

Aprendizaje por indagación en la enseñanza de la Microbiología de suelos: diseño participativo de herramientas para la experimentación

Inquiry-Based Learning to Teaching Soil Microbiology: Participatory Design of Tools for Experimentation

Adriana Montanez¹, Tania Trasante², Carla Silva³, Daisy Imbert⁴

^{1, 2, 3}Facultad de Ciencias. Laboratorio de Microbiología de Suelos. Montevideo. Uruguay.

⁴Consejo de Educación Secundaria, Inspección de Biología. Montevideo. Uruguay.

¹montanez.massa@gmail.com; ²taniatrasante@gmail.com; ³csilvamarrero@gmail.com;

⁴daisyimbertromero@gmail.com

Recibido 07/04/2020 – Aceptado 09/10/2020

Resumen

El objetivo de este trabajo fue desarrollar una herramienta práctica para la enseñanza de la Microbiología, que proporcione a profesores y estudiantes de enseñanza secundaria una experiencia atractiva, que permita adquirir capacidades científicas vinculadas al aprendizaje por indagación y conduzca a un interés mayor en la Microbiología como un tema, un campo de estudio, o una carrera. Este trabajo presenta los resultados de un esfuerzo interinstitucional para introducir una herramienta práctica en la planificación de una estrategia de aprendizaje por indagación. Esta herramienta se utilizó en el aula e introdujo la Microbiología práctica en las actividades de la enseñanza secundaria del Uruguay.

Palabras clave: Aprendizaje por indagación; Herramientas prácticas; Microbiología del suelo; Secundaria

Abstract

The aim of this work was to develop a practical tool to teach Microbiology in high school, providing teachers and students with an attractive experience, allowing them to acquire scientific knowledge linked to inquiry-based learning, which leads to a greater interest in Microbiology as a subject, a study field, or a career. This manuscript presents the results of an inter-institutional effort to introduce this tool in the planning of a problem-based learning strategy. This tool was finally tested in the classrooms and showed that it could introduce practical Microbiology in the activities of high school education in Uruguay.

Keywords: Inquiry-Based Learning; Practical Tools; Soil Microbiology; High School

Introducción

La alfabetización científica se ha convertido en un objetivo internacional clave para hacer frente a los actuales desafíos de la humanidad (Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD], 2016). Vivimos en sociedades profundamente afectadas por la ciencia y la tecnología, lo cual enfatiza la necesidad de formar individuos que sepan valorar los riesgos y beneficios derivados de los avances científicos y tecnológicos y participar activamente en la discusión de temas socio-científicos controvertidos.

Asimismo, se continúa confirmando que la enseñanza en ciencias no logra buenos resultados. Solbes y Tarín (2007) indican que se comprueba que estudiantes no se interesan por la ciencia y se basan en el menor número que eligen carreras científicas. Añaden que las causas son diversas, entre ellas destacan que se enseña gran contenido teórico, descontextualizado, de forma transmisiva, con escasa participación de estudiantes y con exiguas actividades prácticas.

Se hace necesario que docentes transiten hacia el paradigma sociocrítico, que surge de la relación entre teoría y práctica. De esta manera, los individuos fomentan un diálogo continuo y la reflexión, tanto individual como colectiva, para conocer la realidad de su contexto basándose en la teoría que permite la fundamentación y en la práctica que se asienta en la experiencia. Pedrinaci, Caamaño, Cañal y de Pro (2012) indican que las indagaciones escolares son la oportunidad de que el estudiantado trabaje de forma similar a un o una científica en la resolución de problemas, que se habitúen a usar destrezas correspondientes a la investigación y logren una comprensión procedimental de la ciencia, ya que en dichas indagaciones se vincula teoría y experimentación. En tanto Franco-Mariscal, Blanco-López y España-Ramos (2017) expresan que los problemas cotidianos pueden ser usados como contextos apropiados para trabajar las competencias científicas en el aula, si los mismos cumplen ciertos requisitos: 1) ser relevantes en la vida de estudiantes; 2) formar parte de su entorno cultural; 3) resultar interesantes; y 4) posibilitar su tratamiento didáctico.

