

[Escriba aquí]

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

¿Cómo reclutar microorganismos para la elaboración de pan de masa madre?



Michael Gänzle

Universidad de Alberta, Departamento de Ciencias Agrícolas, Alimentarias y Nutricionales,
Edmonton, AB, Canadá.

[Escriba aquí]

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

¿Cómo reclutar microorganismos para la elaboración de pan de masa madre?

Introducción

El pan se hornea (o se cuece al vapor) en todos los climas templados donde se cultivan trigo o centeno. Su elaboración es, en esencia, un proceso relativamente sencillo: los granos se muelen para obtener harina, que luego se mezcla con agua para formar una masa. Esta masa se fermenta con levadura antes de su cocción, ya sea como pan plano sobre una superficie caliente, en un horno, o al vapor en forma de bollos.

El término **Fermentación** hace referencia a la actividad de los microorganismos que generan dióxido de carbono (CO_2) en la masa. Este gas queda atrapado en su interior y es responsable de la textura ligera y esponjosa del pan. La forma más fácil y rápida de fermentar una masa consiste en usar levadura panadera: una adición aproximada del 2% de levadura es suficiente para fermentar la masa en unos 90 minutos. Hoy en día, esta levadura está fácilmente disponible en supermercados. La levadura de panadería es una forma concentrada de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, que prospera en ambientes ricos en azúcares, como los zumos de frutas, y que también se utiliza en la elaboración de cerveza.

La **masa madre** constituye una alternativa tradicional a la levadura comercial. Se trata de una masa fermentada que contiene no solo levaduras, sino también bacterias ácido-lácticas, y normalmente se elabora con harina de trigo o centeno. Cuando se utiliza masa madre, la receta del pan puede reducirse a tres ingredientes: harina, agua y sal; la masa madre también se produce a partir de estos tres ingredientes. La propia masa madre se obtiene igualmente a partir de estos elementos. Sin embargo, esta aparente simplicidad exige mayor dedicación, ya que los microorganismos deben mantenerse activos para producir suficiente dióxido de carbono.

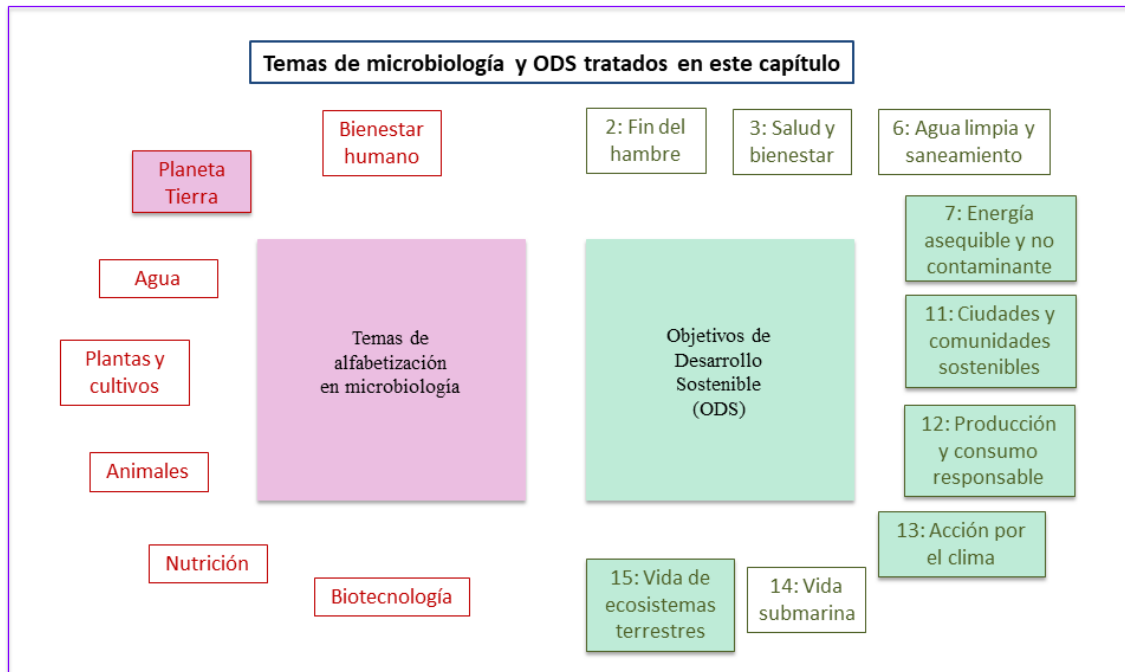
Esta tarea no es trivial. Mientras que, en una masa con levadura comercial aproximadamente el 2% del peso corresponde a biomasa de levadura, en la masa madre, la biomasa microbiana representa menos del 0.1%. Por ello, estos microorganismos deben ser unas 20 veces más activos para producir la misma cantidad de dióxido de carbono. Gestionar una panadería que emplee únicamente masa madre equivale, en cierto modo, a mantener un caballo de carreras de pura sangre en condiciones óptimas de rendimiento.

