura (Saul. et al. 2012: 3483-3492) que queda impregnado en las paredes de la cerámica.

Creemos que en un caso arqueológico real, los almidones que mejor se podrían llegar a conservar a nivel morfológico para su posterior identificación, serían los que se encuentran en crudo, ya que aún no han perdido su estructura cristalina y por tanto, son más resistentes que los que ya están cocidos completamente. Se ha comprobado que no es del todo imposible encontrar dichos almidones crudos en cerámicas que se hayan utilizado previamente para la cocción de alimentos, pues en el caso de una cocción con olla, pudimos observar como algunos granos de almidón aislados pudieron resistir el calor, y conservar su estructura cristalina en las paredes de la cerámica, junto a otros almidones ya gelatinizados en forma de “sacos”, aunque también se deberá tener en cuenta la especie de legumbre que se utilice ya que para cada caso, la variedad podría influir en el resultado final, haciendo que este proceso de gelatinización que se pudo observar con la *Vicia faba*, no se observe para otros casos con diferentes legumbres, que tengan otro tipo de estructura cristalina. Por tanto, se concluye que aunque se haya cocinado en el recipiente, es posible encontrar con parte de su estructura cristalina.

No obstante, los granos de almidón gelatinizados también son propensos a conservarse como se ha podido observar, aunque algunos de ellos pierdan parte de su cobertura exterior, y por tanto, acaben perdiendo la morfología que los caracteriza; la denominada forma de “saco”. Se ha documentado en análisis realizados a ollas carbonizadas, del interior de una vivienda de época medieval en el yacimiento de l'Esquerda, (Ollich i Castanyer 2002; 145-165), que se pudo recuperar restos de *Vicia faba* de las paredes laterales de una cerámica, y que dichos restos vistos a microscopio, conservaban almidones completamente gelatinizados y, por tanto, sin cruz de extinción, al igual que los encontrados en nuestras dos cerámicas estudiadas. Es por eso que en un caso arqueológico real, ambas tipologías de granos de almidón podrían recuperarse, y que dependiendo del grado de gelatinización que poseyeran se podría lograr averiguar la temperatura a la que fueron cocinados y durante cuánto tiempo, así como la especie a la que pertenecen.

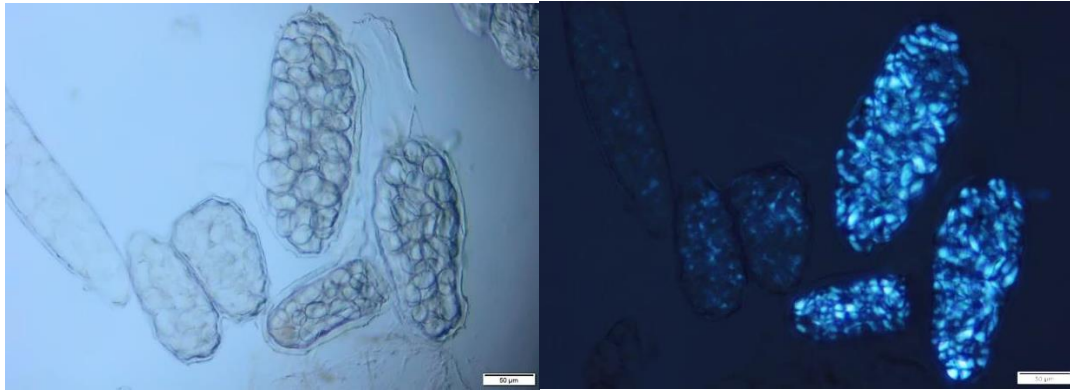
Después de realizar todos los estudios de los granos de almidón frescos y a las cerámicas, y de haber observado todas las muestras con el microscopio óptico de transmisión y de luz polarizada, se observa que aparentemente aparecen más restos de almidones en las paredes laterales de los recipientes cerámicos que no en el fondo de la misma, ya que, como se ha podido observar en las fotografías anteriores, la concentración de almidones en las paredes era mayor. Por tanto, en el caso de realizar un análisis de restos cerámicos arqueológico real, la parte en la cual se debería centrar la mayor parte del análisis en busca de restos orgánicos como puede ser el almidón, debería ser en las paredes laterales de la vasija, y no tanto en el fondo (Henry 2009; 915–922). Incluso, hoy en día se puede observar cómo la mayor parte de restos de comida de, por ejemplo, una sopa o un caldo, se queda en la parte superior, ya que tienden a flotar, y por tanto las paredes son las que se encuentran en contacto directo durante un mayor tiempo con dichos restos alimenticios.

Así mismo, creemos que estos almidones con amiloplasto en forma de “sacos” nos muestran diferentes eslabones en la cadena del mismo almidón (de Miranda 2019; 1-20) : en algunas de las primeras muestras extraídas de habas cocidas únicamente 10 o 15 minutos, se ha podido documentar su evolución a lo largo de la cocción; los almidones se presentaban agrupados en un principio, formando estos sacos llamados amiloplastos (fig. 61 y 62), los cuales están repletos de los granos de almidón, y cuando se procede a machacar el haba, se rompen estos sacos y sus estructuras, liberando los granos de pequeño tamaño.



Figuras 61 y 62: Fotografías de los “sacos” de *Vicia faba* a los 15 minutos de ser cocinada en la cazuela, vista con microscopio óptico de transmisión y de luz polarizada a 100 aumentos. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

Así pues, los sacos que se observan al final de la cocción podrían ser estos sacos, aquellos a los que no les facilitado romperse, porque no se trituro completamente el haba hasta después de que ésta se hubiera cocido por completo, y por tanto al hacer eso y dejar que se cocinen totalmente, se evitó este proceso de destrucción del amiloplasto contenedor. Este hecho permitió que se cocieran con los granos de almidón en su interior, los cuales poco a poco fueron perdiendo la cruz de extinción a medida que la temperatura y el tiempo de cocción iba aumentando (fig. 63 y 64).



Figuras 63 y 64: Fotografías de “*Vicia faba*” pasados 60 minutos de cocción en la cazuela, vista con microscopio óptico de transmisión y de luz polarizada a 100 aumentos. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

En las fotografías anteriores se puede observar cómo los granos que ya se encuentran totalmente cocidos, han perdido la cruz la extinción, y por tanto apenas se ven iluminados al observarse con el microscopio de luz polarizada. En cambio los granos parcialmente cocinados, no han perdido la cruz, y por tanto se ven iluminados en la fotografía de la derecha (fig. 64). Además, también se puede observar cambios morfológicos en los amiloplastos, ya que a simple vista se observa cómo la apariencia exterior es diferente; los amiloplastos más cocidos se han vuelto más rígidos y compactos, haciéndose las paredes exteriores más duras y gruesas, en cambio en los poco cocidos, se observan que las paredes son finas y transparentes, dejándonos ver a los granos de almidón de su interior.

Por tanto, se pudo comprobar un cambio de la morfología cuanto más tiempo y temperatura había, así pues, la gelatinización que se observa en estos últimos momentos de la cocción (fig. 63 y 64), es el resultado de haber cocido las habas a 100°C durante 60 minutos completos, y sin este tiempo ni esta temperatura, no se hubiera podido llegar a este estadio al que nos encontramos ahora. La gelatinización de los granos de almidón únicamente se alcanza después de haber estado cocinando los alimentos durante un largo periodo de tiempo, así pues, si encontramos restos de granos de almidón con estas características en un contexto arqueológico real, se podrá saber que la cerámica estuvo en cocción a una temperatura elevada durante un periodo largo de tiempo. Es por eso que pensamos que no se deberían limpiar inmediatamente las cerámicas encontradas en contextos de cocina, ya que se está perdiendo información valiosa que nos puede dar conocimientos sobre dietas y alimentación, la cual puede ir o no, ligada a clases sociales y poder. El hecho de querer limpiar rápidamente las cerámicas para así poderlas numerar es un acto que puede perjudicar al compute de información final, es por eso que se podría incorporar, como una nueva metodología en el campo, la recogida sistemática de cerámicas, y su posterior conservación, para su estudio de almidones y otros restos orgánicos, resultado de los procesos culinarios que pasaron.

Asimismo, al encontrarse mayor cantidad de granos de almidón en la cazuela y no tantos en la olla, se ha podido llegar a la conclusión de que la morfología de las piezas cerámicas también es un factor a tener en cuenta si se buscan granos de almidón, ya que la cazuela, al tener menos altura, los alimentos se encontraban más cerca del fuego, así pues se cocinaron más rápidamente comparado con la olla, y esto influyó en el posterior muestreo, ya que, por ejemplo, comparando los restos encontrados en el fondo de la cerámica, en la olla apenas se encontraron alguno, mientras que la cazuela presentaba una gran cantidad de restos de almidón. La olla al tener más verticalidad, y por tanto al necesitar más cantidad de agua y de tiempo para llegar al punto de ebullición, hizo que los granos estuvieran en movimiento continuo, y no se depositaran todos totalmente en el fondo de la vasija como el caso de la cazuela, es por eso que después no se encontraran restos más que en el límite del agua, en las paredes laterales.

Viendo los recetarios de cocina medievales, hemos podido observar una gran falta de información respecto a la alimentación de los sectores más humildes de la sociedad, ya que como es habitual en estos casos, únicamente las clases altas eran las que plasmaban sus vidas por escrito (Santanach, 2015a), y por tanto, la única forma de conocer y dar voz a estas personas marginadas de la sociedad y, en algunos casos, olvidada de la historia, es mediante la arqueología, ya que gracias a esta disciplina, nos acercamos a la vida cotidiana de estas personas a través de su cultura material. La historiografía y la arqueología son dos disciplinas que deberían ir de la mano siempre, aunque en algunos casos se piense que no se necesite la ayuda de la otra, es importante la realización de estudios pluridisciplinarios, ya que en casos como el aquí estudiado, en los cuales únicamente tenemos constancia de las clases altas gracias a los escritos que dejaron, la arqueología puede arrojar un poco de luz en este ámbito, poniendo voz a los que fueron callados a lo largo de los siglos.

