

Chocolate: Nuestra Golosina Favorita

Papá: ¡Cintia dice que el chocolate tiene moho! ¿Es cierto?



Caitlin Clark (*MicroMentor: Caitlin.Clark@colostate.edu*)

Universidad Estatal de Colorado, Colorado, Estados Unidos

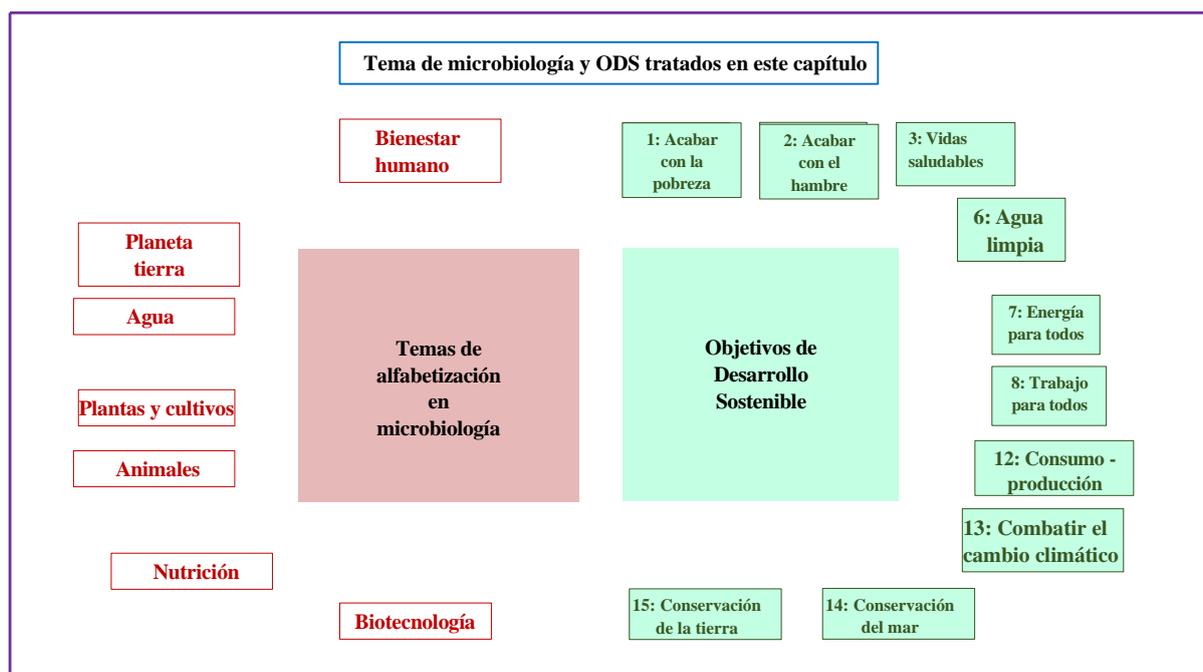
Chocolate

Sinopsis

El chocolate es una de las golosinas más apreciadas del mundo. Se asocia con el romance, las recompensas y la comida reconfortante (relajación). Recientemente, también se ha asociado con alimentos saludables porque la planta que produce las vainas de cacao, *Theobroma cacao*, tiene un alto contenido en antioxidantes saludables. Sin embargo, la reputación del chocolate como **alimento saludable** es inmerecida porque la mayoría de los antioxidantes se degradan durante el procesado. La mayoría de la gente no sabe que el chocolate es un alimento producido por fermentación microbiana, como el yogur y la kombucha. El extenso proceso de fermentación desarrolla su sabor: *¡sin fermentación, no sabe a chocolate!* El **microbioma** de la fermentación incluye levaduras, bacterias y hongos filamentosos (moho). Los agricultores expertos lo guían a través de este difícil proceso a pesar de los muchos desafíos. El *Theobroma cacao* es una planta difícil de cultivar. Se ve acosada por **plagas** y problemas medioambientales. El coste social y la **huella** medioambiental de este cultivo son elevados. En el futuro, cuando disfrutemos del chocolate, deberíamos apreciar todo el cuidado y el trabajo (**tanto humano como de los microbios**) que se han empleado para llevarlo a las estanterías de nuestros supermercados. Centrarnos en los **Objetivos de Desarrollo Sostenible** nos ayudará a entender y apreciar el chocolate como es debido.

La Microbiología y el Contexto Social

La microbiología: Endofitos y micorrizas del cacao, infección y parasitología del árbol y del suelo, y agronomía del cacao en general. Microbioma de la fermentación del cacao, diferencias entre levaduras, mohos y bacterias. Concepto de sucesión microbiana. Cuestiones de sostenibilidad: Agrosilvicultura y prácticas de cultivo sostenibles, gestión del suelo, gestión de plagas, aspectos económicos y laborales.



Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

Chocolate y Cacao: la Microbiología

1. **Los árboles del cacao (*Theobroma cacao*) crecen con la ayuda de endófitos y micorrizas.** Cuando pensamos en un árbol, probablemente pensamos en un único organismo que crece individualmente. Sin embargo, el árbol del cacao (¡y todos los demás árboles!) está habitado por organismos simbióticos, crecen con la ayuda de microbios en sus raíces y hojas. El árbol que nos da el chocolate se llama *Theobroma cacao*. Produce unos frutos en forma de balón de colores brillantes cuyas semillas se convertirán más tarde en chocolate.



Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

Este árbol está habitado por **simbiontes fúngicos** en sus hojas, conocidos como endófitos, y en sus raíces, conocidos como micorrizas. Los simbiontes de las raíces consumen parte de los azúcares que el árbol produce mediante fotosíntesis. A su vez, hacen disponibles nutrientes (como el fósforo) del suelo que el árbol necesita urgentemente pero que no puede extraer por sí mismo. Los endófitos foliares desempeñan probablemente un papel fundamental en la protección contra las plagas. De hecho, muchos de ellos son especies estrechamente relacionadas con los **parásitos** que asolan los cultivos de cacao. Probablemente, los endófitos foliares confieren cierto grado de **resistencia** a las plagas fúngicas comunes.

2. El árbol del cacao está plagado de parásitos fúngicos e infecciones víricas. ¡Al igual que las personas, las plantas también pueden contraer **infecciones**! Algunas de las infecciones más comunes del árbol del cacao son fúngicas: la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*), la podredumbre helada de la vaina (*Moniliophthora roreri*), la podredumbre negra de la vaina (*Phytophthora* spp) y la acronecrosis vascular (*Ceratobasidium theobromae*). Otras infecciones comunes son virales, como el virus del brote hinchado del cacao.



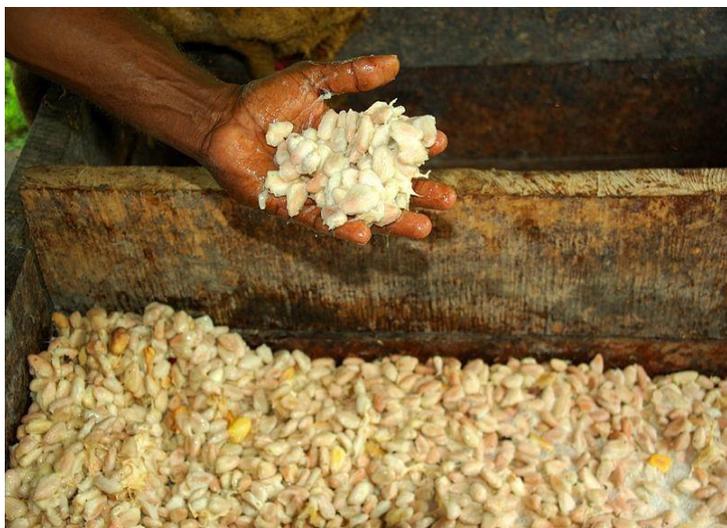
Pudrición Negra de la vaina de cacao (*Phytophthora palmivora*). Fotografía del Instituto Internacional de Agricultura Tropical.



Hongo de escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*). Fotografía del USDA, ARS.

3. **La gestión del microbioma del suelo ayuda a reducir la carga de plagas y a mejorar el rendimiento de los cultivos.** Se ha demostrado que los suelos con una carga rica en biomasa microbiana son más resistentes y almacenan más nutrientes (Mortimer, Saj y David, 2018). Los microbios del suelo y de las raíces mejoran el ciclo de los nutrientes al descomponer la biomasa (como la hojarasca) para que sus componentes estén disponibles como nutrientes, y también mejoran la absorción de nutrientes. También son inhibidores competitivos de posibles plagas y patógenos. Todo ello se traduce en plantas más sanas, mayor rendimiento y menos pérdidas por plagas.

4. **El chocolate es un alimento fermentado, la fermentación le da al chocolate su sabor. ¡Sin fermentación, no sabría a chocolate!** En la fermentación intervienen levaduras, bacterias y mohos. En primer lugar, las semillas del árbol del cacao y la pulpa que las rodea se vierten en una caja de madera y se cubren con hojas de plátano. La levadura, las bacterias y el moho de la caja, las hojas y las manos de los trabajadores se mezclan con las semillas y la pulpa. Comienza un proceso muy complejo. Primero, las levaduras convierten los azúcares de la pulpa en alcohol. Simultáneamente, los mohos y las levaduras trabajan para descomponer la pulpa y que escurra. A continuación, las bacterias del ácido acético convierten ese alcohol en ácido acético. Este proceso produce calor (es exotérmico), ¡y la masa en fermentación puede llegar a calentarse hasta 50°C! El calor mata la semilla en germinación. El ácido empapa los granos y provoca muchos cambios bioquímicos, como la degradación de proteínas y polifenoles (Schwan & Wheals, 2004). Finalmente, la mayor parte de este ácido se evapora y los granos empiezan a enfriarse. A continuación, las habas (granos) se secan y todos los microbios mueren. Ahora es cuando las habas están listas para ser transformadas en chocolate - ¡pero aún tendrán que pasar muchos más pasos antes de que estén listas para ser consumidas!