La Microbiología está presente en la vida de cada estudiante, los microorganismos siempre interesan mucho a educandos cuando pueden observarlos, pero en la actualidad: ¿cuánto sabemos de Microbiología?, ¿con qué herramientas contamos para profundizar en esta ciencia? y ¿son adecuadas las formas de aprender sobre la misma?

La Microbiología es la ciencia que estudia los microorganismos, organismos no visibles al ojo humano, así como su modo de vida y sus interacciones, tanto benéficas como patogénicas (Madigan, Martinko, Bender, Buckley y Sthal, 2015). Como ciencia, está relacionada con muchas disciplinas: la Salud Humana, Animal y Vegetal, la Producción Agrícola, la Alimentación, la Industria, la Biotecnología, el Medio Ambiente, la Ecología. Es por esta razón que la Microbiología es una ciencia interdisciplinaria que tiene un impacto fundamental en varios aspectos de nuestra vida cotidiana, que no se limitan a la salud humana. Sin embargo, a nivel público se hace hincapié en el efecto patógeno de algunos microorganismos y cómo prevenir la contaminación, pero hay una cantidad muchísimo mayor de microorganismos que nos protegen, ayudan en nuestros procesos metabólicos

e, incluso, participan en procesos directamente relacionados con nuestra alimentación, produciendo fermentados como el pan (con levadura *Saccharomyces cerevisiae*) o el yogur (con bacterias: *Lactobacillus delbrueckii spp.* y *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*) (Willey, Sandman y Wood, 2019).

En nuestra vida diaria coexistimos con millones de microorganismos que existen en cada centímetro cuadrado de cualquier superficie con la que tengamos contacto e incluso están dentro de tejidos y órganos de otros seres vivos y sin embargo no causan daño ni enfermedad alguna, por el contrario, protagonizan diversos procesos que nos ayudan a vivir (Frioni, 2006).

De todos modos, los microorganismos tienen mala prensa, y quizás una de las principales causas es que históricamente la enseñanza de la Microbiología se ha visto enfrentada a las dificultades y limitaciones de tener que explicar fenómenos biológicos, protagonizados por organismos que son invisibles a los ojos de estudiantes (De Aquino López, 2015; Zabala y Rojas, 2020). Las estrategias para la enseñanza de esta ciencia constituyen un desafío para el sistema educativo en general, que no cuenta con las herramientas para el desarrollo de una propuesta didáctica viable y actual (Durango Zapata, 2012). La enseñanza de un tema tan importante como la Microbiología no se puede lograr con eficacia si no apoyamos los contenidos de la teoría con la experimentación en el laboratorio (Eagan et al., 2013). La importancia del trabajo práctico en la ciencia es ampliamente aceptada y se reconoce que la calidad de prácticas de trabajo motiva a sus estudiantes y promueve la participación (Graham, Frederick, Byars-Winston, Hunter y Handelsman, 2013; Seymour, Hunter, Laursen y DeAntoni, 2004). Este tipo de trabajo experimental les permite adquirir habilidades basadas en el trabajo práctico en el campo y el laboratorio, que apoyan el aprendizaje de los conocimientos científicos y promueve una comprensión amplia de los conceptos claves que construyen la experiencia cognitiva (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 2011; Wilson y Rigakos, 2016)

