



3P

Los habitantes invisibles, ¿amigos o enemigos?

Dra. Blondy Beatriz Canto Canché
M. C. Bartolomé Humberto Chi Manzanero
M. C. José Rufino Gómez Tah

Unidad de Biotecnología
 (Laboratorio de Biotecnología Microbiana)

Descripción

En este proyecto, los alumnos y alumnas conocerán que los organismos son diversos y que bajo las circunstancias ambientales comunes, algunos son imperceptibles a la vista. Para estos existen condiciones que favorecen su crecimiento hasta volverse visibles, permitiendo conocer la variedad de colores, formas y estructuras que presentan.

En el proyecto se abordará el papel vital que los microorganismos desempeñan en el reciclaje de los elementos. También las inte-

racciones con otros organismos, comprendiendo que algunos son nocivos, pero otros son útiles para beneficio del ser humano.

Objetivo

Los alumnos y alumnas conocerán la diversidad de microorganismos presentes en diferentes fuentes orgánicas e inorgánicas, así como su función en los ecosistemas. Aprenderán algunas de sus aplicaciones para beneficio de la sociedad.



Materia afín

Ciencias Naturales (Los seres vivos y su diversidad/tercer semestre, UADY) (www.csems.uady.mx/media/MallaCurricularPrepa1y2.pdf)

Módulo Universo Natural Prepa en Línea SEP (prepaenlinea.sep.gob.mx/wp-content/uploads/2020/03/Acuerdo090914-3.pdf)

¿Qué vas a aprender?

- Elementos del método científico: observación, hipótesis, experimentación y análisis.
- Trabajo grupal a distancia.
- Características de los microorganismos: unicelulares, multicelulares, procariotas y eucariotas.
- Papel de los microorganismos en el ecosistema: descomponedores, reciclaje de elementos, interacción con otros organismos.
- Microorganismos como patógenos potenciales: enfermedades en humanos, plantas, animales, epidemias, pandemias, etcétera.
- Microorganismos como fuente de compuestos de utilidad para la sociedad: antibióticos, alimentos, enzimas y bioprocesos.
- Lenguaje académico-técnico.

Pregunta inicial



¿Cuál es la función de los microorganismos en la naturaleza?

¿Cómo pueden ser aprovechados por el ser humano?



Panorama general del tema

El ambiente, tal y como lo percibimos, está integrado por elementos biológicos como las plantas, los animales y los elementos no biológicos como el agua, el aire y el suelo. Sin embargo, existe una gran cantidad de especies de organismos que no son visibles a simple vista, por lo que se requiere el uso de instrumentos y métodos especiales para su observación.

Por esta característica, se les llama de manera general como **microorganismos** y podemos encontrarlos en los elementos antes mencionados.

Estos son capaces de desarrollarse y vivir en el suelo, en el aire y en los cuerpos de agua; en lugares templados o tropicales, y otros cuantos en ambientes extremos, muy calientes o muy fríos (en ese caso son clasificados como extremófilos).

Existen diversos métodos de cuantificación de los microorganismos presentes en dichos ambientes (la llamada biomasa microbiana). Se calcula que algunos suelos contienen 15 toneladas de biomasa microbiana por hectárea y en el aire de espacios cerrados se ha reportado la presencia de



10^5 partículas bacterianas y virales por m^3 . En los cuerpos de agua se han encontrado hasta 1.679×10^9 células por litro (Props *et al.*, 2017; Dobrovol'skaya *et al.*, 2015).

La enorme diversidad de microorganismos cumple una serie de importantes funciones en los ecosistemas: contribuyen a la degradación de materia orgánica, promueven el buen funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos e interactúan entre sí para el

control de poblaciones de otros organismos que podrían alterar el equilibrio trófico (Gibbons y Gilbert, 2017).

Desde el punto de vista humano, los microorganismos tienen importante valor, pues son aprovechables para obtener productos de interés biotecnológico, desde productos sencillos como la composta, hasta productos de alta tecnología como enzimas, antibióticos y otros fármacos.