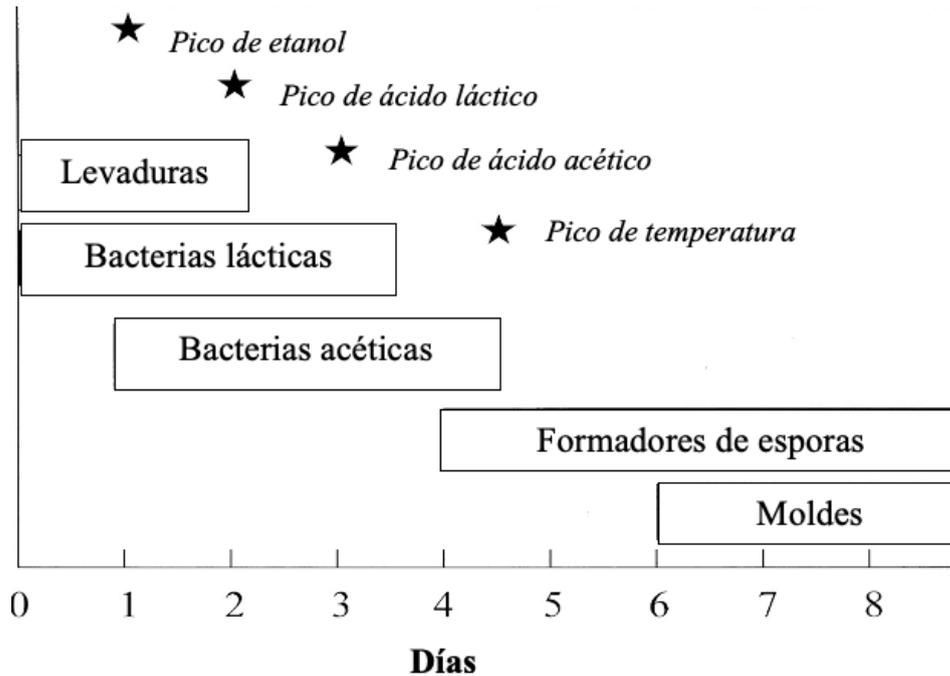


Una fermentación en fase inicial. Fotografía de Irene Scott de AusAID vía Wikimedia Commons.



Una fermentación en fase avanzada. Fotografía de Jeana Cadby.

Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez



Evolución de una fermentación típica de cacao, principales categorías de organismos y picos bioquímicos importantes. Adaptado de Schwan & Wheals (2004).

Chocolate y Cacao: Los problemas sociales

5. *La producción de chocolate requiere mucho tiempo y mano de obra.* Muchas personas participan en el proceso de elaboración del cacao y el chocolate. El largo proceso comienza con los agricultores, que cultivan y cuidan los árboles de cacao, un cultivo muy difícil y laborioso. A continuación, los trabajadores cosechan las vainas, separan las enfermas y extraen las semillas.



Vainas de cacao tras la cosecha. Algunas vainas enfermas visibles. Foto de ICCFO via Wikimedia Commons.

Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

Luego deben transportarse al lugar de fermentación. A continuación, tiene lugar la fermentación. La fermentación se describe más arriba. Dura de 3 a 12 días y debe ser dirigida de cerca por trabajadores cualificados. Después, los granos deben transportarse a una instalación de tratamiento donde se secan durante unos 10 días. Este proceso depende mucho de las condiciones meteorológicas y requiere una estrecha vigilancia. Para evitar la aparición de moho, las habas se mueven y giran constantemente durante los diez días, como se muestra en la foto de abajo. A continuación, las habas se limpian, se clasifican y se envasan en grandes sacos para su transporte. Los sacos se envían a una chocolatería de otra parte del mundo.



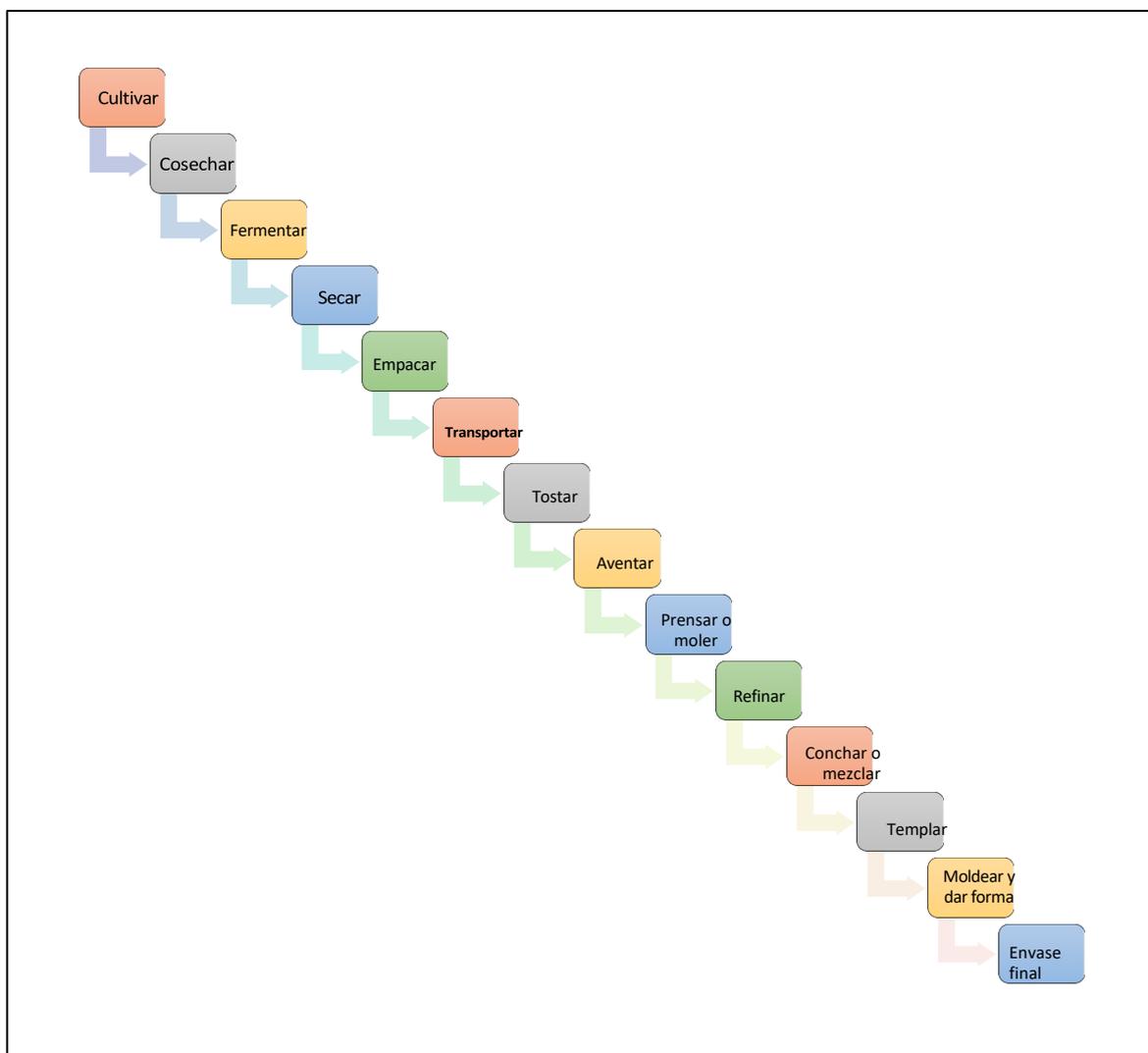
Fotografía bajo la licencia de Pixabay Creative Commons