Así pues, juntando estas dos disciplinas, y sumándole los estudios de organismos vegetales, es decir estudios de botánica, se puede llegar a conseguir mucha más información sobre la cotidianeidad de los menos mencionados en la historia, como es el poder conocer su día a día basándose en la dieta que seguían y en los alimentos que consumían, en este caso, las legumbres. Es por eso que es tan importante la pluridisciplinariedad en cualquier tipo de estudio que se realice.

Los estudios experimentales sobre la partícula de almidón pueden permitir profundizar en los productos consumidos por diferentes sectores sociales, y ayudar en los procesos de muestreo de restos arqueológicos para la extracción de estas partículas, es por eso que es tan importante no limpiar inmediatamente las cerámicas una vez se extraigan del campo arqueológico, al menos aquellas que por sus características podrían haber sido utilizadas en contextos de cocina y por lo tanto, podrían llegar a albergar restos de alimentos.

7.- BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Guillermo; EZRA, Jorge; GARCÍA, Víctor Hugo. (2015) «Análisis de los granos de almidón extraídos de metales y vasijas de Xochicalco». [Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México en colaboración con los Institutos de Investigaciones Antropológicas, Física y el Colegio de Michoacán]. *Revista de Investigaciones Arqueométricas*. Vol.2 Núm.2.

ADAMSON, Melitta. (2004). *Food in Medieval Times*. London. Greenwood Publishing Group.

BERTOFT, Eric. (2017). «Understanding starch structure: Recent progress». *Agronomy*, vol. 7, no 3, p. 56.

COIL, James; KORSTANJE, Alejandra; ARCHER, Steven; HASTORF, Christine. (2003) «Laboratory goals and considerations for multiple microfossil extraction in archaeology». [University of California]. *Journal of Archaeological Science* 30, 991–1008.

DE MIRANDA, Joyce Aparecida Tavares, et al., (2019). «Starch Granules from Cowpea, Black, and Carioca Beans in Raw and Cooked Forms». *Legume Crops*. IntechOpen <https://www.intechopen.com/online-first/starch-granules-from-cowpea-black-and-carioca-beans-in-raw-and-cooked-forms> [consultado 18/05/2019].

GOTT, Beth., BARTON, Huw., SAMUEL, Delwen., & TORRENCE, Robin. (2006). «Biology of starch». *Ancient starch research*, chapter 2; 35-45.

HART, Thomas. (2011) «Evaluating the usefulness of phytoliths and starch grains found on survey artifacts». [University of Connecticut]. *Journal of Archaeological Science* 38 3244-3253.

HENRY, Amanda; HUDSON, Holly; PIPERNO, Dolores. (2009) «Changes in starch grain morphologies from cooking». [The George Washington University]. *Journal of Archaeological Science* 36, 915–922.

HENRY, Amanda; PIPERNO, Dolores. (2008) «Using plant microfossils from dental calculus to recover human diet: a case study from Tell al-Raqa'i, Syria». [The George Washington University]. *Journal of Archaeological Science* 35, 1943-1950

LOY, Thomas. (1994). «Methods in the analysis of starch residues on prehistoric stone tools». *Tropical archaeobotany: Applications and new developments*, p. 86-114.

OLLICH I CASTANYER, Imma. (2002). «Arqueologia i vida quotidiana a l'època medieval. L'excavació i interpretació d'una casa del segle XIII al jaciment de L'Esquerda». *Acta historica et archaeologica mediaevalia*, (23), 145-165.

REICHERT, Edward Tyson. (1913). *The differentiation and specificity of starches in relation to genera, species, etc: stereochemistry applied to protoplasmic processes and products, and as a strictly scientific basis for the classification of plants and animals*. Carnegie institution of Washington,

SANTANACH, Joan (ed.); BARRIERAS, Mònica (adapt. català modern); RIERA, Antoni. (2015a). *Llibre d'aparellar de menjar*. Barcelona: Barcino; Restaurant de Les 7 Portes.

SANTANACH, Joan (ed.); BARRIERAS, Mònica (adapt. català modern); RIERA, Antoni. (2015b). *Llibre de Sent Soví*. Barcelona: Barcino; Restaurant de Les 7 Portes.

SAUL, Hayley; WILSON, Julie; HERON, Carl; GLYKOU, Aikaterini; HARTZ, Sönke, CRAIG, Oliver. (2012) «A systematic approach to the recovery and identification of starches from carbonised deposits on ceramic vessels» [University of York]. *Journal of Archaeological Science* 39, 3483-3492.

TAO, Dawei; WU, Yan; GUO, Zhizhong; HILL, David; WANG, Changsui. (2011), «Starch grain analysis for groundstone tools from Neolithic Baiyinchanghan site: implications for their function in Northeast China». *Journal of Archaeological Science* 38, 3577-3583.

TRAVÉ, Esther; LÓPEZ, M. Dolores; ÁLVARO, Karen. (2014c) «Tecnología de producción y organización de los alfares de cerámica culinaria en la Cataluña Medieval: una aproximación a la implantación y transmisión de técnicas». *Archeologia Medievale*. [Florència: All'Insegna Del Giglio], núm. 41, p. 349-368.

TRAVÉ, Esther, PADILLA, José I., ÁLVARO, Karen. (2011). «El alfar medieval de vajilla culinaria de Cabrera d'Anoia». *Territorio, Sociedad y poder*. Núm. 6, p. 73-104.

APÉNDICE

1.- OBSERVACIÓN DEL ALMIDÓN SIN COCINAR

Hemos ordenado todas las muestras en tres grupos diferentes; cereales, legumbres y frutos secos, para así poder apreciar mejor las diferencias morfológicas de una especie a otra.

A) Cereales:

-*Avena sativa*: Avena producida en el Maresme, (Barcelona). Fue dejada en remojo durante aproximadamente 15 minutos, para así favorecer la extracción del almidón. Una vez se precedió con la manipulación específica de la muestra, ésta se observó a microscopio; los granos de almidón se encuentran en disposición tanto agrupada como separada unos de otros, con un porcentaje de 60 – 40 respectivamente, siendo mayoritario el número de almidones agrupados.

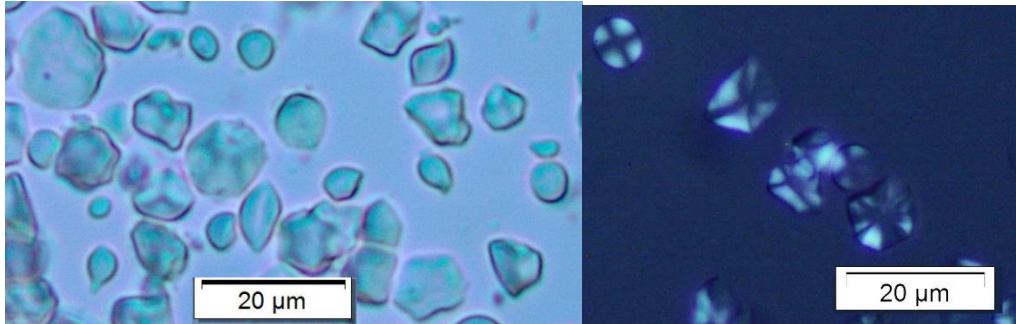
La forma de los granos de almidón en vista superior es diversa; se encontraron individuos circulares, ovoides, *leaf shape* (forma de hoja), *tear shape* (forma de lagrimea), *bell shape* (forma de campana), *elongates* (alargados), facetados y reniformes. Los facetados constaban, de manera general y vistos desde un plano superior, de 4 a 6 facetas. Los más comunes son los granos circulares, ovoides y facetados, estando la *bell shape* como la menos representada, pero aun así su presencia es necesaria de mención.

El *hilum* no es visible en ninguno de los granos de almidón observados, así que podría darse el caso que no tuviera, ya que ni tan solo mediante luz polarizada se ha podido observar. No obstante, constan de una doble *lamellae* exterior y radial, por lo cual, en el caso de tener *hilum*, éste se encontraría en el centro del grano de almidón.

Los granos constaban de *fisures-cracks*, no en todos los individuos, pero sí en un gran porcentaje. Estas fisuras eran muy profundas, es decir, se podían observar cómo la fisura cruzaba la totalidad del cuerpo del grano de almidón. Se presentan de manera simple y compuesta, y dentro de las compuestas se puede observar las llamadas *arms*, ya que por su morfología, recuerdan a unos brazos estirados.

Para referirnos al tamaño de dichos granos de almidón, los cuales eran todos *size: short*, hemos tomado las medidas de un total de 15 granos a 6300 aumentos, dando una media de 10,89 micras. No obstante, también habían unos cuantos individuos de mayor tamaño, siendo poco representativos del número total, pero igualmente importantes ya que casualmente eran los que constaban de *fisures-cracks* compuestas, teniendo así una media de tamaño de 35,88 micras.

Con la luz polarizada a 4000 aumentos pudimos observar que todos los granos de almidón poseían la cruz de extinción muy marcada, con morfologías muy complejas y diferentes con presencia de cruz simple, compleja, en forma de estrella, cruz de Malta, y una muy compleja con grandes fisuras marcadas por todo el cuerpo del grano de almidón.