Presentación

Con este proyecto se espera que los y las jóvenes participantes conozcan el método científico y mediante su aplicación, comprendan la enorme diversidad de microorganismos y su importancia en el ecosistema.

Conocerán conceptos tales como: bacterias, hongos, virus y algunas de sus características. También se tiene como objetivo que comprendan el papel de estos microorganismos en el funcionamiento de los diversos tipos de sistemas biológicos y cómo su alteración o extinción conlleva riesgos que afectan a todas las poblaciones, incluyendo a la sociedad humana.

Además de resaltar la importancia biológica, también se abordan aspectos como el valor comercial y el potencial de estos microorganismos para la obtención de productos de interés como alimentos, bebidas, fármacos y enzimas; también se reconoce el daño potencial que algunos

pueden causar, por la capacidad de producir enfermedades.

El objetivo es concientizar a las y los estudiantes sobre la importancia de los microorganismos en el funcionamiento del ambiente que nos rodea, los múltiples beneficios que nos proporcionan y cómo el desequilibrio de su existencia puede llevar a situaciones de riesgo para la humanidad.

Este manual ha sido redactado por académicos y estudiantes del Laboratorio de Biotecnología de Microorganismos de la Unidad de Biotecnología del CICY y se desarrollará aplicando el método científico, implementando prácticas simples, con utensilios e insumos de fácil acceso, comunes en el hogar. Con todo lo anterior, las y los jóvenes podrán desarrollar, a través de actividades sencillas, un proyecto que les permitirá ampliar sus conocimientos en el campo de la microbiología y su potencial.



Desarrollo



Experimento 1. Los microorganismos y su diversidad.

Nuestro ambiente está integrado por un gran número de organismos, algunos no podemos observarlos a simple vista, porque son de tamaño microscópico. Por esta razón se les refiere con el término de **microorganismos**.

Estos seres diminutos están en todo lo que nos rodea: en el aire, el agua, el suelo y también en los objetos que comúnmente utilizamos como el celular, la computadora, el control remoto, la cartera, los recipientes de cocina, en la ropa que nos ponemos e incluso, nuestro cuerpo es el hogar de millones de bacterias, hongos y virus que se hallan en nuestro cabello, nariz, boca, piel, en el aparato digestivo, etcétera.

Los microorganismos tienen una gran capacidad de adaptación a una diversidad de ambientes, lo que depende directamente de la capacidad para encontrar nutrientes en ellos. Es importante resaltar que los microorganismos que viven en un ambiente como el baño de una casa, pueden ser diferentes de los que se desarrollen en la hojarasca del jardín.

Aunque los microorganismos colonizan diferentes nichos en la búsqueda de nutrientes, algo en común es la capacidad de metabolizar las moléculas que tengan al alcance. De esta manera, convertirán moléculas complejas en moléculas más sencillas y obtendrán energía.

Una forma simple para “descubrir” a los microorganismos que viven en cualquier ambiente, es tomar una muestra del sitio de interés con un hisopo, pasándolo sobre la superficie del lugar u objeto; al inocular dicha muestra en un medio con nutrientes, favorecerá el crecimiento de los organismos.

Pregunta de investigación

¿Qué función tienen los microorganismos en el ambiente?

Actividad

Preparación de los medios de cultivo y siembra de microorganismos.



Materiales

- 10 frascos pequeños de vidrio con tapa de rosca (pueden ser de mayonesa, mermelada, café, papilla. Preferible que todos sean del mismo tamaño y estén totalmente limpios y secos).
- ½ taza de fécula de maíz.
- 3 ½ tazas de agua purificada.
- Una olla mediana.
- Una olla grande (con espacio suficiente para introducir todos los frascos).
- Un recipiente de 2 litros.
- Una cuchara grande de madera.
- Trapos de cocina.
- 20 hisopos (cotonetes) dentro de un frasco de vidrio con tapa de rosca.
- Iodopovidona (Isodine).
- Cubrebocas y guantes de plástico.
- Libreta usada con hojas limpias para apuntes.
- Lápices y plumas.