El chocolatero tostará y pelará (aventará) los granos, luego los molerá o prensará (según el tipo de chocolate que se elabore). A continuación, los refinará (triturrará) con azúcar y a veces leche en polvo durante muchas horas o a veces varios días en un proceso llamado conchado o fundido (para volúmenes más pequeños, como se muestra más abajo). El chocolate aún no está listo, hay que atemperarlo (calentarlo y enfriarlo a temperaturas precisas) para darle la textura adecuada. Todo ello requiere varias semanas de trabajo y equipos especializados.

Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez



Fotografía de Caitlin Clark

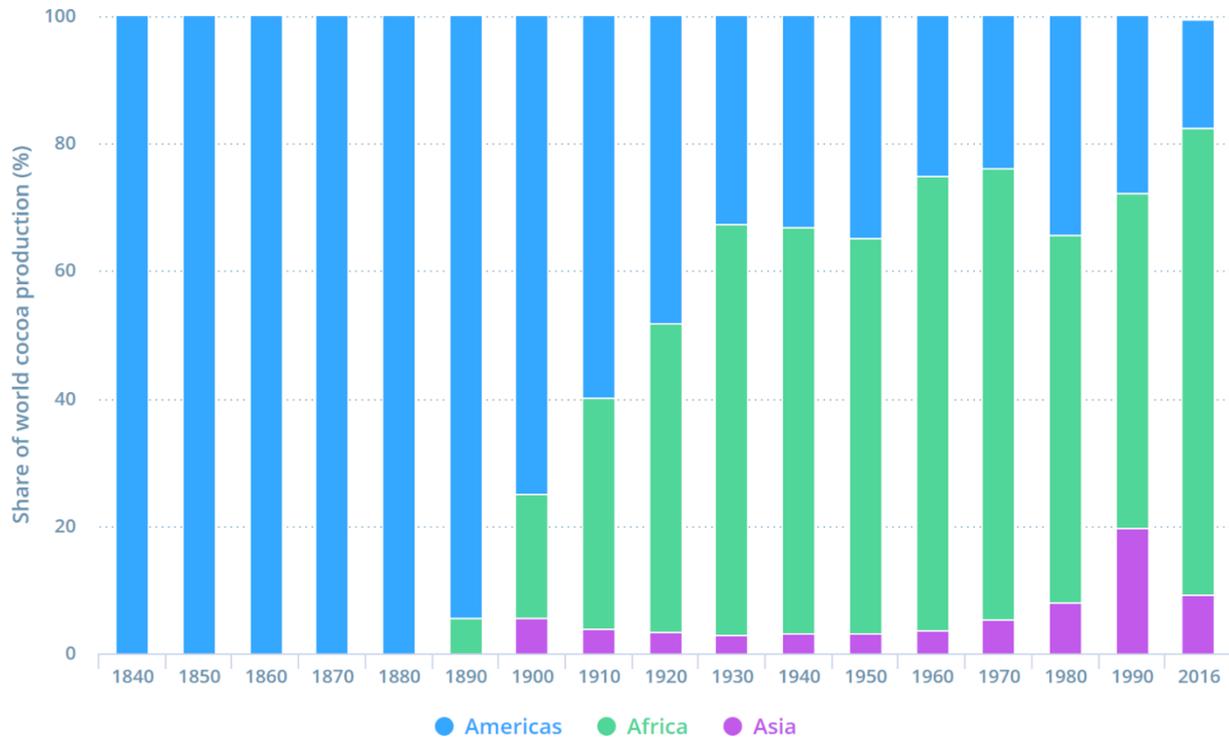


Pasos para hacer chocolate del árbol a la tableta

6. A medida que cambia el medio ambiente, los cultivadores de cacao deben adaptarse para alimentar a sus familias. En muchas partes del mundo donde se cultiva cacao, el clima está cambiando drásticamente. Algunas explotaciones se están secando, lo que obliga a los agricultores a buscar nuevas tierras. Otras explotaciones están expuestas a plagas y patógenos a los que nunca antes se habían enfrentado. Estas dificultades obligan a los agricultores a innovar y, en ocasiones, a

Un marco educativo de microbiología centrado en la niñez

abandonar sus explotaciones. Sin embargo, en algunas zonas es posible cultivar cacao donde nunca antes había sido posible. Actualmente se cultiva cacao de excelente calidad en China, India y Vietnam, todos ellos lugares donde antes el clima no permitía el crecimiento de este cultivo. Véase el gráfico siguiente, que muestra cómo la producción mundial de cacao se desplaza hacia Asia y se aleja de África y América.