Figuras 65 y 66: Izquierda, fotografía con microscopio óptico de transmisión. Derecha, fotografía con microscopio de luz polarizada, ambas con muestras de *Avena sativa*. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

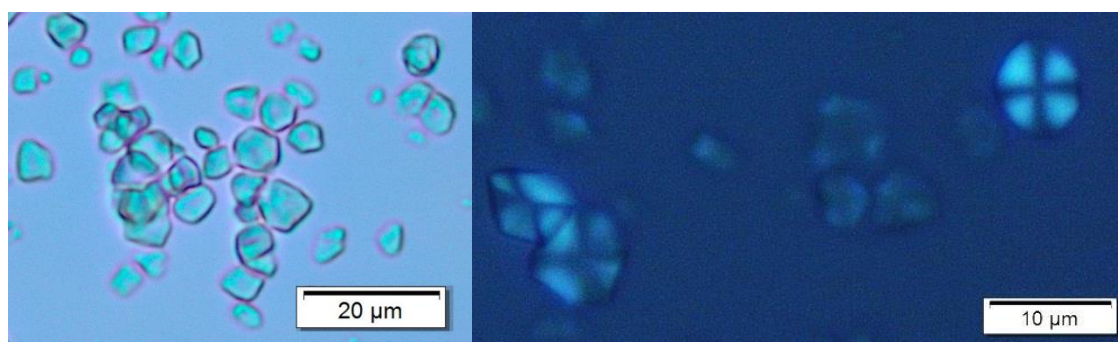
-*Oryza sativa*: Arroz procedente de la región del Ebro, en Cataluña. En este caso, dejamos la muestra en remojo durante aproximadamente 30 minutos, ya que el grano de este cereal es demasiado duro para poder proceder a su trituración. Al observar la muestra pudimos comprobar que la disposición de los granos de almidón era tanto agrupada como separados unos de otros, aproximadamente en porcentaje de 50-50.

La forma de estos granos de almidón es variada, aunque diferente a la muestra anterior, ya que se encontraron granos facetados, *tear shape*, triangulares, y ovoides, pero en mucha menor cantidad, ya que mayoritariamente son facetados. La media de facetas es de 6, lo que les hace tomar forma de hexágonos.

El *hilum* es visible en la mayoría de los granos de almidón, tanto en los grandes como en los pequeños, con un porcentaje de 60 – 40, siendo más común en los granos de menor tamaño. En todos los casos donde se pudo observar el *hilum*, éste se situaba en el centro del grano de almidón. En cambio, parecen no tener *lamellae*.

Se han documentado *fiures-cracks* en casi todos los granos de mayor tamaño, de manera muy profunda en todo el grano. Estas fisuras pueden presentar una morfología simple, compuesta, y en forma de *arms*, siendo así, cuánto más grande era el grano, más *arms* tenía la fisura. El tamaño medio de los granos oscila entre 7,8 micras, y de 15,6 micras (los de mayor tamaño y menos comunes), todos eran de tipo *size: short*.

En el momento de observarlos con la luz polarizada a 4000 aumentos, pudimos comprobar que las morfologías de las cruces eran, o bien simple y de Malta, o bien muy compleja y con forma de estrella, aunque estos últimos en menor cantidad.

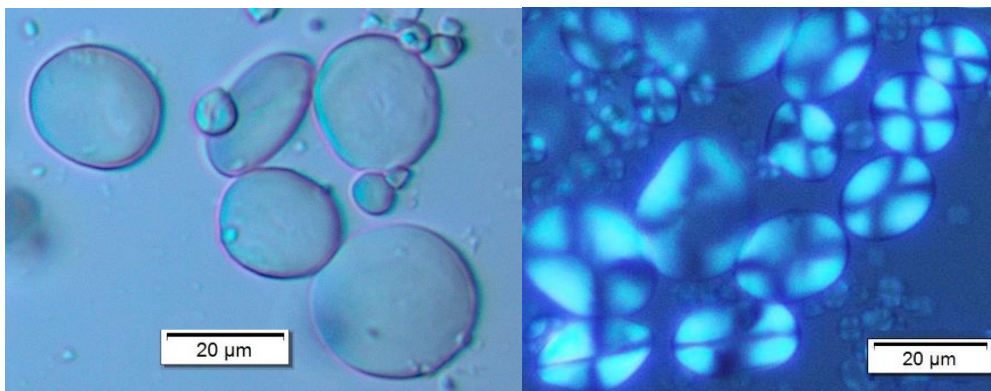


Figuras 67 y 68: *Izquierda*, fotografía con microscopio óptico de transmisión. *Derecha*, fotografía con microscopio de luz polarizada, ambas con muestras de *Oryza sativa*. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

-*Triticum durum*: Este cereal procede de Bell-lloc d'Urgell (Pla d'Urgell), y fue dejado en remojo aproximadamente una hora, ya que requirió de un poco más de tiempo para conseguir que el grano de cereal absorbiese una mayor cantidad de agua para así poder extraer fácilmente el almidón de su interior. En este caso, la disposición de los granos de almidón completamente dispersa, y sus morfologías son simples comparadas con las anteriores muestras; únicamente se pudo documentar granos del tipo *bell shape*, circulares en su mayoría, y *bean shape*.

Los granos son simples, a simple vista no presentan ni *hilum* ni *lamellae*. Algunas *fisures-cracks* son claras, y aparecían siempre en formas simples y de poca profundidad, pero no en muchos individuos, y no son por tanto, un elemento característico de los granos de *Triticum durum*. En cuanto al tamaño, se documenta dos grandes grupos distintivos; los de mayor tamaño que estaban aislados los unos de los otros y que median de entre 20,28 a 39 micras de diámetro, y los de muy menor tamaño, que se encuentran en mucha mayor cantidad, situados alrededor de los de mayor tamaño, y que median entre 3,12 a 10,92 micras.

Con la luz polarizada y mirando a 4000 aumentos en el microscopio, pudimos observar que la cruz de extinción estaba presente en todos los individuos, independientemente de su tamaño. La cruz era, de manera general, simple, de Malta y en forma de *arms*.



Figuras 69 y 70: Izquierda, fotografía con microscopio óptico de transmisión. Derecha, fotografía con microscopio de luz polarizada, ambas con muestras de *Triticum durum*. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

-*Triticum monococum*: Cereal procedente del Sur de Francia (Provenza). Fue dejado en remojo durante aproximadamente una hora, para así favorecer la extracción del almidón. Los granos de almidón únicamente se encuentran aislados. La forma de los granos de almidón en vista superior era un poco variada; se encontraron individuos circulares, ovoides, y *tear shape*.

El *hilum* no ha sido visible en ninguno de los granos de almidón, ya que ni tan solo con la luz polarizada se ha podido observar. Lo mismo ha ocurrido a la hora de buscar *lamellae*, puesto que no se han identificado. Estos granos de almidón son muy simples comparados con las otras especies de cereales que hemos observado anteriormente. Tampoco se han observado *figures-cracks*, y en el caso de observarse alguna, se han encontrado de manera localizada, simple, y difuminadas, apenas perceptible.

La media del tamaño de los granos es de 7,8 micras los de menor tamaño, y de 20,28 los de mayor tamaño. No se ha documentado diferencias morfológicas debido al tamaño, como sucede en otras especies.

Al mirar la muestra con el microscopio de luz polarizada a 4000 aumentos, se observa que la cruz de extinción es visible en todos los individuos, tanto en los que se encuentran dispersos, como en los pocos que se mantenían unidos entre ellos formando cúmulos de granos de almidón. Las morfologías de las cruces son variadas; simple, de Malta, y otra vez en *arms*. En este caso, no se observan cruces complejas o de forma de estrella, únicamente de formas simples.

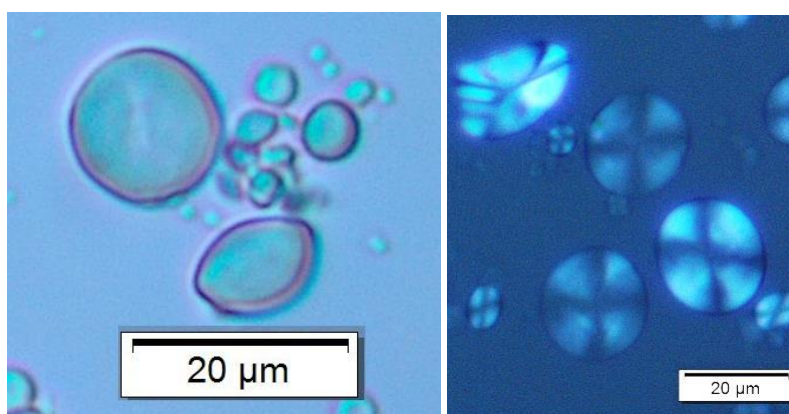


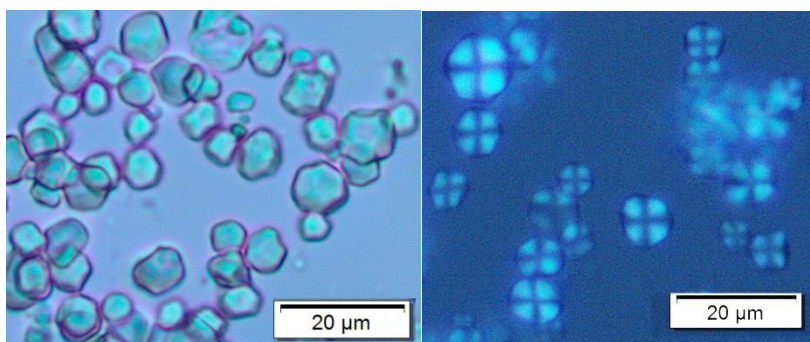
Figura 71 y 72: Izquierda, fotografía con microscopio óptico de transmisión. Derecha, fotografía con microscopio de luz polarizada, ambas con muestras de *Triticum monococum*. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

-*Panicum miliaceum*: Esta muestra de mijo, procede del Maresme, (Barcelona). Fue dejado en remojo durante aproximadamente una hora, para favorecer a la rehidratación por parte del grano de cereal, y así facilitar la extracción del almidón. Los granos se encuentran agrupados, formando grandes granos de almidón. La forma de los granos de almidón en vista superior era muy variada; con presencia de individuos circulares irregulares, ovoides, *tear shape*, facetados, y de forma cuadrangular. Los granos facetados constaban, de manera general y vistos desde un plano superior, de 5 a 7 facetas, es decir, eran formas poligonales pentagonales y heptagonales. Estas morfologías recuerdan un poco a las encontradas con la muestra de almidón de arroz, puesto que parece que son pequeños granos que se juntan formando granos de mayor tamaño, en su gran mayoría facetados.