Desarrollo

1. Poner los frascos con las tapas puestas sin apretar y el frasco que contiene los hisopos en baño María, cuidando que a ninguno le entre agua. Todos se dejarán en la olla por 30 minutos. Al terminar, se



apaga la estufa y deja enfriar los frascos a temperatura ambiente dentro de la olla.



2. En un recipiente, disuelve totalmente la media taza de fécula de maíz, agregando una taza de agua purificada. Asegúrate de que no queden grumos.



3. En la otra olla pon a hervir el agua sola restante (2 ½ tazas). Cuando hierva, agrega la fécula de maíz previamente disuelta, hasta que se mezcle totalmente y agita con una cuchara por 20 minutos.



4. Con mucho cuidado y usando un trapo para sujetar la olla, vierte en cada frasco una pequeña porción, llenando una décima parte de su volumen.



5. Sin apretar con mucha fuerza, cierra cada frasco y deja enfriarlos con la mezcla a temperatura ambiente.



NOTA



Para realizar el proceso de llenado de los frascos con la mezcla de fécula de maíz, escoge un lugar limpio y sin corrientes de aire para evitar contaminantes. La mezcla contenida en el frasco servirá como medio de cultivo para los microorganismos.



6. Para la inoculación de los medios con muestras ambientales, selecciona diferentes lugares de tu hogar como el jardín, la cochera, la cocina, el área de lavado de ropa, el baño, etcétera.



7. Estando en el lugar que hayas elegido, utiliza un hisopo para tomar una muestra de la siguiente manera: frota uno de sus extremos sobre la superficie de algún objeto.



8. Sujetando el extremo limpio del hisopo, desliza suavemente el otro con la muestra sobre la superficie del medio contenido en el frasco. No olvides que la mezcla y el frasco deben estar a temperatura ambiente. Ten cuidado de no romper el medio, deslízalo sobre la superficie sin aplicar tanta fuerza.



9. Etiqueta o marca el frasco con los datos del lugar y el objeto que seleccionaste para la toma de muestra.



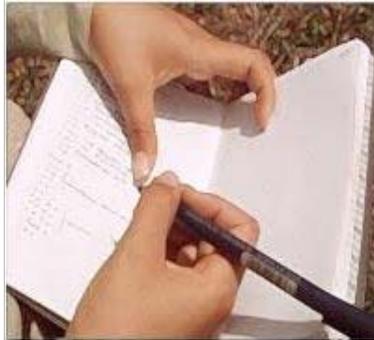
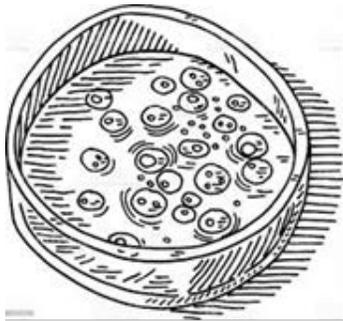
NOTA

La toma de muestra la puedes hacer por duplicado, usando 2 hisopos y 2 frascos por sitio muestreado. Para el control negativo, toma un hisopo limpio y estéril (tomándolo con cuidado del frasco) y deslízalo sobre la superficie del medio. Hacer esto en 2 frascos y etiqueta uno como **Control Negativo Réplica 1** y **Control Negativo Réplica 2**. Almacena los frascos en un lugar fresco y lejos de la luz directa del sol.