La Microbiología ha sido, a menudo, limitada en los programas de ciencias de Secundaria, ya que las actividades prácticas son difíciles y costosas de implementar, lo cual ha sido un obstáculo para su introducción en las aulas y Programas de Estudio de Secundaria. El estudio de los microorganismos requiere la preparación de materiales estériles y una determinada infraestructura que, en muchos institutos de secundaria del ámbito público, así como el privado, no están disponibles, son costosos y su preparación requiere de capacitación técnica. Por esta razón, las prácticas de Microbiología no son accesibles, lo que hace que la Microbiología práctica recién se encuentre en etapas tardías de la formación curricular. Por lo tanto, la brecha educativa entre la educación secundaria y universitaria en el campo de la Microbiología, es mayor en comparación con otras ciencias. Para facilitar la comprensión y el conocimiento de los microorganismos y su actividad, es necesario que estudiantes tengan la oportunidad de realizar actividades prácticas de Laboratorio con el objetivo de visualizar los microorganismos y sus funciones. La forma en que se accede a este conocimiento va a influir sobre el aprendizaje del mismo. Es por este motivo que se considera que la implementación de actividades prácticas de Laboratorio es

de vital importancia para la consecución de resultados satisfactorios, que cultiven el interés en la Microbiología y el aprendizaje de las ciencias en general, fomentando la capacidad de observación y aplicación práctica de lo aprendido. Esto favorecerá las habilidades de trabajo en equipo, la discusión en grupo y el desarrollo del espíritu crítico individual. Como lo menciona Sanmartí y Márquez (2017), comprende el desarrollo de capacidades relacionadas con el pensamiento crítico, la reflexión y la participación, las cuales influyen en la toma de decisiones individuales y colectivas.

En respuesta a esto, el diseño y desarrollo de esta propuesta didáctica se abordó desde el aprendizaje basado en la indagación, un enfoque de enseñanza que favorece el desarrollo de habilidades de razonamiento científico (Eagan et al., 2013), sumado a las habilidades prácticas. En este trabajo se utilizó un enfoque de aprendizaje participativo para identificar las necesidades de docentes y desarrollar una herramienta experimental para enseñar Microbiología a estudiantes de Secundaria en sus aulas. Este enfoque contó con la participación activa del profesorado de Biología de Secundaria y Microbiólogos de la Universidad. En este contexto, este trabajo presenta los resultados de un esfuerzo interinstitucional para introducir una herramienta en la planificación de una estrategia de aprendizaje por indagación. Esta herramienta práctica se utilizó en el aula e introdujo la Microbiología práctica en actividades de la secundaria de Uruguay.

Desarrollo

En Uruguay, la enseñanza práctica de la Microbiología en Educación Secundaria es escasa, o nula. Por este motivo, para el desarrollo de prácticas de Laboratorio en la enseñanza de esta ciencia, entendimos necesarias tres etapas en la propuesta metodológica. Etapa 1: evaluar las necesidades que tienen docentes y estudiantes de secundaria, a la hora de abordar el estudio de la Microbiología de forma práctica;

Etapa 2: elaborar contenidos para actividades prácticas que ayuden a promover el estudio de la Microbiología en los laboratorios y aulas de secundaria de forma experimental, invitando a docentes a contribuir en el diseño de las herramientas. Etapa 3: validar a través de la experiencia directa del trabajo de docentes con estudiantes, la puesta en práctica de la herramienta desarrollada.

Estas etapas fueron conducidas en el marco del proyecto titulado “Desarrollo de herramientas prácticas para la enseñanza de la Microbiología en el aula”, que se realizó con el apoyo institucional de la Universidad de la República, representada por la Unidad de Educación Permanente y el Laboratorio de Microbiología de Suelos de la Facultad de Ciencias y la Inspección de Biología del Consejo de Educación Secundaria, que pertenece a la Administración Nacional de Educación Pública.

Etapa I: Encuesta a profesores de Biología

En esta etapa, la metodología empleada fue la realización de una encuesta virtual, la cual se diseñó para obtener respuestas por múltiple opción o breves respuestas cortas

a preguntas concretas mediante la plataforma “*Formularios de Google*” (Anexo 1). Dicha encuesta fue destinada a profesores de Biología y preparadores de laboratorios prácticos de la misma área y se difundió electrónicamente a través de la Asociación de Profesores de Biología de secundaria. El objetivo de la encuesta fue identificar y evaluar las limitaciones y necesidades del profesorado, para la enseñanza práctica de la Microbiología en la educación secundaria.