El *hilum* no es visible en ninguno de los granos de almidón observados. Tampoco hemos podido observar *lamellae*, eran granos muy simples, parecidos a los vistos anteriormente con las muestras de *Triticum monococum*. De la misma manera, tampoco se encuentran granos de almidón que constasen de *fisures-cracks*, ni aun viéndolos con el microscopio de luz polarizada.

En cuanto al tamaño, la media general; de 15 individuos observados, la media se encuentra en 9,36 micras, constando de 6,24 micras el más pequeño, y 12,48 el más grande.

Con el microscopio de luz polarizada a 400 aumentos, observamos que presentan una morfología parecida a *Oryza sativa*, es decir, granos muy pequeños, pero esta vez aparecen agrupados. Todos presentan una cruz simple, y tienden a formas cuadrangulares, es decir, aunque la mayoría fueran heptágonos o pentágonos con el microscopio de luz clara, con la luz polarizada parecían cuadrados.



Figuras 73 y 74: Izquierda fotografía con microscopio óptico de transmisión. Derecha, fotografía con microscopio de luz polarizada, ambas con muestras de *Panicum miliaceum*. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

-*Hordeum vulgare*: Esta muestra del cereal, comúnmente llamado cebada, procede de Bell-lloc d'Urgell (Pla d'Urgell), y a diferencia de las anteriores muestras, ésta no se dejó en remojo previamente, sino que simplemente se procedió a añadir agua a los granos de cebada, e inmediatamente fueron machacados con el mortero para extraer el almidón.

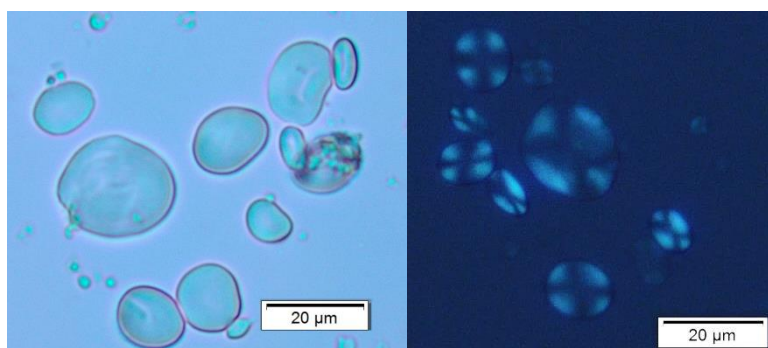
La morfología de los granos de almidón vistos desde una perspectiva superior, era bastante variada, teniendo así individuos circulares, *bell shape*, *bean shape*, ovoides, reniformes, y *elongate*. Siendo el de *bean shape* (forma de judía), y el ovoide las formas más comunes.

El *hilum* no es visible en ninguno de los granos, así que podría darse el caso que no tuviera, no obstante, los granos presentan *lamellae* concéntricas por el interior de los individuos, por lo cual, en el caso de tener *hilum*, éste se encontraría en el centro del grano.

También aparecen *fisures-cracks*, aunque no generalizadas en todos los individuos, únicamente en los de mayor tamaño, y de manera simple o en forma de Y estas estructuras no son muy profundas, solo se pueden apreciar en vista superior, y no en la vista lateral.

Hay mucha homogeneidad en el tamaño de granos de esta especie, ya que aun habiendo individuos más grandes que otros, se encuentran en una relación 50 – 50, respectivamente. El diámetro medio es de 14,04 micras, siendo de 7,8 micras el más pequeño, y de 23, 28 micras el más grande.

Utilizando el microscopio de luz polarizada se observa que todos poseen la cruz de extinción muy marcada en el centro del grano, y que además, presentan morfologías bastante variadas; de cruz simple, en forma de X, y compuestas, como *arms* pero más estrechos, en forma de)(, y de estrella. Los granos que poseen la cruz de forma simple y de forma de estrella, tienen una morfología más cuadrangular que el resto de los granos. También se documentó una cruz de extinción más ancha de lo normal.



Figuras 75 y 76: Izquierda fotografía con microscopio óptico de transmisión. Derecha, fotografía con microscopio de luz polarizada, ambas con muestras de *Hordeum vulgare* Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

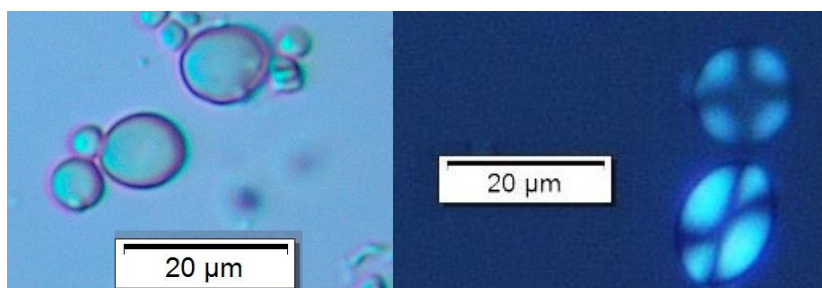
-*Triticum aestivum*: Muestra de cereal procedente de Bell-lloc d'Urgell (Pla d'Urgell), y al igual que con la anterior muestra de cebada, los granos tampoco fueron dejados en remojo previamente, sino que, simplemente se le agregó agua en pequeña cantidad, y se procedió a machacarlos para así extraer el almidón. Una vez se procedió con la trituración de la muestra, se observó que los granos de almidón se encontraban en disposición separada unos de otros.

La forma de los granos de almidón en vista superior es poco variada; con presencia de individuos circulares, ovoides, y con *bell shape*, siendo los granos con forma ovoide los más abundantes. Al igual en algunos casos anteriores, el *hilum* no es visible en ninguno de los granos de almidón observados, así que podría darse el caso que no tuviera, ya que ni tan solo con la luz polarizada se observa este elemento. No obstante, se constatan *lamellae* concéntrica desde el centro hacia el exterior del grano, por lo cual, en el caso de tener *hilum*, éste se encontraría en el centro del grano de almidón.

También se ha documentado la existencia de algunas *fisures-cracks*, no en la totalidad de los individuos, solo los granos de mayor tamaño las poseen, y éstas son simples, o en forma de X, y de poca profundidad.

El tamaño de estos granos varía bastante, hay grandes y pequeños en un porcentaje de 70 – 30, siendo más abundantes los granos de mayor tamaño. Las medidas dan una media de 15,6 micras, siendo 34,32 micras el de mayor tamaño, y 6,24 micras el de menor tamaño.

La cruz de extinción es simple y compuesta, en *arms*, y en forma de)(. También se observa que la cruz es más ancha en centro del grano, por donde en teoría debería situarse el *hilum*, aunque a simple vista no se haya observado. Esto ocurre tanto con cruces simples como de Malta que parecen haber doblado su tamaño.



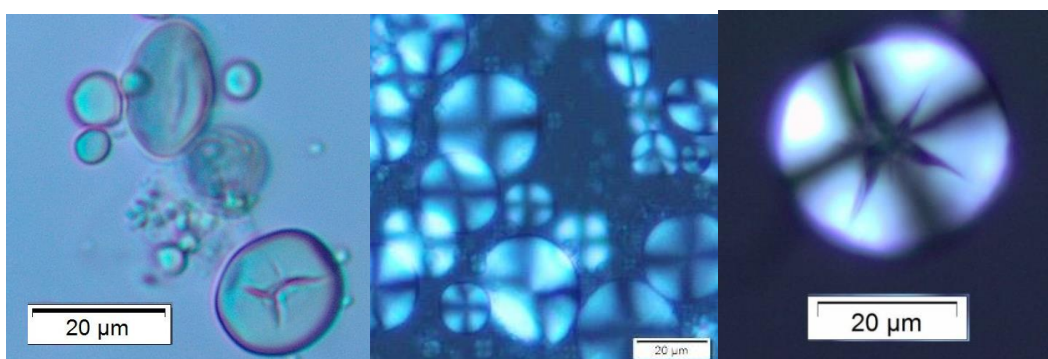
Figuras 77 y 78: Izquierda fotografía con microscopio óptico de transmisión. Derecha, fotografía con microscopio de luz polarizada, ambas con muestras de *Triticum aestivum*. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

-*Secale cereale*: Esta muestra de cereal de centeno, procede de Ftan (en los Alpes suizos), y tampoco fue dejada en remojo previamente. Una vez se colocó la muestra en el microscopio se observó una gran cantidad de morfologías; por ejemplo, los granos de almidón presentan forma circular, ovoide, *bell shape*, *bean shape*, y *tear shape*, si bien en visión lateral eran todos *elongate* o, en el caso de los *bell shape*, cilíndricos.

No se percibe la presencia de *lamellae* o de *hilum* en ninguno de los individuos de almidón, así que es muy probable que no tengan dichas características morfológicas. En los granos de mayor tamaño se observan *fisures-cracks* de diferentes tipologías; simples, o complejas en *arms* (X), o en forma de Y. Dichas fisuras son bastante profundas, ya que al pasar de la vista superior a la vista lateral, vemos como la fisura continua por el interior del grano, hasta, en algunos casos, alcanzar la otra cara del grano.