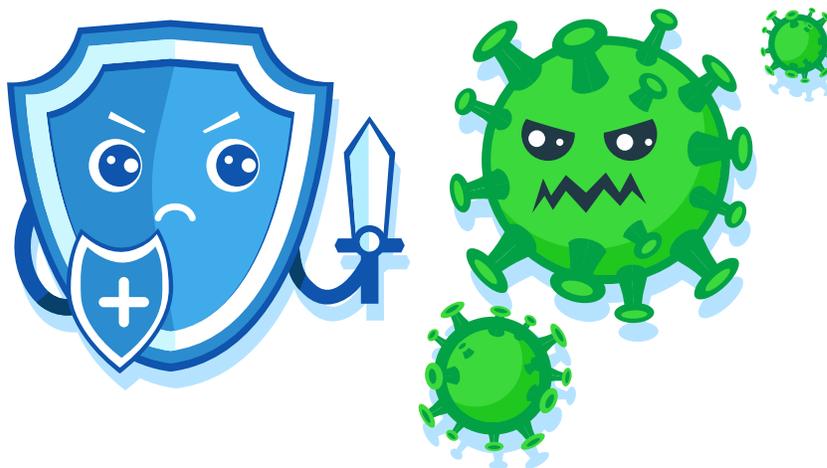
10. En tu bitácora (libreta) anota los datos de tu muestreo. Escribe los datos de los 2 frascos correspondientes a las réplicas, poniendo una clave para cada uno con el tipo de muestra, fecha y hora que los muestreaste y que los inoculaste en el medio de cultivo. Durante los próximos 5 días, observa diariamente y a la misma hora cada frasco. En tu bitácora anota lo que observaste en cada frasco; describe las formas, colores, tamaño de colonias, etcétera. Puedes tomar fotografías con tu celular de los frascos que más te sorprendan. Si te es posible, dibuja las estructuras que puedas observar.

11. Cuando notes que en tus frascos se han desarrollado bastantes microorganismos, toma uno de cada tratamiento (incluyendo el control negativo) y agrega unas gotas de Iodopovidona (Iodine), de tal forma que la solución llegue a los bordes de crecimiento de los microorganismos. Deja reposar por 5 minutos y después escurre el exceso de líquido de los frascos. Registra en tu bitácora lo que observes.



NOTA

Cuando realices esta actividad, usa cubrebocas y guantes.





Lo que debes saber

El mundo, tal y como lo conocemos, está habitado por un gran número de organismos biológicos; sin embargo, existe un gran número de especies que por su minúsculo tamaño no los percibimos fácilmente.

Pensemos en los **musgos**, que son las plantas más sencillas de la naturaleza y crecen en zonas de alta humedad, o en las **algas** que comúnmente conocemos como "verdín", que se forma en los charcos de agua estancada después de las lluvias. Ambos organismos podemos verlos, pero sus características están fuera del alcance de nuestra visión y para observarlos a detalle, requerimos de equipos especiales como los **microscopios**.

Sin embargo, algunos de ellos podemos hacerlos visibles a nuestros ojos si les damos las condiciones especiales para su crecimiento y desarrollo. Aunque un gran número de especies de microorganismos no son cultivables usando las técnicas comunes del laboratorio (Atchman y Wagner, 2008), muchas otras sí, y tienen la capacidad biológica de crecer en todo tipo de ambientes.

Los microorganismos pueden dividirse en dos grandes grupos; los **hongos** (reino fungi) y las **bacterias** (arqueas y eubacterias), aunque también se incluyen a los **virus** (parásitos intracelulares). No obstante, en este mundo microscópico no se consideran como seres vivos.

Los hongos y las bacterias participan en los procesos de degradación de la materia biológica, por lo que su labor permite

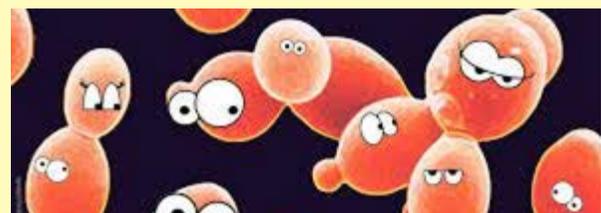
el reciclaje de la materia orgánica. Sin embargo, otros hongos y bacterias pueden ser organismos parásitos, causantes de enfermedades a otros organismos, incluyendo al ser humano.

En el caso de los virus, pensemos en la pandemia actual causada por el virus **SARS-Cov-2**, o echemos un vistazo a la historia para recordar la pandemia de la **gripe española** de 1918, causada por el virus de la influenza (Pulido, 2018).

Otro problema causado por microorganismos fue la **Gran Hambruna irlandesa**, originada por la enfermedad de la papa, causada por el organismo **oomiceto** llamado *Phytophthora infestans* (Gavaldà, 2020).