Fuente: Robin Dand; ICCO

7. La fabricación del chocolate produce flujos de residuos. El chocolate se elabora a partir de las semillas del cacao. La capa exterior dura, llamada exocarpo o cáscara, constituye la mayor parte del peso del fruto. Se desecha antes de la fermentación y no se utiliza para ninguna parte de la fabricación del chocolate. Esto da lugar a enormes cantidades de residuos que deben eliminarse para que su descomposición no atraiga patógenos fúngicos no deseados. Algunas explotaciones intentan compostar los residuos del exocarpo, mientras que otras los utilizan como pienso. Otras han descubierto que pueden utilizarse para fabricar papel y tejidos. En cualquier caso, el enorme volumen de residuos que deben procesar las explotaciones de cacao ha sido un aspecto problemático de este cultivo.

Los chocolateros también sufren desperdicios. Una vez tostadas, las habas de cacao se someten a un proceso denominado “descascarillado y aventado”, en el que se separa la cáscara exterior de las habas de la parte interior carnosa, conocida como nibs. Los nibs se utilizan para hacer chocolate, mientras que la cáscara es un producto de desecho. Algunos chocolateros venden la cáscara a otras industrias. Por ejemplo, es muy popular en la industria cervecera, porque es muy aromática y permite elaborar cerveza con aroma de chocolate. También puede utilizarse para la lombricultura y el compostaje.

A child-centric microbiology education framework

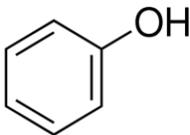


Foto de Caitlin Clark

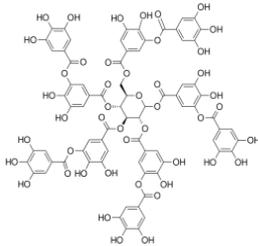
8. El chocolate no es un alimento saludable ni un “superalimento”, a pesar de su reputación. Muchas personas creen que el chocolate es rico en compuestos saludables llamados polifenoles, a menudo, se lo ha dicho un médico o nutricionista. Sin embargo, la ciencia no respalda esta afirmación.

Qué son los polifenoles?

Los polifenoles son compuestos orgánicos formados por unidades fenólicas. Las unidades fenólicas son anillos de carbonos con un grupo OH unido. Un grupo fenol tiene este aspecto:



Un polifenol, compuesto por muchos grupos fenólicos, tiene este aspecto:



Se ha demostrado que los polifenoles reducen los marcadores corporales de estrés oxidativo y protegen contra la diabetes. También pueden ayudar a movilizar los ácidos grasos libres, el principal combustible graso del organismo, tras el esfuerzo. Además, quelan metales y oligoelementos y eliminan los radicales libres, aunque sus mecanismos no se han estudiado ni descrito por completo. Algunos estudios destacan su eficacia contra las enfermedades cardiovasculares.

Mientras que los polifenoles suelen tener una asociación positiva con la salud (excepto en dosis extremadamente altas), su contribución a las propiedades sensoriales del chocolate tiende a ser negativa. Unos niveles elevados de cualquier tipo de polifenol pueden dar lugar a una elevada

A child-centric microbiology education framework

astringencia percibida. Por este motivo, durante la elaboración del chocolate se llevan a cabo ciertos pasos de procesado para reducir el contenido en polifenoles. Los granos de cacao crudo son extremadamente ricos en polifenoles, sin embargo, la transformación del cacao en chocolate incluye muchos pasos que reducen drásticamente estos compuestos antioxidantes, provocando una disminución de su concentración, en algunos casos hasta el 0%. Además, como la genética, la recolección y las prácticas de fermentación del cacao son diferentes en cada zona geográfica, la cantidad de compuestos polifenólicos antioxidantes en el chocolate varía enormemente y a veces llega a ser del 0%. Es muy difícil garantizar el contenido en polifenoles de un trozo de chocolate, a pesar de que los nutricionistas suelen recomendarlo como «superalimento» rico en polifenoles. Por otra parte, una estimación razonable del contenido en polifenoles de una tableta típica de chocolate negro es de 1 g/100 g, es decir, 0,5 g por 50 g de tableta. Incluso si todos estos polifenoles son biodisponibles (lo que es poco probable), esto significa que comer una tableta de chocolate entera al día sólo aportaría una parte del contenido de polifenoles necesario para el día, a costa de un consumo diario excesivo de azúcar y grasa. Por este motivo, las frutas y verduras son una recomendación mucho mejor para quienes deseen consumir una dieta diaria rica en polifenoles. Por ejemplo, se calcula que las ciruelas contienen 4 g/100 g, mientras que las fresas probablemente rondan los 2 g de polifenoles por 100 g de fruta. Ambas son más ricas en polifenoles que el chocolate negro y carecen del azúcar y la grasa de una tableta de chocolate.

Relevancia para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los Grandes Retos

La dimensión microbiana del cacao y el chocolate está relacionada con varios ODS (los aspectos microbianos aparecen en cursiva), entre ellos

- **Objetivo 1: Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo** (*aumentar el derecho a recursos económicos como semillas y pesticidas cuando sea necesario, aumentar la resiliencia de los pobres ante fenómenos climáticos extremos*). El cacao es un cultivo sujeto a picos y valles económicos extremos, lo que obliga a los agricultores a responder de manera igualmente extrema. Pueden ampliar sus campos utilizando una técnica de roza, tumba y quema, o pueden abandonar los árboles productivos en favor de un cultivo más rentable. Al comprender el proceso increíblemente intensivo en mano de obra que requiere la obtención de los granos de cacao necesarios para el chocolate, los consumidores pueden estar dispuestos a pagar un precio más alto por el producto final, estabilizando el mercado y permitiendo a los agricultores dedicarse a prácticas agrícolas más sostenibles y constantes que proporcionen una mayor resistencia a los cambios climáticos y económicos.