En cuanto al tamaño, hay un gran variedad de medidas; podemos encontrar o bien, individuos muy grandes comparados con las otras muestras, o muy pequeños, parece no haber un término medio, es por eso que no he querido hacer una media estándar de tamaño para esta especie de cereal, sino que simplemente mencionaré cuál ha sido el tamaño más grande medido, y lo mismo para el tamaño más pequeño. El de mayor tamaño constaba de 35,88 micras, y el menor de 9,36 micras.

Con el microscopio de luz polarizada se pudo observar como aparte de ver claramente la cruz de extinción en todos los granos de centeno, también se podían observar las *fisures-cracks*, ya que, como se ha mencionado anteriormente, eran de una profundidad considerable. La mayoría de las cruces son de morfología simple, y los granos tienden a formas cuadrangulares con bordes redondeados.



Figuras 79, 80y 81: Izquierda, fotografía con microscopio óptico de transmisión. Centro, fotografía con microscopio de luz polarizada, ambas con muestras de *Secale cereale*. Derecha, fotografía detalle de una *fisure-crack*. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

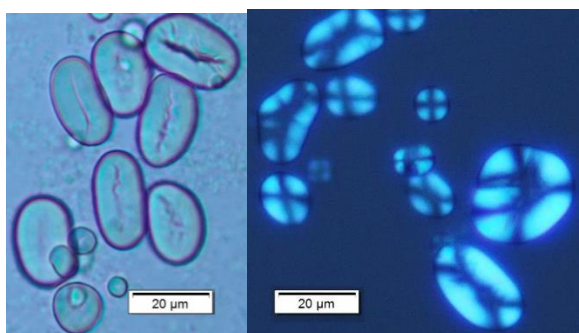
B) Legumbres:

-*Vigna unguiculata*: Esta muestra de legumbre, llamada comúnmente judía de careta, se ha recolectado en una zona agrícola del pueblo de Cabrera de Mar, en el Maresme. Fue dejado en remojo durante aproximadamente 30 minutos para así favorecer a la absorción del agua, y facilitar la extracción del almidón. Los granos aparecen de manera totalmente dispersa. La morfología de los granos es variada, encontramos circulares, ovoides, *bean shape* y *longate*, así como una forma a la que llamamos trilobular, ya que a simple vista parecía una *bean shape*, pero con una protuberancia adicional.

Se pudo observar la presencia de *hilum* en algunos granos, y en todos ellos se localiza en la parte central del cuerpo. Únicamente en algunos individuos se observan *lamellae*, tanto en el centro como en la parte más externa del grano. Sí se observan las *fiures-cracks*, y también únicamente en un sector específico; en los granos de mayor tamaño. Estas fisuras aparecen en formación simple, compuesta (en forma de estrella), y radial o de forma Y. Lo que llamó la atención fue observar fisuras paralelas entre si dentro de un mismo grano, ya que eran en realidad el resultado de una fisura muy abierta, dejando el grano con una morfología parecida a dos montículos alargados con un gran surco en el centro. Se observa la existencia de fisuras hemisféricas, es decir, localizadas únicamente en un lado del grano que no aparecía en la cara opuesta del grano, es decir que no constituían fisuras muy profundas. El tamaño medio de los granos es de 21,06 micras, siendo el más pequeño de 7,8 micras, y el mayor de 43,68 micras.

La cruz era visible en todos los grano. Habían cruces de morfología simple, pero también compuestas, siendo estas mayoritarias, además también pudo observarse fisuras bastante marcadas dentro del grano, sobre todo en los de mayor tamaño.

Algunas cruces simples parecían tornarse cruces de Malta, pero en vez de tener el punto de unión de las astas de la cruz pequeño, lo tenían ensanchado, como si la cruz se estuviera haciendo más grande, y por tanto la morfología de esta se estuviera perdiendo.



Figuras 82 y 83: Izquierda, fotografía con microscopio óptico de transmisión. Derecha, fotografía con microscopio de luz polarizada, ambas con muestras de *Vigna unguiculata*. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

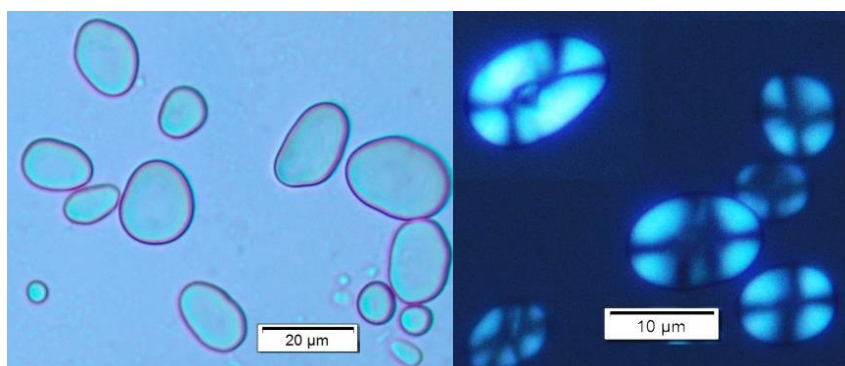
-*Cicer arietum*: Para esta muestra en especial de garbanzo, procedimos a prepararla con dos protocolos diferentes. La primera dejando unos garbanzos en remojo durante 24h, y la segunda dejándolos únicamente una hora, para, de esta forma, comprobar cómo el estar únicamente en remojo durante más o menos tiempo podría afectar la morfología. Esta muestra en concreto fue dejada 24h en remojo, y al llegar al día siguiente pudimos comprobar cómo los garbanzos habían doblado su tamaño.

La mayoría de granos se encuentra agrupados. La morfología era poco variada, únicamente encontramos tres formas; circular, ovoide y *bean shape*, siendo la ovoide la más abundante.

El *hilum* no era visible en ningún grano, ni de tamaño reducido ni de tamaño mayor, pero sí que pudimos vislumbrar *lamellae* concéntricas por todo el cuerpo del almidón, aunque en algunos individuos no eran muy visibles en la parte central.

En general no constaban de *fisures-cracks*, pero sí que se localizaron algunos individuos con fisuras simples. Estas fisuras, como ya se ha mencionado, eran simples, de forma radial (en forma de Y), o en *arms*, pero su profundidad ha sido lo que nos ha llamado más la atención, ya que se observan desde cualquier ángulo del grano. El tamaño de los granos de almidón era muy variable, siendo 31,2 micras el de mayor medida encontrado, y de 7,8 micras el de menor. La media del diámetro es de 18,1 micras.

Una vez pasamos a observar la muestra con el microscopio de luz polarizado, vemos que todos los granos poseen una cruz de extinción muy marcada. Dichas cruces pueden ser simples, en forma de cruz de malta, o)((una forma menos precisa de cruz). Los individuos que poseen cruces simples presentan morfologías cuadrangulares o circulares, y los que tienen cruces en forma de)(son de morfología ovalados o *longate*.



Figuras 84 y 85: Izquierda fotografía con microscopio óptico de transmisión. Derecha, fotografía con microscopio de luz polarizada, ambas con muestras de *Cicer arietum*. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

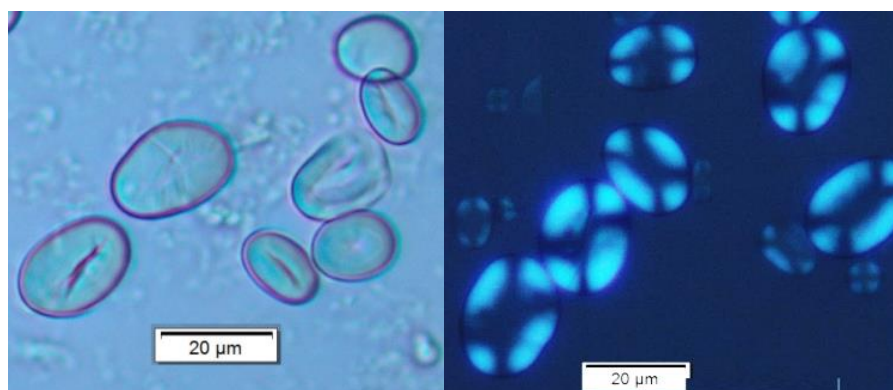
-*Cicer arietum*: Esta muestra de garbanzo fue dejada únicamente una hora en remojo. La primera diferencia se refiere a la disposición de los granos dentro de la muestra, ya que éstos se presentan de forma dispersa, mientras que en la muestra anterior dejado 24h en remojo, los granos se agrupan formando cadenas de granos, incluso pareciendo que seguían una misma dirección. La morfología de los granos no parece haber sido afectada por la hidratación, pues encontramos las mismas características que en la muestra anterior; ovoides, *bean shape*, y circulares, pero ahora ésta última forma es la dominante en la muestra.

Tampoco pudimos localizar el *hilum* en ningún individuo, al igual que en la muestra anterior, pero las *lamellae*, una vez más, sí que estaban perfectamente marcadas en la mayoría de granos, y seguían el mismo patrón que en el caso anterior; las anillas dominaban el grano en forma concéntrica, así que el *hilum* en casi de haberlo, se encontraría en la parte central del grano.

En el caso de las *figures-cracks*, pudimos comprobar que la mayoría de los granos se encontraban fisurados, al contrario de lo que pasaba con la muestra remojada durante 24h. Todas las fisuras que se encontraron eran bastante profundas y simples, con excepción de alguna de morfología radial (en forma de Y).