A continuación, conviene reflexionar sobre la relación entre la masa madre y la sostenibilidad. El pan de masa madre refleja de manera ejemplar los valores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas. Su fermentación natural se basa en levaduras silvestres, lo que reduce la necesidad de aditivos e insumos industriales. Al favorecer el uso de cereales de proximidad, contribuye a una agricultura más sostenible y refuerza las

[Escriba aquí]

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

economías rurales. Por si fuera poco, la fermentación lenta mejora tanto el valor nutricional como la digestibilidad del pan.



Hornear pan de masa madre en casa o en pequeñas panaderías fomenta hábitos de consumo más responsables. Asimismo, contribuye a reducir el desperdicio alimentario, ya que el pan sobrante puede reutilizarse con facilidad en la elaboración de nuevos platos. Más allá de sus cualidades nutricionales, la masa madre favorece la interacción entre los miembros de una comunidad mediante el intercambio de saberes y tradiciones culturales. Su sencillez disminuye la dependencia de ingredientes altamente procesados y promueve métodos de producción más limpios. Además, el carácter pausado y consciente de su elaboración puede incluso reducir el consumo energético en comparación con los procesos industriales. En conjunto, la masa madre constituye un modelo alimentario sostenible, resiliente y arraigado en la comunidad.

Antes de abordar por qué y cómo los panaderos asumen esta labor exigente, conviene detenerse brevemente en la historia del pan.

Historia

El pan es uno de los alimentos fermentados más antiguos que se conocen. El pan más antiguo del que se tiene constancia fue elaborado hace unos 14.400 años por un grupo de

[Escriba aquí]

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

cazadores-recolectores en lo que hoy es Jordania (Figura 1). Las migas de pan plano halladas por los arqueólogos presentaban una textura porosa, clara evidencia de que había tenido lugar un proceso de fermentación.

La cronología resulta reveladora: los seres humanos sabían hacer pan antes de cultivar cereales. Esto no sorprende, ya que los granos, por sí solos, no resultan ni especialmente sabrosos ni nutritivos si no se someten a procesos como la molienda, la fermentación y la cocción.

Este hallazgo arqueológico demuestra también que la elaboración básica del pan no es excesivamente compleja. Los granos de cereal están colonizados por endófitos, es decir, microorganismos que viven en el interior de las plantas. Entre ellos se encuentran bacterias anaerobias facultativas capaces de producir dióxido de carbono cuando los granos, o la harina obtenida de ellos, se mantienen a temperatura ambiente durante aproximadamente un día.

Cabe preguntarse por qué los seres humanos dejaban fermentar los granos antes de consumirlos. La molienda de granos secos requiere un gran esfuerzo cuando se realiza manualmente con herramientas simples, como piedras de moler. Este trabajo se facilita si los granos se remojan previamente, lo que permite hidratarlos y ablandarlos, para después proceder a su molienda en húmedo.

Sin embargo, este remojo favorecía también el crecimiento microbiano, que continuaba tras la molienda, generando gas y permitiendo la elaboración relativamente sencilla de un pan plano ligeramente fermentado.



Panel superior: Horno de cocción natufiense de alrededor del año 12,000 a. C., excavado en el Creciente Fértil. Fuente www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.



Panel superior derecho:

Panadería con horno y molinos de harina que fueron excavados en la ciudad romana de Pompeya.

Inserto en el panel derecho:

Imagen de un pan que quedó enterrado en un horno durante la erupción volcánica del año 79 d. C. y fue excavado intacto. Plinio El Viejo, proporcionó una de las descripciones más antiguas del refresco de masa madre murió durante la erupción del Vesubio. Imágenes tomadas por el autor.

Panel inferior derecho:

Lista de ingredientes de pan de masa madre que ha estado disponible en supermercados en Edmonton desde marzo de 2021. Imagen cortesía de Christine Walz.