Obtuvimos un total de 84 respuestas, entre docentes y preparadores de Biología. Las respuestas cubrieron 18 de los 19 departamentos del territorio nacional. Es de destacar que el 91,7% desempeña sus funciones en instituciones públicas, y un 60% cuenta con más de tres años de experiencia en la enseñanza de Biología. Los resultados del estudio mostraron que el colectivo docente no incluye ninguna actividad práctica de Microbiología en sus aulas, por diversas razones. Las principales razones son: la falta de equipo adecuado, la falta de capacitación y las preocupaciones de salud y seguridad. Es de destacar que las y los docentes respondieron que, a pesar de que tienen interés y entienden la importancia de la enseñanza de la Microbiología, percibían una falta de orientación adecuada en las especificaciones de los Planes de Estudio de cómo introducir el tema, y ningún apoyo técnico-profesional (94,1%). El profesorado también se dirigió a la falta de herramientas apropiadas para las actividades experimentales en el aula (84,7%) y la disponibilidad de bibliografía adecuada (75,3%). Con el fin de identificar el orden de prioridad de los diferentes objetivos prácticos que se proponen con esta herramienta, en el contexto de los distintos Planes de Estudio, se les pidió a docentes que numeren del 1 al 5 los posibles temas de interés, dónde el #1 correspondiera a la opción de mayor relevancia en el marco de su programa, y #5 correspondiera a la opción de menor interés. En esta respuesta, casi un tercio de los 84 encuestados eligió la diversidad de microorganismos del suelo a través de cultivo como elección # 1 (28%), mostrando la relevancia de este aspecto para una buena parte de las y los docentes. En cambio, la mitad concuerda en que la cuantificación de microorganismos del suelo sería la última opción o #5 (50%) (Figura 1).

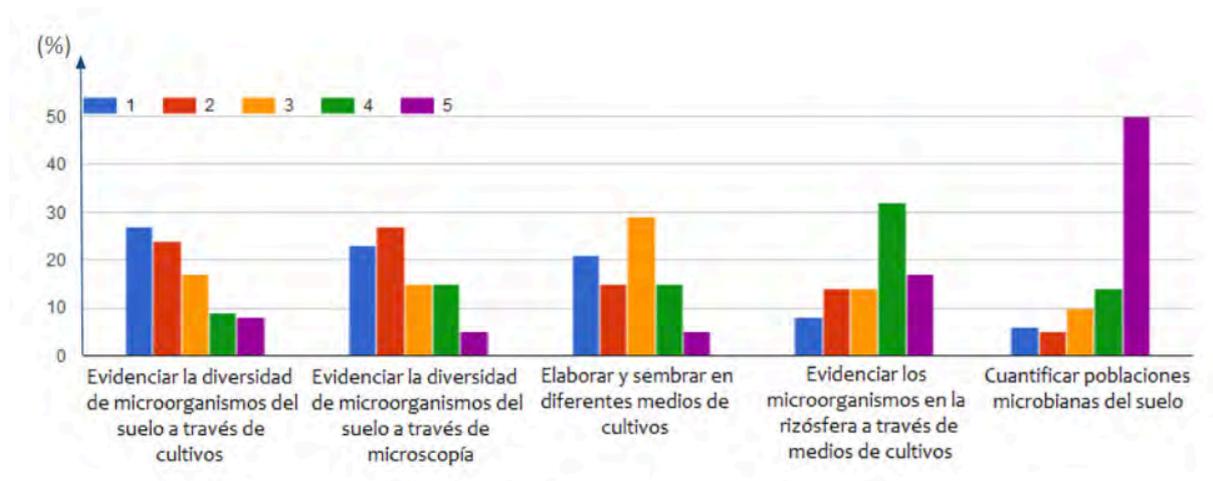


Figura 1: Porcentaje de respuestas a la pregunta: “Ordene las siguientes actividades experimentales de acuerdo a su interés de recibir material para la realización” (N=84). Las actividades propuestas se enumeran del 1 al 5, siendo 1 la de mayor interés y 5 la de menor interés.