El tamaño de estos granos era parecido al de la muestra anterior, pero había más variedad de tamaños. Los granos más grandes presentan una media de 31,2 micras, y los pequeños de 9,36 micras, dejando una media de 18,8 micras, siendo estos un poco más grandes que en la muestra hidratada.

Una vez pasamos la muestra al microscopio de luz polariza pudimos comprobar como la cruz de extinción estaba presente en todos los granos, con morfologías variadas. Se encontraron cruces complejas en forma de estrella, o con *figures-cracks* muy marcados.



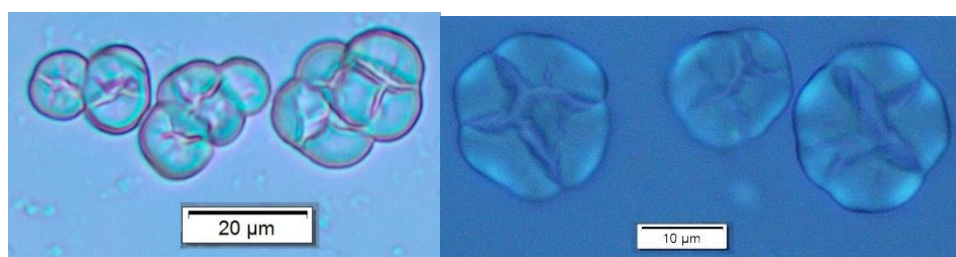
Figuras 86 y 87: Izquierda fotografía con microscopio óptico de transmisión. Derecha, fotografía con microscopio de luz polarizada, ambas con muestras de *Cicer arietum*. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

-*Pisum sativum*: Esta muestra procede de vainas frescas del mercado de Barcelona. Por ello, la muestra no había pasado por ningún proceso de secado como las anteriores muestras de leguminosas. Así pues, no necesitamos hidratar la muestra con agua, porque al estar fresca y tierna, ya pudimos extraer todo el almidón necesario con solo triturar levemente los guisantes. En este caso, la disposición de los granos de almidón era dispersa. Sus morfologías eran bastante diversas al igual que en anteriores muestras de legumbres. Se pudo documentar formas ovoides lobulares, lobulares irregulares, *bean shape*, trilobulares y circulares.

No se observó la presencia de *lamellae* ni de *hilum* en ninguno de los individuos de almidón, así que es muy probable que no tengan dichas características morfológicas. Lo que sí pudimos observar y en gran cantidad fueron las *fishures-cracks*, las cuales también tenían una gran profundidad, ya que las fisuras afectan ambas caras de los individuos. La morfología de estrella parece ser la mayoritaria en todas las fisuras observadas, aunque también hay compuesta (en forma de Y) y simples, pero en menor cantidad.

El tamaño de estos granos es poco variable presentando una media 24,96 micras y el más pequeño 9,36 micras, dejando una media de 17,62 micras por individuo medio.

Al mirar los granos con el microscopio de luz polariza, la cruz de extinción no era visible en ningún grano de almidón. Todos los individuos de encontraban muy fracturados, con la cruz desaparecida en todos ellos. Las fracturas que se observaban eran muy complejas, en forma de estrella mayoritariamente, y de una profundidad importante, ya que las fisuras podían ser vistas por todo el cuerpo del grano.



Figuras 88 y 89: Izquierda fotografía con microscopio óptico de transmisión. Derecha, fotografía con microscopio de luz polarizada, ambas con muestras de *Pisum sativum*. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

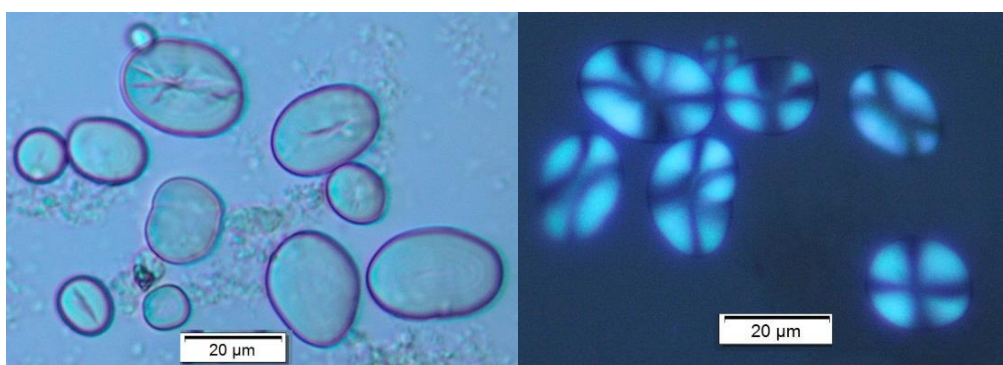
-*Lens culinaris*: Esta muestra de lenteja común fue dejada en remojo aproximadamente una hora, para así favorecer a la extracción de almidón. Una vez proseguimos a la observación al microscopio, pudimos comprobar que los granos aparecen dispersos, y que las morfologías de los individuos son muy variadas., con formas *debean shape*, ovoides, circulares, trilobulares y *longate*.

No se pudo observar el *hilum* en ninguno de los granos de almidón, pero sí que pudimos identificar claramente las *lamellae*. La mayoría de ellas se encontraban en los individuos de mayor tamaño, y se extendían por todo el cuerpo del grano de forma concéntrica, teniendo el punto central en medio del cuerpo del grano, por ese motivo, entendemos que en caso de disponer de *hilum*.

La mayoría de granos de almidón no poseía *figures-cracks*, pero si estaban presentes en un gran número de individuos, y generalizaban las formar simples y radiales (en forma de Y).

El tamaño de los individuos era variado con una media 37,5 micras de los granos mayores, y el menor de todos 15 micras, dejando una media de 23 micras por grano de almidón.

Una vez pasamos las muestras al microscopio de luz polarizada pudimos ver que la cruz de extinción estaba claramente definida en todos los granos de almidón, y ésta se encontraba normalmente de forma simple, aunque también había presencia de algunos en forma de estrella o de *arms*.



Figuras 90 y 91: Izquierda fotografía con microscopio óptico de transmisión. Derecha, fotografía con microscopio de luz polarizada, ambas con muestras de *Lens culinaris*. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

C) Frutos secos:

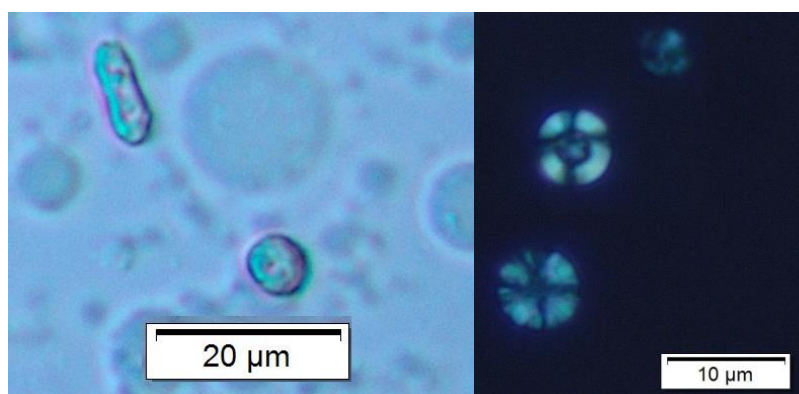
Para esta prueba, examinamos también muestras de *Coryllus avellana* y de *Vitis vinífera*, pero no dieron resultado aparentes de poseer almidón, así que decidimos no incluirlos en el presente trabajo.

-*Prunus dulcis*. La muestra de almendra común, no fue necesario dejarla en remojo, simplemente colocamos un poco de agua en el fruto seco para proceder a su triturado y así extraer los almidones con mayor facilidad. Los granos se presentan aislados. La morfología de los individuos es bastante simple, siendo la mayoría circulares, semicirculares o circulares irregulares.

No fue posible de localizar el *hilum*, pero sí que pudimos comprobar la presencia de las *lamellae* distribuidas por todo el cuerpo del grano, y de forma concéntricas, es por eso, que en caso de poseer *hilum*, éste se encontraría en el centro del individuo. Tampoco pudimos encontrar ningún grano de almidón que tuviera signos de *fisures-cracks*.

En cuanto al tamaño, podríamos decir que la totalidad de la muestra observada era más bien de un tamaño reducido. El más grande de los granos presenta un tamaño de 12,48 micras, y el más pequeño de 3,12 micras, presentando una media de 7,8 micras por grano de almidón.

Una vez pasamos la muestra al microscopio de luz polarizada, Los granos eran de muy pequeño tamaño, pero con la cruz de extinción muy visible. También se observó que parecía que los granos de almidón estaban mínimamente inflados, ya que la cruz parecía demasiado ancha, y los granos en si tenían una morfología más parecida a la lobular que la circular.