- **Objetivo 2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible** (*acabar con el hambre y la malnutrición, aumentar la productividad agrícola*). Aunque el cacao es un cultivo que consume muchos recursos, es importante entender que en muchos casos se cultiva junto con otros cultivos (a menudo alimentarios). Esta estrategia se conoce como «cultivo intercalado» o «agroforestería» y su popularidad va en aumento debido a su demostrada sostenibilidad y excelentes resultados. De este modo, se puede utilizar la misma densidad de tierra para cultivar un cultivo económicamente importante como el cacao junto a cultivos alimentarios como el mango, el coco o el plátano, muchas explotaciones cultivan junto a su cacao múltiples cultivos alimentarios e incluso cultivos comerciales como la madera o la orquídea de vainilla. Esto mejora no sólo la seguridad alimentaria del agricultor, sino la sostenibilidad general de la tierra, la agrosilvicultura practicada de esta manera muestra un microbioma del suelo más diverso y una mejor composición del suelo en general, una absorción de agua y un ciclo de nutrientes más eficientes, y más poder sobre la gestión de la sombra, que puede

A child-centric microbiology education framework

utilizarse para el control de plagas, lo que lleva a un menor uso de pesticidas.

- **Objetivo 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades** (*mejorar la salud, reducir las enfermedades prevenibles y las muertes prematuras*). Muchas explotaciones de cacao son explotaciones familiares, trabajadas por miembros de la familia de todas las edades. Es importante garantizar a todos los trabajadores un entorno laboral seguro y saludable. El cultivo del cacao suele ser una actividad comunitaria, en la que las tareas de fermentación y secado son compartidas por varios miembros de la comunidad en una cooperativa u otra ubicación central. A veces, los recursos y los beneficios se comparten en beneficio de la comunidad. Por supuesto, el chocolate (¡el producto final!) es una delicia que gusta a todas las edades. Aunque probablemente no favorezca el bienestar físico tanto como algunos nutricionistas esperan (véase el apartado anterior sobre los polifenoles), sin duda mejora el bienestar mental y psicológico e incluso se ha demostrado que mejora la agudeza mental.

- **Objetivo 6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos** (*garantizar agua potable, mejorar la calidad del agua, reducir la contaminación, proteger los ecosistemas relacionados con el agua, mejorar la gestión del agua y el saneamiento*). Los residuos orgánicos de las vainas de cacao pueden contaminar las fuentes de agua cercanas, al igual que la escorrentía de los pesticidas si se utilizan. Las prácticas agrícolas sostenibles como el compostaje, los cultivos intercalados y la gestión de la sombra (que reducen la dependencia de los pesticidas) pueden mejorar el saneamiento del agua.

- **Objetivo 8. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos** (*promover el crecimiento económico, la productividad y la innovación, la empresa y la creación de empleo*). La industria del chocolate sufre una estructura económica que fomenta la esclavitud tanto de niños como de adultos. A pesar de que esto está bien documentado, la industria tiene pocos incentivos para reestructurarse. Sólo los consumidores dispuestos a exigir que su chocolate proceda de una cadena de suministro con un historial de empleo justo e integrador podrán resolver este problema. Esto sin duda elevará el precio del chocolate, estudios recientes demuestran que los consumidores más jóvenes están más dispuestos a pagar más por el chocolate si incluye algún indicador de confianza en el abastecimiento. Estos jóvenes consumidores son la única esperanza para los miles de esclavos modernos que siguen trabajando, sin remuneración ni libertad, en las plantaciones de cacao. Sin embargo, la mayoría de las plantaciones de cacao no están explotadas por esclavos, cada vez hay más opciones de chocolate de excelente calidad con una cadena de suministro de fuentes fiables.

- **Objetivo 12. Garantizar modelos de consumo y producción sostenibles** (*lograr prácticas de producción y uso/consumo sostenibles, reducir la producción de residuos/la emisión de contaminantes al medio ambiente, lograr ciclos de vida con cero residuos, informar a la población sobre prácticas de desarrollo sostenible*). Los residuos de las vainas de cacao son mayores, en términos de masa, que la masa total de chocolate producido a partir de las semillas de cacao. Eliminar estos residuos de forma adecuada y no perjudicial para el medio ambiente se está convirtiendo en una de las cuestiones centrales de esta industria que sigue creciendo.

- **Objetivo 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos** (*reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mitigar las consecuencias del calentamiento global, desarrollar sistemas de alerta temprana de las consecuencias del calentamiento global, mejorar la educación sobre la producción de gases de efecto invernadero y el calentamiento global*). La estructura económica insostenible de la industria del cacao ha dado lugar a un ciclo de agricultura de tala y quema que ha eliminado

A child-centric microbiology education framework

hasta el 90% de las tierras forestales protegidas en algunas partes de África Occidental, dejando la tierra desnuda y exponiéndola a una intensa radiación solar y a la erosión. Estas prácticas también están aumentando los periodos de barbecho y amenazando la deforestación en América Latina. Las tierras que han sufrido de este modo están menos disponibles para la agricultura y son incapaces de albergar una gran variedad de especies a nivel micro o macroeconómico.