Figura 1. Historia de la masa madre.

[Escriba aquí]

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

Diversos panes —muchos de ellos de masa madre— pertenecientes a épocas posteriores han sido hallados en excavaciones realizadas en distintas regiones de Europa y del Mediterráneo. En el antiguo Egipto, el pan se producía a gran escala para alimentar a los miles de trabajadores que construían las pirámides, si bien apenas disponemos de información detallada sobre los métodos empleados.

El siguiente hito relevante se sitúa probablemente en el siglo I d. C. En ese momento sabemos que la masa madre se “retroalimentaba”, práctica que los panaderos denominan hoy refresco o alimentación: un pequeño fragmento de masa madre madura se utilizaba para iniciar una nueva (figura 1). Como veremos más adelante, este procedimiento modifica de manera decisiva la composición microbiana de la masa madre y su idoneidad para la panificación.

¿En qué se basa este conocimiento? Uno de los autores romanos más conocidos, Plinio el Viejo, escribe hacia el año 70 d. C. en su *Historia Natural* que «suele bastar tomar una pequeña porción de la masa anterior, pues es bien sabido que es un compuesto ácido el que provoca la fermentación». Asimismo, la referencia a la masa madre en el Nuevo Testamento —redactado aproximadamente en la misma época y en el mismo ámbito geográfico— indica que sus autores daban por supuesto que sus lectores estaban familiarizados con el uso de masa madre “refrescada” como agente fermentador.

Paul Feinsein, autor de un documental de la BBC sobre la masa madre más antigua del mundo (2022), señala que es posible —o al menos verosímil— que algunas masas madre se hayan mantenido vivas durante dos mil años; no obstante, la antigüedad documentada de las masas madre actuales más longevas es de aproximadamente 150 años.

El siguiente gran avance en la historia de la panificación fue el descubrimiento, por parte de Louis Pasteur en 1857, del papel de la levadura como organismo responsable de la fermentación en el vino, la cerveza y el pan, seguido unos quince años después por la producción comercial de levadura panadera en Viena. Tras la Segunda Guerra Mundial, la levadura de panadería comenzó a cultivarse en condiciones de alta pureza utilizando melaza como sustrato. Como consecuencia, el uso de la masa madre dejó de ser imprescindible y la mayor parte del pan de trigo pasó a elaborarse exclusivamente con levadura comercial. Solo en aquellos países donde el pan de centeno tenía un peso significativo —principalmente en Europa Central, Septentrional y Oriental— se mantuvo el uso de la masa madre, ya que la acidificación que esta proporciona resulta necesaria para obtener un pan de centeno de calidad aceptable.

Si avanzamos hasta la etapa más reciente, desde aproximadamente 2010 la fermentación con masa madre ha experimentado un renovado interés en la panificación de trigo, con el objetivo de mejorar el sabor, la textura y la conservación del pan frente al moho. En la Tabla 1 se ofrece una breve síntesis de los beneficios generales de la masa madre, así como de los microorganismos específicos que intervienen en ella. Además, su empleo permite

[Escriba aquí]

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

elaborar panes de gran calidad utilizando únicamente harina, agua y sal como ingredientes (Figura 1), una simplicidad especialmente valorada por muchos consumidores.

Por último, la pandemia de COVID-19 impulsó notablemente el uso de la masa madre en el ámbito doméstico. Entre las causas de este auge se encuentra la escasez de levadura panadera en numerosos supermercados durante los confinamientos de la primera mitad de 2020.

Tabla 1. Contribución de los microorganismos de la masa madre a la calidad del pan

Las entradas originalmente sombreadas corresponden a procesos que requieren lactobacilos metabólicamente activos durante la fermentación. Adaptado de Gänzle et al.