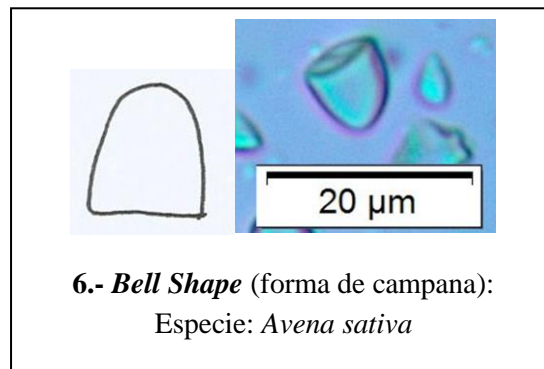
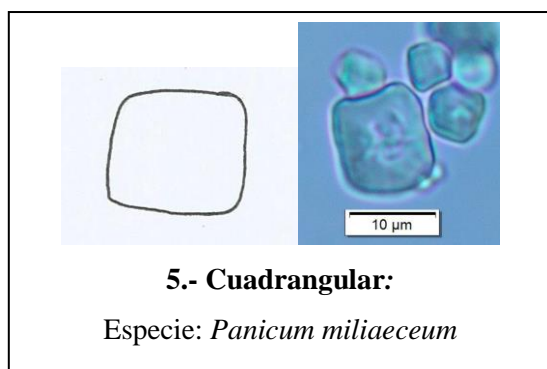
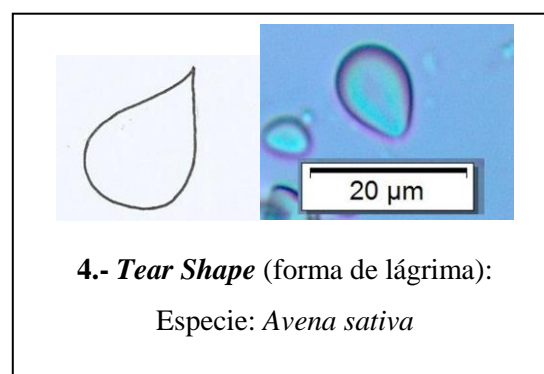
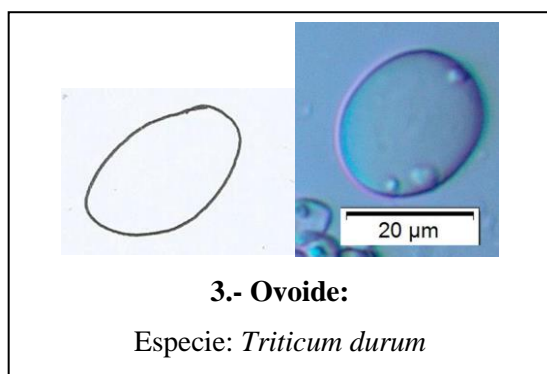
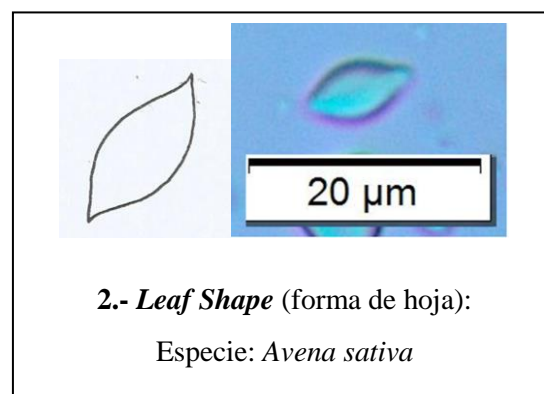
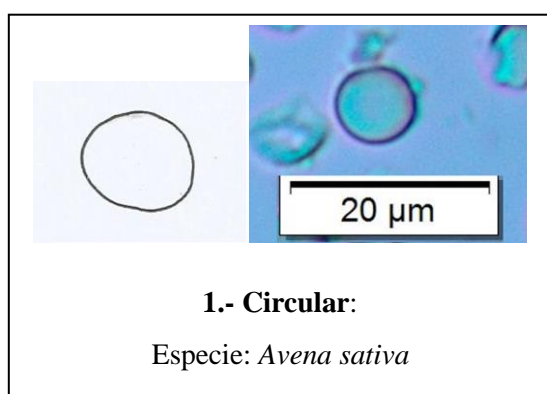


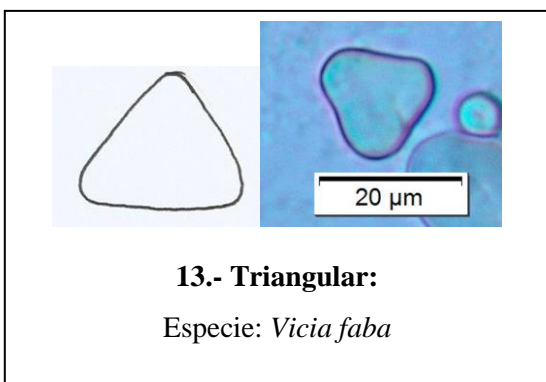
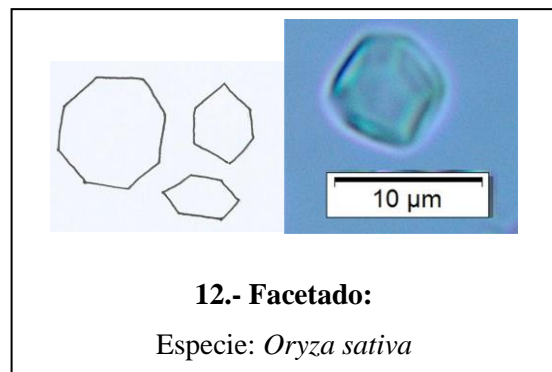
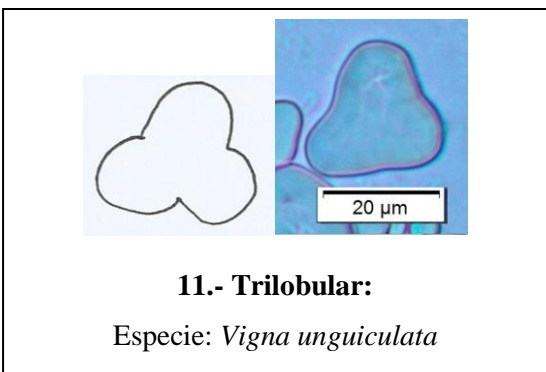
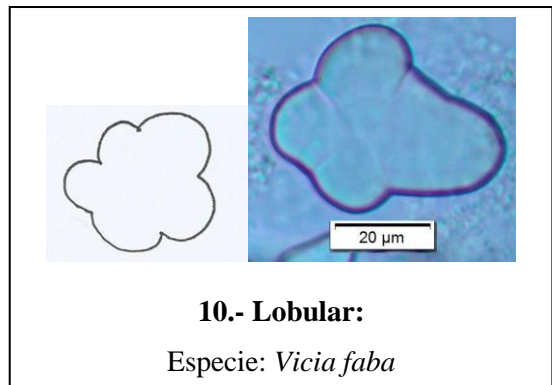
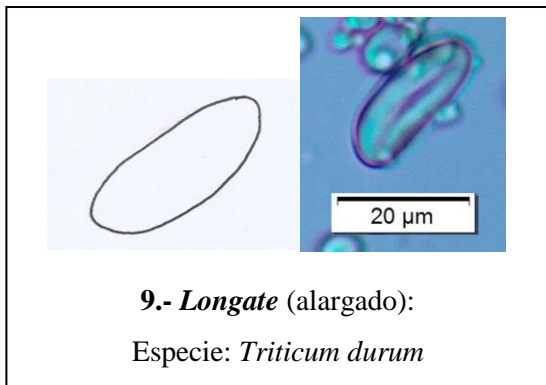
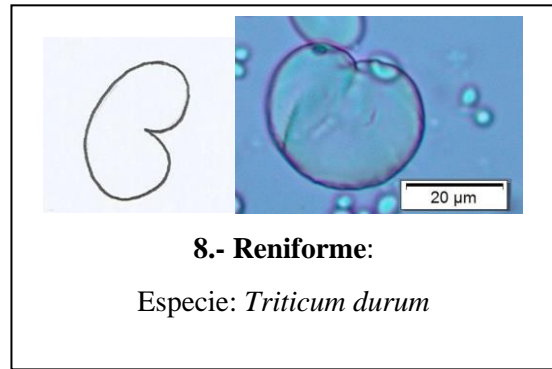
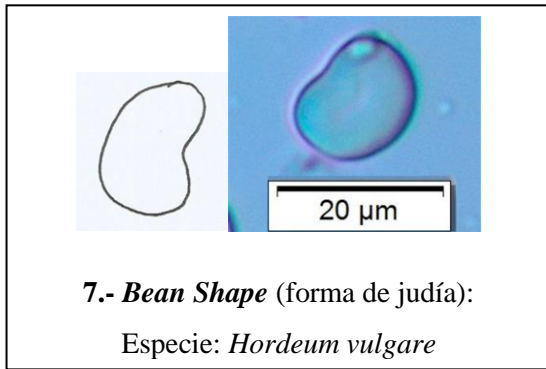
Figuras 92 y 93: Izquierda fotografía con microscopio óptico de transmisión. Derecha, fotografía con microscopio de luz polarizada, ambas con muestras de *Prunus dulcis*. Fotografías hechas por Cristina Sirvent.

2.- DICCIONARIO

Al utilizar varios nombres técnicos y nomenclaturas a lo largo de este trabajo, he encontrado preciso la realización de este pequeño diccionario, o ayuda, ilustrado por mí misma, para así poder entender mejor a lo que me refiero cada vez que describo las características de los granos de almidón u otros objetos a lo largo de estas páginas.