En el mundo de los microorganismos no todo es malo o con efectos negativos, pues los diversos estudios han permitido descubrir que muchos de estos producen **antibióticos** como *Penicillium sp.*, *Streptomyces sp.*, *Cephalosporium sp.*, *Bacillus licheniformis* y *B. polymyxa*.

Otros microorganismos, como la **levadura** (*Saccharomyces cerevisiae*), se emplean para hacer pan, cerveza, vino, y recientemente se han descubierto microorganismos capaces de degradar el plástico, tal es el caso de las bacterias *Shewanella sp.*, *Moritella sp.*, *Psychrobacter sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Clonostachys rosea*, *Trichoderma sp.* y *Rhodococcus sp.* (Urbanek et al., 2018).





Experimento 2. Los microorganismos y su utilidad: la fermentación.

Como antes se mencionó, algunos organismos se utilizan en la preparación de pan o para producir bebidas alcohólicas; uno de los más comunes es el hongo del **género** *Saccharomyces*, comúnmente llamado levadura.

La acción de la levadura sobre la masa del pan o sobre los azúcares de las bebidas alcohólicas se conoce comúnmente como **fermentación**. En el caso del pan, cuando ocurre esta reacción, se libera dióxido de carbono y etanol, lo que permite el inflado de la masa y la estructura alveolar (Ibérica, 2020). En el caso de las bebidas alcohólicas, la fermentación permite también convertir los azúcares de los jugos o de las mezclas acuosas de los granos, en etanol y bióxido de carbono. Este proceso permite obtener vinos, cerveza, sidra, sake, según el origen de la masa fermentada (Pluma, 2016).

Pregunta de investigación

¿Para qué nos pueden servir los microorganismos?

Actividad

Preparación de tepache.



Materiales

- Una piña grande y madura.
- Una taza de piloncillo cortado en trozos o una taza de azúcar morena (según la disponibilidad).
- Dos litros de agua purificada.

- Una raja de canela*.
 - Tres clavos de olor*.
 - Una jarra de vidrio (al menos un litro de capacidad).
 - Tapa o un pedazo de plástico.
- * Opcionales de acuerdo al gusto.



Desarrollo

1. Retira cuidadosamente la cáscara de la piña con un cuchillo y córtala en pedazos pequeños.
2. Coloca las cáscaras de la piña en la jarra de vidrio, el piloncillo o el azúcar, la raja de canela, los clavos de olor y los dos litros de agua.
3. Cubre la jarra de vidrio con una tapa o con un pedazo de plástico, de manera holgada para permitir la entrada de aire a la mezcla. Dejar en reposo durante 24 horas en la cocina.



NOTA

Si vives en un lugar muy caluroso, verifica la mezcla después de 12 horas. Con una cuchara de madera, retira la espuma blanca que se forma sobre el líquido. Cubre de nuevo sin apretar la tapa o el pedazo de plástico y déjalo reposar durante otras 24 a 36 horas. Cada vez que observes la formación abundante de espuma blanca deberás retirarla.



- Después de las 36 horas, cuela el líquido de la jarra y colócalo en otra jarra limpia con mucho hielo. Si el sabor es fuerte, se puede diluir con agua y endulzarlo al gusto.



NOTA

De manera paralela a la preparación del tepache, en un vaso grande agrega agua purificada, piloncillo o azúcar y disuelve. Tapa y deja en reposo durante el mismo tiempo que la mezcla para tepache. Esta mezcla será el control negativo del experimento.

Lo que debes saber:



Los microorganismos son capaces de realizar muchos procesos bioquímicos como parte de su **metabolismo**. Estos procesos les proporcionarán energía y moléculas esenciales para su crecimiento y desarrollo.

Uno de los procesos esenciales para la obtención de energía es la **respiración anaerobia**, que consiste en la oxidación de azúcares (moléculas como la **glucosa**) sin utilizar **oxígeno**. Este es un tipo de respiración común entre los microorganismos que viven en lugares con poco oxígeno o en su ausencia (Catalanotti et al., 2013; Hernández et al., 2014).