En la modalidad de preguntas cortas abiertas, docentes expresaron algunos temas de interés que citamos a continuación: Identificación de hongos, realizar un proyecto de investigación, alguna práctica asociada a microorganismos del compost, actividades que relacionen microorganismos con enfermedades de las plantas y las variables que intervienen, formas de comprobar que los abonos orgánicos son mejores que los químicos.

Etapa II. El diseño de la herramienta

Sabemos que la participación de docentes en los procesos de elaboración curricular es fundamental, pero las oportunidades de espacios de intercambio y comunicación de profesores en los procesos destinados a la elaboración de contenidos y herramientas didácticas son escasos. Por dicha razón, en esta etapa docentes y preparadores que contestaron la encuesta fueron convocados vía mail para participar de Talleres orientados al desarrollo de una herramienta práctica para la enseñanza de la Microbiología. El reto era diseñar una herramienta práctica, en un formato accesible, para su utilización en institutos de enseñanza secundaria, de acuerdo a los contenidos y necesidades emergentes de la encuesta (Etapa 1).

Entre docentes y preparadores, 71,4% de los encuestados participaron del Taller teórico-práctico, donde se los invitó a experimentar por sí mismos un "prototipo" de herramienta para el estudio de microorganismos del suelo, la cual fue propuesta por las docentes del Laboratorio de Microbiología de Suelos de Facultad de Ciencias. El prototipo contempló todas las inquietudes y demandas que surgieron como resultado de la encuesta, entre otras, considerar el estudio de hongos y bacterias, medios de cultivo completos, selectivos y diferenciales, para evidenciar características bioquímicas, recuentos de microorganismos de una muestra compleja, y sobre todo evaluar la biodiversidad de microorganismos cultivables de una muestra de suelo. Se organizaron Talleres teórico-prácticos en el transcurso de 2 años, en la capital y en el interior del país. En esta etapa, también se sumó un grupo de estudiantes de Biología del Centro de Formación Docente del interior del país. En el Taller, cada participante ejecutó la actividad práctica, utilizando el prototipo, y al final se les presentaron los posibles resultados que podrían obtener luego de un tiempo suficiente de incubación de los microorganismos a temperatura ambiente. Los y las docentes trabajaron de forma práctica y evaluaron la herramienta, la cual permite la cuantificación de los diferentes microorganismos de una muestra de suelo y, al mismo tiempo, permite evidenciar las diferentes morfologías de colonias y su metabolismo. Los diferentes grupos morfológicos pueden ser contados y los datos pueden ser utilizados para estimar la biodiversidad de los microorganismos cultivables. Los resultados se analizaron en conjunto y se utilizaron protocolos de resolución del práctico para distintos niveles. Se propuso la resolución de varios prácticos para el desarrollo de distintas habilidades: concepto de resistencia a antibióticos y metabolismo (Anexo 2.a); método de diluciones seriadas y recuentos en placa de una muestra de suelo (Anexo 2.b); reconocimiento de distintos microorganismos (bacterias, hongos filamentosos y levaduras) y sus características morfológicas, posibles cálculos de un índice de biodiversidad basado en morfotipos (Anexo 2.c).

Durante el Taller, se discutió con docentes las fortalezas y debilidades de la herramienta para su utilización en el marco de proyectos de indagación o clases prácticas con su alumnado. En esta fase también se evaluaron, junto al profesorado y la inspección de secundaria, las capacidades institucionales para la implementación y puesta en práctica de la herramienta y la guía docente, que sería utilizada en una etapa experimental. Participaron profesores de diferentes Liceos de contextos socioeconómicos variables. Durante los Talleres, se realizaron varias sugerencias por parte de docentes, que se incorporaron a la versión final del prototipo. Las principales sugerencias fueron asociadas a cuestiones de seguridad para trabajar en el aula, la flexibilidad en la actividad de Laboratorio con otras actividades curriculares, la posibilidad de realizar preguntas de investigación y considerar materiales suficientes para realizar la comparación de dos muestras o de diferentes condiciones abióticas de incubación.