Metabolito / vía metabólica	Impacto en la calidad del pan	Organismos implicados
Metabolismo de los carbohidratos		
Formación de ácido láctico	Aumento de la acidez; sabor ácido; modulación de la actividad de enzimas del cereal	Todas las bacterias ácido-lácticas
Formación de ácido acético	Desarrollo de aroma; inhibición del crecimiento de mohos	Bacterias ácido-lácticas heterofermentativas
Formación de CO ₂	Fermentación (leudado de la masa)	Bacterias ácido-lácticas heterofermentativas y levaduras
Formación de polisacáridos extracelulares	Mejora del volumen del pan; retraso del endurecimiento (envejecimiento)	Específico de cepa o especie en bacterias ácido-lácticas
Metabolismo de proteínas y aminoácidos		
Liberación de aminoácidos a partir de péptidos y proteínas	Generación de compuestos de sabor y precursores de compuestos aromáticos volátiles	Enzimas del cereal (proteólisis) y bacterias ácido-lácticas
Conversión de glutamina en glutamato	Sabor umami (sabroso)	Todas las bacterias ácido-lácticas
Conversión de arginina en ornitina	Precursor de compuestos con olor característico durante el horneado	Específico de especie en bacterias ácido-lácticas
Conversión de glutamato en ácido γ -aminobutírico (GABA)	Compuesto bioactivo con posible efecto relajante	Específico de cepa o especie en bacterias ácido-lácticas

[Escriba aquí]

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

Metabolito / vía metabólica	Impacto en la calidad del pan	Organismos implicados
Reducción de enlaces disulfuro a grupos sulfhidrilo	Influencia en la elasticidad de la masa y el volumen del pan; posible mejora de la digestibilidad y reducción de alérgenos	Específico de especie en bacterias ácido-lácticas heterofermentativas
Formación de péptidos γ -glutamil	Actividad <i>kokumi</i> : mejora de la sensación en boca y persistencia del sabor	Específico de especie en bacterias ácido-lácticas heterofermentativas
Formación de compuestos aromáticos volátiles a partir de aminoácidos	Mejora del aroma y del sabor	Específico de cepa en levaduras
Metabolismo de los lípidos		
Reducción de compuestos volátiles derivados de la oxidación lipídica	Mejora del sabor	Bacterias ácido-lácticas heterofermentativas
Conversión de ácidos grasos insaturados en compuestos antifúngicos	Retraso del crecimiento de mohos en el pan	Específico de cepa o especie en bacterias ácido-lácticas
Otros		
Transformación de compuestos fenólicos	Desarrollo del sabor y formación de compuestos bioactivos	Específico de cepa o especie en bacterias ácido-lácticas y levaduras

¿Cómo se reclutan los microorganismos en la panificación con masa madre?

Los microorganismos presentes en la masa madre proceden de las materias primas, del entorno y, en algunos casos, de microorganismos comensales adaptados a los animales. Los principios que rigen la formación de estas comunidades microbianas se ilustran en la Figura 2.

Cuando una masa madre se inicia únicamente con harina y agua, la mayoría de los microorganismos provienen de los propios granos. La presencia de otros microorganismos depende de su llegada desde el entorno, un proceso que en ecología microbiana se denomina dispersión. En un primer momento, proliferan los microorganismos más abundantes; sin embargo, a medida que aumenta la acidez, se seleccionan aquellos más resistentes a condiciones ácidas, que pasan a predominar tras uno o dos días de

[Escriba aquí]

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

fermentación. En estas masas madre espontáneas, las bacterias ácido-lácticas más frecuentes son *Levilactobacillus brevis* y *Lactiplantibacillus plantarum*.

Si la masa madre se mantiene mediante refrescos sucesivos, *Saccharomyces cerevisiae* se incorpora a esta comunidad junto con las bacterias ácido-lácticas, y la masa madre puede emplearse como agente fermentador tras aproximadamente diez ciclos de refresco.

Cuando este proceso de refresco se prolonga durante largos periodos —como ocurre en masas madre con décadas o incluso más de un siglo de mantenimiento— la limitación por dispersión deja de ser relevante. Con el paso del tiempo, la introducción de microorganismos desde fuentes diversas, incluso improbables (animales silvestres, flores u otros reservorios ambientales), se vuelve prácticamente inevitable. En este contexto, las levaduras y bacterias se adaptan progresivamente a su nuevo entorno. De manera análoga a la domesticación de animales como caballos o perros, las levaduras experimentan un proceso de selección que conduce a su especialización; en términos ecológicos, este fenómeno se denomina especiación (Figura 2).

¿Qué microorganismos encontramos en las masas madre mantenidas mediante refrescos?