Dependiendo de esta respuesta al oxígeno, pueden clasificarse como **anaerobios facultativos** (viven en presencia de oxígeno, pero pueden sobrevivir en su ausencia) y **anaerobios obligados** (solo viven en ausencia del oxígeno, pues la presencia de este impide su desarrollo). Un tipo de respiración anaerobia es la **fermentación**, un proceso mediante el cual, la glucosa es oxidada hasta ser moléculas de **etanol** (un tipo de **alcohol**).

La fermentación es un proceso que se ha realizado desde tiempos ancestrales, siendo los sumerios y los egipcios los primeros que elaboraron cerveza con la fermentación de granos como la cebada.

Muchos microorganismos realizan la fermentación, pero son las **levaduras** (un tipo de **hongo unicelular** de forma ovoide), las que se usan en la elaboración de productos como el vino, la cerveza y el pan. En presencia de azúcares, estos hongos son capaces de metabolizarlos para obtener energía y transformarlos en etanol y CO₂ (dióxido de carbono). Además de las levaduras que realizan la fermentación, muchos otros organismos utilizan la respiración anaerobia y convierten compuestos complejos en otros más sencillos, pero emplean otras moléculas como el sulfato, carbonato, nitrato, como aceptores de electrones.



Experimento 3. Los microorganismos y su actividad: la fermentación por bacterias.

Otros organismos que realizan la fermentación son las bacterias. Algunas de ellas son capaces de crecer en ciertos alimentos, fermentarlos y producir compuestos que modifican la naturaleza del mismo, como es el caso de la leche. En este caso, el azúcar de la leche, la lactosa, es utilizada por las bacterias lácticas para obtener energía y producir ácido láctico, lo que aumenta la acidez de la leche, coagulando las proteínas de la misma y produciendo un cambio en la consistencia y sabor, dando lugar al yogurt.

Otro ejemplo de alimento fermentado es el pozol, producido a partir de masa de maíz, o el chucrut, alimento común en Europa, que no es más que tiras de col de sabor ácido.

Pregunta de investigación

¿Para qué nos pueden servir los microorganismos?

Actividad

preparación de yogurt casero.



Materiales

- Un litro de leche fresca.
- Un frasco de yogurt natural.
- Dos frascos de vidrio de medio litro con tapa, lavados, hervidos y secos.
- Una olla con capacidad para 3 frascos de medio litro.
- Una cuchara grande de madera.



Desarrollo

1. Calienta la leche a fuego lento, moviéndola constantemente con una cuchara.
2. Retira del fuego antes de que comience a hervir. Deja que la leche se enfríe un poco y viértela en los dos frascos hasta su máxima capacidad sin que se derrame.
3. Agrega una cucharada de yogurt y mezcla muy bien.



NOTA



De manera paralela, prepara otro frasco con leche y repite el procedimiento, pero sin agregar la cucharada de yogurt (este será el control negativo).

4. Cierra los frascos procurando que quede con la menor cantidad de aire, guárdalos de forma que se conserve el calor y lejos de la luz de sol.





NOTA

Puedes envolverlos en papel periódico y guardarlos dentro de una caja. Déjalos ahí, sin moverlos, durante seis horas.

5. Después de ese tiempo, desenvuélvelos y mételes al refrigerador por 2 horas más.
6. Finalmente, ya puedes consumir el yogurt. Si deseas puedes endulzar con azúcar. Sirve en una taza un poco del yogurt obtenido y en otra taza sirve la leche que anteriormente pusiste en el frasco (control negativo). Pídele a algún familiar que pruebe un poco de cada uno y te describa el sabor. Anota los comentarios.



NOTA

Observa y compara el color, el sabor y textura de todas las preparaciones (leche con o sin yogurt, adicionado o no con azúcar, etcétera). Anota en la bitácora todas tus observaciones y la información que te brinde tu familia.



Lo que debes saber:

Algunos organismos obtienen energía mediante la fermentación de azúcares, sin utilizar el oxígeno. El yogurt es un producto que se obtiene por la fermentación de la leche, pero a diferencia de los vinos y el pan que son fermentados por una levadura (hongo), la leche es fermentada por **bacterias**. Estas bacterias pertenecen a los géneros **Lactobacillus** y **Streptococcus**.