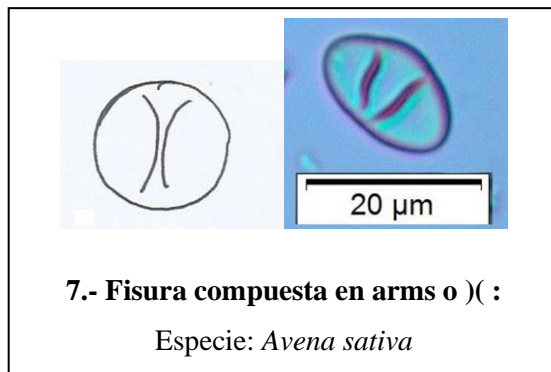
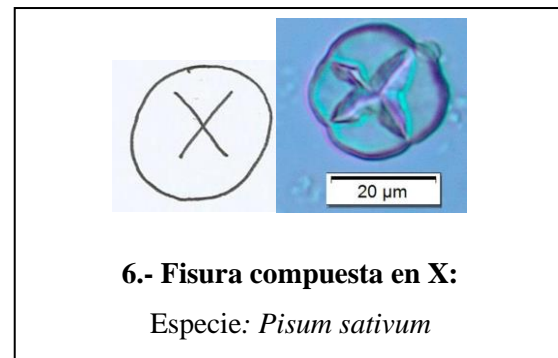
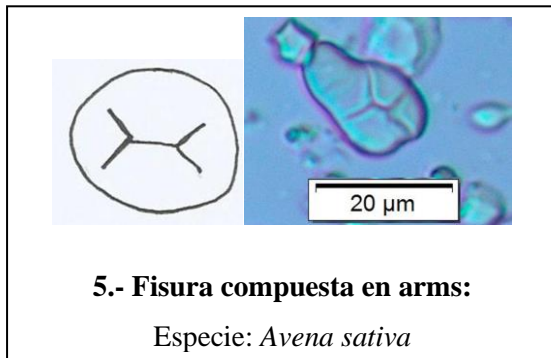
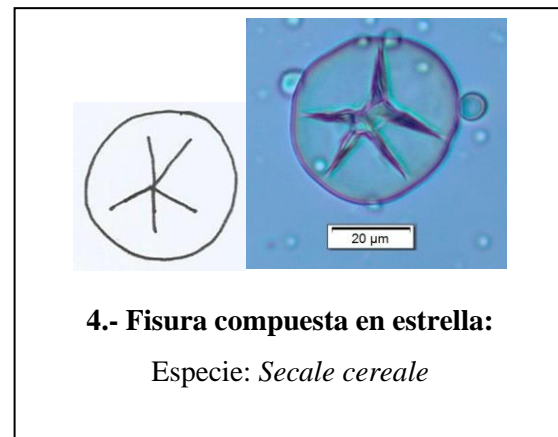
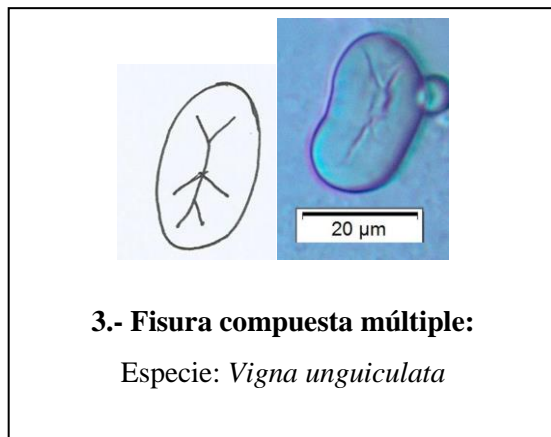
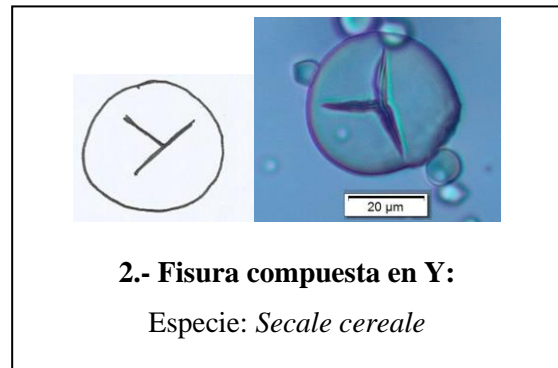
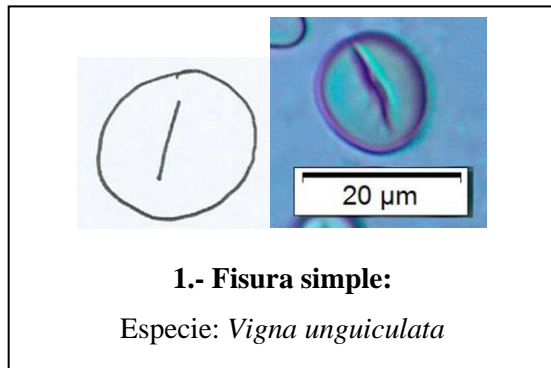
Morfología de los granos de almidón





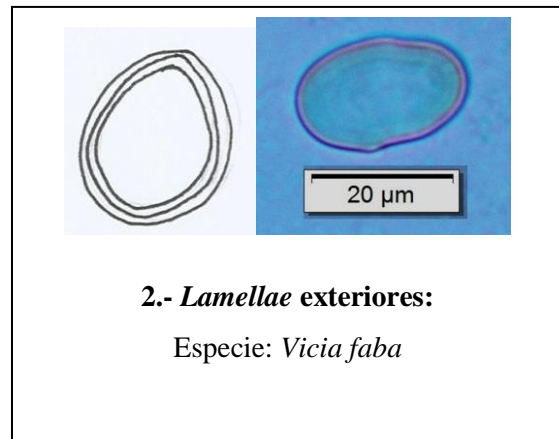
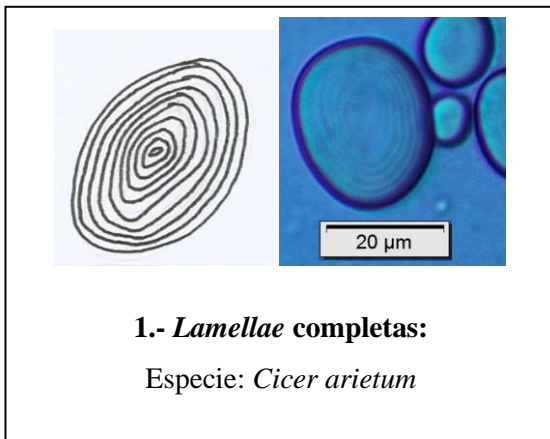
Tipología de *fiures-cracks*

No siempre están presentes en los granos de almidón, pueden aparecer en algunos individuos y en otros no, aun siendo de la misma especie.



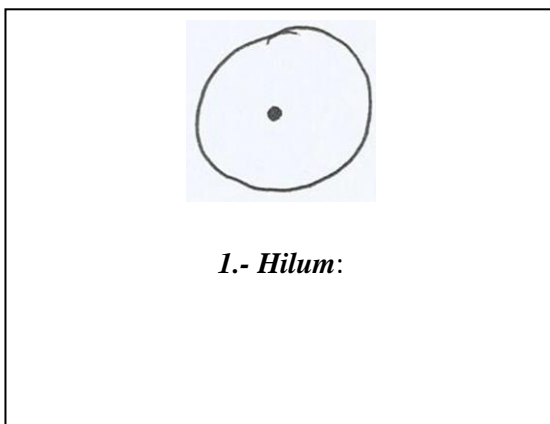
Lamellae

Son las anillas de crecimiento de los granos de almidón, y no siempre son visibles.



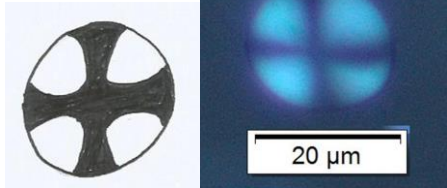
Hilum

Es el punto central del grano de almidón, el núcleo, y no siempre es visible.



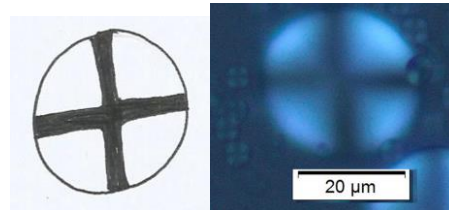
Tipología de las cruces de extinción

El patrón de cruz oscura se ve cuando se usa un microscopio de luz polarizada. Todos los granos de almidón poseen cruz de extinción, aunque pueden haber casos en los que parezca no poseer ya que el grano está muy dañado y por tanto la cruz ha desaparecido, como en el caso de *Pisum sativum*.



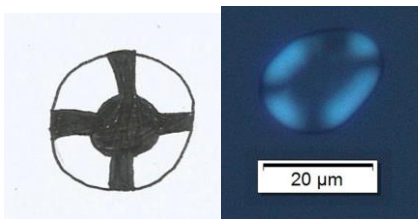
1.- Cruz de Malta:

Fotografía de *Lens culinaris*. La cruz de Malta es característica por tener los brazos de más estrechos en el centro del grano, a más anchos.



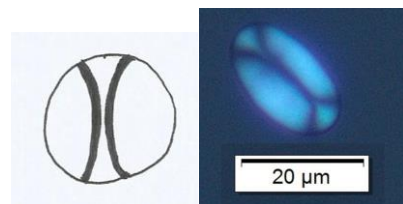
2.- Cruz simple:

Fotografía de *Secale cereale*. La cruz simple tiene los brazos perfectamente rectangulares, lo contrario a la cruz de Malta.



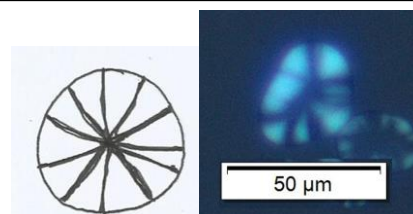
3.- Cruz simple con el centro ancho:

Fotografía de *Cicer arietum* dejado 24h en remojo. Ésta cruz es característica por tener el centro más ancho que las demás, seguramente esto se deba a que el grano de almidón ha absorbido demasiada agua y la estructura cristalina de éste se está rompiendo y por tanto, la cruz de extinción se está perdiendo.



4.- Cruz en arms o)(:

Fotografía de *Cicer arietum* dejado 24h en remojo. La cruz no tiene una forma regular, posee un ángulo muy obtuso por un lado, y muy agudo por el otro. Ha perdido la forma de cruz.



5.- Cruz compuesta o forma de estrella:

Fotografía de *Vicia faba*. La cruz de está compuesta por diferentes brazos.