La respuesta depende en gran medida de las prácticas de los panaderos. Como se ha señalado anteriormente, mantener una masa madre en condiciones óptimas de rendimiento se asemeja al entrenamiento de un caballo de carreras. Los esquemas de fermentación empleados en panaderías que trabajan a diario tienden a ser muy similares en todo el mundo, lo que explica que dos microorganismos dominen en la mayoría de estas masas madre: *Fructilactobacillus sanfranciscensis*, en asociación con la levadura *Kazachstania humilis*. A pesar de sus nombres —que evocan San Francisco o Kazajistán— estos microorganismos se encuentran distribuidos globalmente: en China, donde se emplean para elaborar bollos al vapor; en Oriente Próximo y la cuenca mediterránea, donde se utilizan para panes planos; y en Europa, así como en América y Oceanía. Aunque productos como los bollos al vapor chinos, el panettone italiano, el pan de centeno finlandés o el pan de masa madre de San Francisco presentan perfiles sensoriales muy distintos, todos ellos pueden elaborarse con comunidades microbianas similares.

Por su parte, las masas madre utilizadas en los países nórdicos para la elaboración de panes de centeno se orientan a la obtención de una elevada acidez más que a una gran capacidad fermentativa. Para ello se emplean temperaturas relativamente altas (25-45 °C) y tiempos de fermentación prolongados (de uno a cuatro días). Estas masas madre suelen estar dominadas por bacterias de los géneros *Limosilactobacillus* y *Lactobacillus*, asociados al intestino de humanos y animales. En algunos casos, los aislamientos obtenidos son genéticamente indistinguibles de los procedentes de ratones y presentan incluso la capacidad de colonizarlos. ¿Resulta esto desagradable o incluso preocupante desde el punto de vista sanitario? Conviene analizar con más detalle cómo el mantenimiento de una masa madre transforma una materia prima potencialmente contaminada en un producto seguro y de gran calidad. A lo largo de su recorrido desde el campo hasta el molino y, posteriormente, hasta la harina utilizada en panaderías o comercializada, los granos están

[Escriba aquí]

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

inevitablemente expuestos a pequeñas contaminaciones de origen animal. Por ejemplo, la normativa alimentaria canadiense admite niveles muy bajos de fragmentos de insectos o restos de roedores, lo que refleja la dificultad de obtener harina completamente libre de tales contaminantes.

Sin embargo, la cantidad de material que puede transferirse a una masa madre es extremadamente reducida. Aun así, basta para introducir miles de células microbianas, entre ellas algunas bacterias ácido-lácticas potencialmente beneficiosas. Tras el primer refresco, estas bacterias pueden proliferar, mientras que otros microorganismos indeseables no logran desarrollarse o desaparecen. Después de varios ciclos de refresco, por ejemplo, utilizando un 10% de masa madre previa, las poblaciones iniciales no deseadas se diluyen hasta desaparecer. Si las bacterias ácido-lácticas introducidas resultan más competitivas que las ya presentes, pueden llegar a dominar la comunidad microbiana tras diez o veinte ciclos de refresco.

El creciente uso de la masa madre tanto en la panificación industrial como en el ámbito doméstico ha incrementado también el número de levaduras y bacterias ácido-lácticas identificadas en este tipo de fermentaciones. Como se ha señalado anteriormente, el motivo por el que se fermenta una masa madre condiciona la forma en que se lleva a cabo dicha fermentación: distintos objetivos y condiciones seleccionan diferentes microorganismos fermentadores.

Cada panadería, así como cada panadero aficionado, mantiene y utiliza su masa madre de manera particular. Esta diversidad en las prácticas de fermentación y conservación da lugar, a su vez, a comunidades microbianas distintas. En la actualidad, se han aislado más de 100 especies de bacterias ácido-lácticas, de las aproximadamente 340 especies fermentadoras de alimentos pertenecientes a la familia *Lactobacillaceae*, así como decenas de especies de levaduras, a partir de diferentes masas madre. El conocimiento en este campo continúa avanzando: cuando se estudian panaderías que emplean condiciones de fermentación muy distintas, es habitual encontrar comunidades microbianas igualmente diversas.