La leche tiene un azúcar llamado **lactosa**, el cual es fermentado hasta que se obtiene un producto llamado **ácido láctico**. Este ácido provoca que el medio se acidifique, las proteínas de la leche coagulen y la leche se transforme en una sustancia viscosa con un ligero sabor ácido.

Como notarás, la fermentación es un proceso bioquímico que permite a los microorganismos obtener energía y convertir moléculas complejas en otras más simples. Se puede decir que el proceso bioquímico de la fermentación, en principio, es el mismo; aunque dependiendo de las especies microbianas, los productos finales pueden ser muy diferentes.

Los procesos ilustrados en estas prácticas muestran que los organismos ayudan a reciclar de manera eficiente toda la materia orgánica, desarrollan procesos metabólicos para la captación de energía y como los subproductos de estos procesos pueden ser aprovechados, de gran utilidad para el ser humano.



Sobre los autores

La Dra. **Blondy Canto Canché** es investigadora científica en la Unidad de Biotecnología del CICY. Participa en la línea de investigación de Agrobiotecnología (interacción planta-patógeno; estudio de los factores de patogenicidad, virulencia y efectores de fitopatógenos) y en la línea de investigación de Biotecnología de microorganismos. Sus actividades están enfocadas a la elaboración de propuestas y el desarrollo de proyectos, además de la formación de científicos y tecnólogos en Biotecnología.

El M. C. **Bartolomé H. Chi Manzanero** es técnico académico del laboratorio de Biotecnología Microbiana del CICY. Desarrolla actividades que están enfocadas a los estudios de interacción planta-patógeno,

mantenimiento del cepario de hongos y asesoría y ayuda técnica a estudiantes de pre y posgrado.

El M. C. **José Rufino Gómez Tah** es estudiante de posgrado (doctorado) y colabora en los proyectos que se desarrollan en el Laboratorio de Biotecnología Microbiana del CICY. En su maestría desarrolló una tesis enfocada al estudio y caracterización de algunos grupos de genes que participan en la biosíntesis de metabolitos secundarios en el hongo patógeno de la Sigatoka negra. Actualmente desarrolla estudios bioquímicos de una especie vegetal de importancia biotecnológica y económica.



Glosario

Ácido láctico: sustancia química producida como resultado de la fermentación anaeróbica de los azúcares.

Alcohol: compuestos químicos orgánicos con grupos químicos hidroxilo (OH).

Alga: organismo eucariota acuático, unicelular o multicelular capaz de realizar la fotosíntesis y diferentes de las plantas.

Anaerobios facultativos: organismos unicelulares que utilizan oxígeno en su respiración, pero tienen la capacidad de sobrevivir en ambientes sin este gas.

Anaerobios obligados: organismos uni-

celulares que solo pueden desarrollarse en ambientes sin oxígeno.

Antibióticos: sustancias químicas de origen natural o semisintético que mata o impide el crecimiento de otros organismos.

Bacterias: organismos procariotas unicelulares presentes en todos los ambientes.

Etanol: alcohol de dos carbonos, presente en todas las bebidas alcohólicas.

Fermentación: proceso metabólico que permite obtener energía de moléculas orgánicas sin emplear oxígeno.



Género: categoría taxonómica que se ubica entre familia y especie.

Glucosa: tipo de carbohidrato de 6 carbonos, una hexosa y es la principal fuente de energía del cuerpo humano.

Gran Hambruna irlandesa: episodio de la historia de Irlanda (1845) cuando una plaga de hongos que atacaba las cosechas de papas se inició en ese país, provocando muertes y miseria en la población. Posteriormente, fue el factor clave de la emigración irlandesa a Estados Unidos.

Gripe española: infección viral causada por el virus de la influenza y que fue el responsable de la pandemia de 1918; es considerada la más devastadora de la historia.

Hongos: reino de organismos eucariotas sin clorofila caracterizados por su forma de nutrición saprobia o parásita y por poseer quitina en su estructura celular (paredes celulares).

Lactobacillus: género de bacterias no patogénicas con forma de bastoncitos, habitantes del tracto digestivo y urinario humano.