- **Objetivo 14. Conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible** (*reducir la contaminación de los sistemas marinos por productos químicos tóxicos/nutrientes agrícolas/residuos como los plásticos, desarrollar medidas de mitigación de la acidificación, potenciar el uso sostenible de los océanos y sus recursos*). El uso de N, P y pesticidas asociado a la producción de cacao, cuando se produce cerca de las aguas costeras, puede llegar a los sistemas marinos. Una gestión adecuada de la sombra y del suelo y prácticas sostenibles como la agrosilvicultura y los cultivos intercalados pueden reducir el uso de N, P y pesticidas.

- **Objetivo 15. Proteger, restaurar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de forma sostenible los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación del suelo y detener la pérdida de biodiversidad** (*promover la gestión sostenible de todos los bosques, detener la deforestación*). La estrategia agroforestal descrita no sólo es importante para la resiliencia de los agricultores. También es muy importante para la gestión forestal. La mayor parte del cultivo de cacao se realiza en bosques. Una estrategia de cultivos intercalados aumenta la resiliencia del bosque al mejorar la calidad del suelo y aumentar la biodiversidad del microbioma y de las grandes especies que recorren la tierra y el aire. Reduce la carga de recursos, ya que las especies simbióticas se ayudan mutuamente en el ciclo de los nutrientes. Disminuye el consumo de agua. Mejora la resistencia a los patógenos. La agrosilvicultura (cultivos intercalados) no es sólo una herramienta agrícola, es una forma de gestión forestal.

Posibles Implicaciones para las Decisiones

1. Individual

a. Sopesar los diversos factores microbianos y no microbianos y alinearlos con las convicciones personales (¿los beneficios personales para la salud de comer chocolate superan las consideraciones sociales y medioambientales?)

b. Ahora que sabe cómo se fabrica el chocolate y todos los microbios que intervienen, ¿le hace más ilusión o menos comerlo?

c. Ahora que sabes más sobre el chocolate, ¿crees que debería ser un alimento “cotidiano” como el café o el pan, o un alimento especial como la langosta o el champán? ¿Por qué?

2. Políticas comunitarias

a. Afecta a los mercados laborales: ¿debería permitirse que los niños trabajen, incluso en una granja familiar? ¿Qué significa «esclavo» en el mundo moderno? ¿Qué se siente al ser un niño esclavo en una explotación de cacao? ¿Qué medidas debería tomar la comunidad internacional para evitar que esto ocurra? ¿Por qué crees que los agricultores compran esclavos para sus granjas?

b. Los mercados económicos se ven afectados: para aumentar los precios para los agricultores, tendrían que aumentar los precios para los consumidores. ¿Es esto aceptable? ¿Hay otras formas de reestructurar el sistema económico? ¿Cómo podrían emplearse conceptos como el “comercio directo” en beneficio de todos? ¿Por qué no se utilizan más estos sistemas en la actualidad?

A child-centric microbiology education framework

c. Parámetros no microbianos: equidad de las políticas laborales, responsabilidad de los consumidores, comercio justo, comercio directo.

3. Políticas nacionales referentes al cacao y al chocolate

- a. Políticas sanitarias en materia de recomendaciones nutricionales
- b. Limitaciones al importer
- c. Educación de los consumidores
- d. Parámetros no microbianos: políticas sanitarias, política comercial e importación/exportación

Participación de los alumnos

1. Debate en clase sobre las cuestiones relacionadas con el cacao y el chocolate

2. Concienciación de los alumnos sobre las partes interesadas

- a. La producción de chocolate tiene consecuencias positivas y negativas para los ODS. ¿Cuáles son las más importantes para ti personalmente o para tu clase?
- b. ¿Se te ocurre qué se podría hacer para reducir las consecuencias negativas, especialmente en la cadena de suministro de alimentos?
- c. ¿Se te ocurre algo que podrías hacer personalmente para reducir la huella medioambiental del consumo de chocolate?

3. Ejercicios

- a. La mayoría de las granjas de cacao compostan los residuos de las vainas de cacao, pero a menudo hay demasiado volumen incluso para el compostaje. ¿Se te ocurre qué otra cosa podrían hacer con este gran volumen de residuos orgánicos?
- b. ¿Por qué crees que la agrosilvicultura/el intercultivo (cultivar muchos productos juntos en la misma tierra) es más sostenible que el monocultivo (cultivar un solo producto en una parcela de tierra)? ¿Se te ocurren otras consecuencias negativas a largo plazo del monocultivo? ¿Cómo podrías convencer a un agricultor para que probara una estrategia de cultivos intercalados?
- c. Observa el Recuadro 1, que muestra los pasos de la fabricación del chocolate desde el árbol hasta la tableta de chocolate. ¿En qué pasos hay oportunidades para incorporar cambios que promuevan los ODS? ¿Por qué identificaste esos pasos? ¿Quién sería el responsable de realizar esos cambios: el agricultor o el chocolatero?

Base Empírica, Lecturas Complementarias y Material Didáctico

Para los más pequeños

1. https://www.youtube.com/watch?v=zJdeQABAc_w (Video ¿De dónde viene el chocolate?)