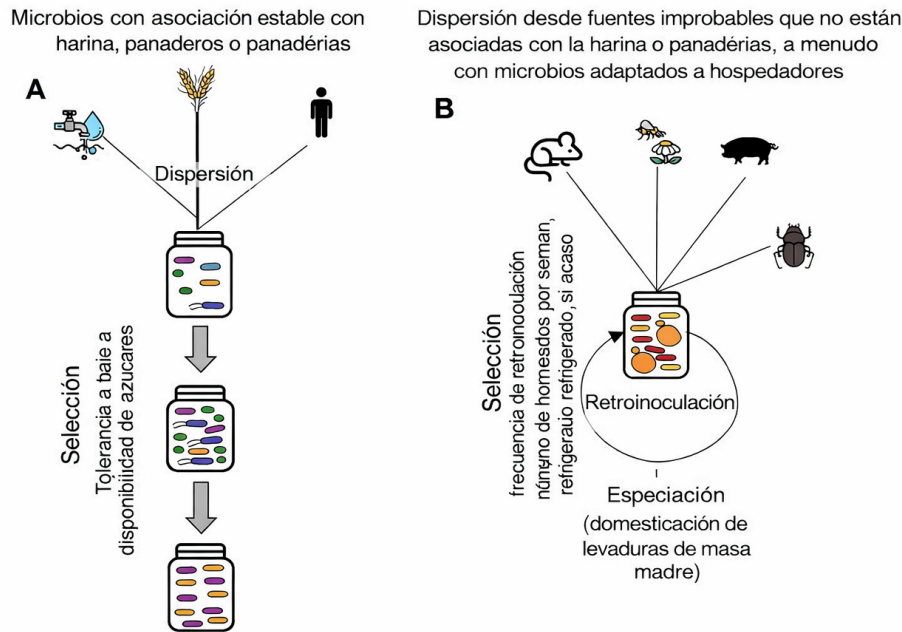
¿Es difícil elaborar pan de masa madre en casa o en un experimento en el colegio?

En función de los objetivos didácticos y del diseño experimental, las actividades relacionadas con la masa madre no solo permiten aprender una técnica básica de elaboración de alimentos, sino también ilustrar principios fundamentales de la ecología microbiana. En la figura 2 se presenta una breve guía con los aspectos más relevantes para el mantenimiento de la masa madre y su uso en panificación.

[Escriba aquí]

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

Figura 2. Formación de comunidades microbianas en la fermentación de masa madre



Panel A. En las fermentaciones espontáneas iniciadas únicamente con harina y agua, las comunidades microbianas proceden principalmente de la harina. Su evolución está determinada por procesos de dispersión y selección. Como ocurre en muchos alimentos fermentados de forma espontánea, se observa una sucesión característica de microorganismos que culmina, de manera predecible, con el predominio de bacterias ácido-lácticas beneficiosas.

Panel B. En las masas madre mantenidas mediante refrescos sucesivos, la formación de la comunidad microbiana ya no está limitada por la dispersión; en este caso, la selección es el principal factor determinante. Los microorganismos dominantes en estas masas madre suelen ser bastante uniformes cuando se emplean de forma continua en panaderías artesanales, pero presentan una mayor variabilidad en el ámbito doméstico. Con frecuencia, estos microorganismos están adaptados a hospedadores animales, tanto insectos como vertebrados. Se sabe, además, que algunas levaduras de masa madre han sido domesticadas tras décadas o incluso siglos de propagación continua. Adaptado de Gänzle et al., en preparación.

Seguridad ante todo

Los principales riesgos asociados al uso de harina son las alergias al trigo —más frecuentes en niños— y la enfermedad celíaca, causada por el gluten, que provoca una inflamación intestinal grave en las personas afectadas. Estos riesgos pueden evitarse utilizando harinas alternativas, como las de sorgo, mijo o incluso la quinoa. Aunque los panes resultantes difieren de los elaborados con trigo, permiten comprender igualmente los principios de la fermentación con masa madre.

Si se emplean harinas comerciales y se mantienen unas condiciones básicas de higiene y manipulación de alimentos, es extremadamente improbable que una masa madre iniciada

[Escriba aquí]

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

con harina y agua cause enfermedades de origen microbiano. Además, el pan se somete a cocción antes de su consumo, lo que elimina los microorganismos presentes.

En caso de trabajar con materiales de origen animal para estudiar su papel en la transmisión de microorganismos, es imprescindible considerar los riesgos de transmisión de patógenos. Este tipo de experimentos requiere instalaciones adecuadas y la supervisión de personal con experiencia en laboratorios de bioseguridad de nivel 2, recursos que no siempre están disponibles en centros educativos.

¿Se obtendrá un pan de masa madre perfecto?

Probablemente no. Al iniciar una masa madre espontánea, las primeras fermentaciones pueden presentar olores poco agradables, ya que las bacterias ácido-lácticas aún no son las predominantes. Este problema suele resolverse tras varios ciclos de refresco. Del mismo modo, una masa madre que ha permanecido demasiado tiempo en el frigorífico puede mostrar signos de deterioro, que también se corrigen con algunos refrescos adicionales.