Lactosa: carbohidrato formado por 2 azúcares simples: glucosa y galactosa. Está presente en la leche y sus derivados.

Levadura: hongo unicelular perteneciente al grupo de los ascomicetos.

Metabolismo: conjunto de reacciones químicas esenciales para el funcionamiento y mantenimiento de las células.

Microscopio: instrumento óptico que aumenta el tamaño de los objetos, de tal forma que permite observarlos y analizarlos a detalle.

Musgo: plantas briofitas no vasculares de tamaño pequeño.

Oomicetos: microorganismos pertenecientes al reino Protista, caracterizados por paredes celulares formadas por celulosa, sin quitina, de alimentación saprobia o parásita.

Oxígeno: elemento químico gaseoso, incoloro e inodoro, esencial para los procesos de respiración aerobia de los organismos y para la combustión.

Respiración anaerobia: proceso biológico desarrollado por organismos que utilizan otros compuestos diferentes al oxígeno como aceptor final de su cadena respiratoria.

SARS-Cov-2: nuevo tipo de coronavirus, causante de la enfermedad respiratoria llamada Covid-19. Las siglas corresponden a *Severe Acute Respiratory Syndrome*.

Streptococcus: género de bacterias grampositivas en forma de cocos, pertenecientes al grupo de bacterias ácido-lácticas.

Unicelular: se denomina así a los organismos formados por una sola célula.

Virus: parásitos intracelulares constituidos por partículas de ácidos nucleicos recubiertas de proteínas, solo pueden vivir y replicarse dentro de células.



Referencias

- Achtman, M., y Wagner, M. (2008). *Microbial diversity and the genetic nature of microbial species*. Nat Rev Microbiol 6, 431-440. DOI: 10.1038/nrmicro1872.
- Catalanotti, C., Yang, W., Posewitz, M. C., y Grossman, A. R. (2013). *Fermentation metabolism and its evolution in algae*. Front Plant Sci., 4:150. DOI: 10.3389/fpls.2013.00150.
- Dobrovolskaya, T. G., Zvyagintsev, D. G., y Chernov, I. Y. et al. (2015). *The role of microorganisms in the ecological functions of soils*. Eurasian Soil Sc. 48, 959-967. DOI: 10.1134/S1064229315090033.
- Gavaldà, J. (2020). *La Gran Hambruna irlandesa, un desastre humanitario*. Consultado en: historia.nationalgeographic.com.es/a/gran-hambruna-irlandesa-desastre-humanitario_15669. National Geographic.
- Gibbons S. M., Gilbert, J. A. (2015). Microbial diversity--exploration of natural ecosystems and microbiomes. *Curr Opin Genet Dev*. 35:66-72. DOI: 10.1016/j.gde.2015.10.003.
- Ibérica, L. (2020). *¿Como crear sabor en el proceso de panificación? El proceso de fermentación del pan*. Consultado en: www.lesaffre.es/como-crear-sabor-en-el-proceso-de-panificacion-el-proceso-de-fermentacion-del-pan/.
- Ostria Hernández, M. L., Hernández Cortez, C., y Castro Escarpulli, G. (2014). *¿Por qué estudiar a las bacterias anaerobias obligadas?*. MICROBIOL 3: 105-114.
- Pluma, G. (2020). *Fermentados y destilados*. Consultado en: revistaelconocedor.com/fermentados-y-destilados/. Revista El Conocedor.
- Props, R., Kerckhof, F. M., Rubbens, P. et al. (2017). *Absolute quantification of microbial taxon abundances*. DOI: 10.1038/ismej.2016.117.
- Pulido, S. (2018). *La Gripe Española: la pandemia de 1918 que no comenzó en España*. Consultado en gacetamedica.com/investigacion/la-gripe-espanola-la-pandemia-de-1918-que-no-comenzo-en-espana-fy1357456/. Gaceta Médica.
- Urbanek A. K., Rymowicz, W., y Mirończuk, A. M. (2018). *Degradation of plastics and plastic-degrading bacteria in cold marine habitats*. Appl Microbiol Biotechnol, 102(18):7669-7678. DOI:10.1007/s00253-018-9195-y.