Para niños de mediana edad (posiblemente adaptable a mayores o pequeños)

2. <https://www.youtube.com/watch?v=iC-EnTZrddk> (Video de la excursión a la fábrica de chocolate)
3. <http://www.teachingwithtlc.com/2015/02/fun-learning-activities-with-chocolate.html> (actividades de aprendizaje con chocolate: varias sugerencias de actividades y planes de clases)
4. <https://blog.pitsco.com/blog/chocolate-covered-learning> (actividades STEM con chocolate)

Para niños mayores

5. https://www.youtube.com/watch?v=P_JuQCikWUc (Video de cómo se hace)
6. <https://www.youtube.com/watch?v=-PIgY4Wr23c> (Video sobre la historia del chocolate)

A child-centric microbiology education framework

Literatura citada

- Beer, J., Kass, D. C. ., Muschler, R., & Somarriba, E. J. (1998). Shade Management in Coffee and Cacao Plantations. *Agroforestry Systems*, 38, 139–164.
- Cadby, J., & Araki, T. (2020). Towards ethical chocolate : multicriterial identifiers , pricing structures , and the role of the specialty cacao industry in sustainable development. *SN Business & Economics*, 1(44), 1–36. <https://doi.org/10.1007/s43546-021-00051-y>
- Copetti, M. V., Iamanaka, B. T., Frisvad, J. C., Pereira, J. L., & Taniwaki, M. H. (2011). Mycobiota of cocoa: From farm to chocolate. *Food Microbiology*, 28(8), 1499–1504. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2011.08.005>
- Marelli, J. P., Guest, D. I., Bailey, B. A., Evans, H. C., Brown, J. K., Junaid, M., ... Puig, A. S. (2019). Chocolate under threat from old and new cacao diseases. *Phytopathology*. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-18-0477-RVW>
- Mortimer, R., Saj, S., & David, C. (2018). Supporting and regulating ecosystem services in cacao agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 92(6), 1639–1657. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0113-6>
- Rusconi, M., & Conti, A. (2010, January 1). Theobroma cacao L., the Food of the Gods: A scientific approach beyond myths and claims. *Pharmacological Research*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2009.08.008>
- Schwan, R. F., & Wheals, A. E. (2004). The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(4), 205–221. <https://doi.org/10.1080/10408690490464104>
- Veronese, N., Demurtas, J., Celotto, S., Caruso, M. G., Maggi, S., Bolzetta, F., ... Stubbs, B. (2019). Is chocolate consumption associated with health outcomes? An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Clinical Nutrition*, 38(3), 1101–1108. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.05.019>
- Watson, R. R. (Editor), Preedy, V. R. (Editor), & Zibadi, S. (Editor). (2013). *Chocolate in Health and Nutrition*. *Chocolate in Health and Nutrition*. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-803-0_4
- Zamora-Ros, R., Rabassa, M., Cherubini, A., Urpí-Sardà, M., Bandinelli, S., Ferrucci, L., & Andres-Lacueva, C. (2013). High concentrations of a urinary biomarker of polyphenol intake are associated with decreased mortality in older adults. *Journal of Nutrition*, 143(9), 1445–1450. <https://doi.org/10.3945/jn.113.177121>
- Zugravu, C., & Otelea, M. R. (2019). Dark chocolate: To eat or not to eat? A review. *Journal of AOAC International*, 102(5), 1388–1396. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.19-0132>

Glosario

Agroforestería: estilo de cultivo y manejo forestal en el que se utilizan deliberadamente árboles forestales en la misma tierra que un cultivo agrícola. Esto proporciona beneficios en términos de manejo de la sombra, ciclo de nutrientes y riqueza de especies, de modo que todo el sistema, incluido el cultivo agrícola, es más saludable y sostenible a largo plazo.

Antioxidante: molécula que retarda o previene el daño celular causado por partículas de radicales libres.

Concha: raspador agitador, a menudo en forma de paleta, que mezcla grasas de cacao, azúcar y sólidos de cacao, distribuyendo uniformemente las grasas sobre las partículas sólidas. Este proceso se utiliza generalmente en la elaboración de chocolate a gran escala y sigue un paso de refinación (reducción del tamaño de las partículas), que ocurre por separado.

A child-centric microbiology education framework

Endófito: hongo que vive sobre o dentro de otra planta, la palabra implica una relación simbiótica.

Exotérmico: que produce la liberación de calor.

Fermentación: proceso en el que los microbios actúan sobre un sustrato (normalmente un alimento) para modificarlo de forma que mejore sus cualidades sensoriales o nutricionales, o para conservarlo.

Cultivo intercalado: práctica agrícola que implica el cultivo de dos o más cultivos en el mismo espacio de tierra, normalmente, estos cultivos son de algún modo simbióticos o cobeneficiosos, y a menudo la práctica implica más de dos cultivos, formando un sistema agrícola complejo.

Mezclador: gran molinillo de piedra en el que una rueda de granito muele semillas de cacao y azúcar hasta que el tamaño de sus partículas se ha reducido lo suficiente y las grasas se han distribuido uniformemente sobre todas las partículas sólidas. Este proceso suele darse en la elaboración de chocolate a pequeña escala. A diferencia del conchado, en el mezclado, el refinado (reducción del tamaño de las partículas) y la mezcla se producen en el mismo paso.

Micorriza: hongo que crece en las raíces del árbol y que existe en una relación simbiótica con ese árbol.

Polifenol: un tipo de compuesto antioxidante que también actúa como pigmento, dando color a los alimentos (generalmente de color púrpura, rojo y azul).

Tala y quema: práctica agrícola en la que se queman tierras forestales para limpiar la vegetación existente y poder sembrar nuevas semillas. Esta práctica contribuye significativamente a la deforestación.

Simbionte: organismo que vive en una relación mutuamente beneficiosa con otro organismo.

Vermicultura: proceso de cría de lombrices con el fin de introducirlas en una mezcla de abono orgánico.

Aventado: proceso de separación de la semilla de cacao de la cáscara de cacao.