Las masas madre pueden, además, mostrar una actividad irregular, especialmente cuando son manejadas por personas con poca experiencia. Si la fermentación parece débil, puede añadirse una pequeña cantidad de levadura panadera (por ejemplo, 1 g por cada 100 g de harina) para mejorar el levado. Si la masa madre se deteriora por completo tras un periodo de descuido, lo más recomendable es iniciar una nueva: en aproximadamente una semana se puede obtener una masa madre activa, aunque puede ser necesario añadir algo de levadura en los primeros usos.

¿Es posible estudiar la dispersión, la selección y la especiación en un experimento en el colegio?

Estos procesos pueden explorarse de manera sencilla. El papel de la dispersión puede analizarse iniciando distintas masas madre con harina y agua, o bien añadiendo pequeñas cantidades de diversos materiales vegetales aptos para el consumo (verduras, encurtidos fermentados, flores, bayas u otros alimentos fermentados con microorganismos vivos). Tras varios ciclos de fermentación, las masas madre mostrarán diferencias en su aspecto, olor, volumen y capacidad de fermentación. La acidez puede medirse mediante tiras indicadoras de pH o mediante titulaciones sencillas.

El papel de la selección puede estudiarse utilizando una misma masa madre inicial y sometiéndola a diferentes condiciones de fermentación, como distintas frecuencias de refresco (dos veces al día frente a cada dos días) o diferentes temperaturas (por ejemplo, 20, 30 ó 40 °C). De nuevo, se pueden evaluar parámetros como el volumen, el aroma, la acidez y la eficacia fermentativa.

Por último, el estudio de la especiación o domesticación resulta mucho más complejo. No se conocen con precisión los tiempos necesarios para que este proceso ocurra, y es poco probable que pueda observarse en el transcurso de un curso escolar. Además, su análisis requiere técnicas microbiológicas avanzadas, como la secuenciación genómica, para obtener resultados fiables.

[Escriba aquí]

Un marco de educación en microbiología centrado en el alumno

Lecturas recomendadas:

<https://www.sourdoughinstitute.com/research-papers>

<https://thebaker.science/en/>

<https://www.sourdough.co.uk>

<https://www.theperfectloaf.com/>

<https://thesourdoughjourney.com/>

<https://www.theclevercarrot.com/>

[https://www.amazon.com/Artisan-Sourdough-Made-Simple-Handcrafted/dp/1624144292?&_encoding=UTF8&tag=emilieraffa-](https://www.amazon.com/Artisan-Sourdough-Made-Simple-Handcrafted/dp/1624144292?&_encoding=UTF8&tag=emilieraffa-20&linkCode=ur2&linkId=048b2b65b988998abbf1c5084bdd6f45&camp=1789&creative=9325)

[20&linkCode=ur2&linkId=048b2b65b988998abbf1c5084bdd6f45&camp=1789&creative=9325](https://www.amazon.com/Artisan-Sourdough-Made-Simple-Handcrafted/dp/1624144292?&_encoding=UTF8&tag=emilieraffa-20&linkCode=ur2&linkId=048b2b65b988998abbf1c5084bdd6f45&camp=1789&creative=9325)

https://www.kingarthurbaking.com/recipes/sourdough?menu%5Bcategory_lvl0%5D%5B0%5D=Sourdough

Glosario:

Ácido láctico: Sustancia producida por bacterias que aporta acidez y sabor al pan.

Biomasa: Cantidad de microorganismos presentes en una masa.

Cocción: Proceso de hornear o calentar la masa para convertirla en pan.

Fermentación: Proceso en el que microorganismos producen gas y hacen crecer la masa.

Harina: Polvo obtenido al moler granos, base para hacer pan.

Levadura: Microorganismo que fermenta la masa y produce dióxido de carbono.

Masa: Mezcla de harina y agua que se transforma en pan.

Masa madre: Fermento natural con levaduras y bacterias usado para hacer pan.

Microorganismos: Seres vivos microscópicos como bacterias y levaduras.

Molienda: Proceso de triturar los granos para obtener harina.

Sostenibilidad: Uso responsable de recursos que cuida el medio ambiente.

Trigo: Cereal del que se obtiene la harina más común para hacer pan.