En relación a dichas sugerencias, desde Inspección se organizaron salas y talleres en los que se trabajó con las características de las preguntas investigables, según lo expresado por Sanmartí y Márquez (2017), vinculadas a su contextualización, apertura (que sea abierta pero acotada a dos variables), que la respuesta se obtenga del trabajo de campo o laboratorio y que pueda ser comparativa. Esta última, aunque no es una condición necesaria favorece la elaboración de las preguntas investigables.

Asimismo, sobre la base de las sugerencias de profesores, la herramienta fue rediseñada para que estudiantes trabajen en grupos pequeños y con material suficiente para realizar una actividad práctica basada en la metodología de aprendizaje por indagación, enfocada en una postura epistemológica del docente para enseñar ciencia de forma similar a la construcción del conocimiento científico. El producto final fue denominado MicroKit® y cuenta con los siguientes componentes: tres medios de cultivo, uno para hongos (etiquetado "Hongos", con antibiótico para evitar crecimiento de bacterias); otro para bacterias (etiquetado "Bacterias", con antifúngico y un indicador de pH); y un tercer medio para microorganismos mesófilos aerobios totales (etiquetado "Totales"), jeringas descartables sin aguja para realizar las diluciones seriadas, rastrillos descartables para esparcir las células sobre el medio de cultivo, los tubos para las diluciones con un soporte de cartón desplegable, así como una cuchara medidora para tomar la muestra. Todo el material se encuentra estéril y pronto para utilizar en el Laboratorio. Se incluyó una serie de tubos con suero fisiológico para hacer diluciones seriadas de la muestra escogida. El primer tubo, además, contiene tween para facilitar el desprendimiento de los microorganismos durante la agitación (Figura 2). El material de formación y las directrices fueron diseñadas para ser utilizados por profesores y estudiantes en el aula. Además, se incluyeron pautas de bioseguridad para el descarte del material en los Laboratorios de enseñanza (Anexo 2.a).



Figura 2: a) Presentación de los componentes del MicroKit® envasados al vacío. b) Foto de placas sembradas por un grupo de docentes durante el taller “Desarrollo de MicroKits para laboratorios prácticos de Microbiología”, luego de una incubación a temperatura ambiente durante 48 h. se observa el crecimiento de colonias de bacterias, hongos filamentosos y levaduras sobre los medios de cultivo.

Etapa III. Experimentación y preparación de resultados

Luego de los Talleres, los y las docentes decidieron cómo planificar la experimentación en el aula. Cada profesora y profesor adaptó la herramienta con el fin de centrarse en las necesidades específicas que requieren los objetivos del Plan de Estudios, correlacionados con su programa de horas de clase, y los grupos de estudiantes. Si bien las temáticas se abordaron teóricamente en todas las clases, cada docente seleccionó al grupo de estudiantes para realizar esta experiencia, y se trabajó con grupos de 10 a 20 alumnos y alumnas. Durante el proceso de indagación, el alumnado trabajó de manera autónoma convirtiéndose en protagonista directo de su aprendizaje, mientras que el profesorado actuó como guía en el proceso. En el transcurso del proyecto, docentes utilizaron diferentes estrategias para orientar al estudiantado en la elaboración de la pregunta investigable a partir de un tema curricular, identificando diferentes variables a partir del planteo de interrogantes y permitiendo que seleccionen la variable que quieren investigar. Por ejemplo, que comparen suelo y arena, o diferentes suelos, o el suelo en el monte nativo o el suelo de una huerta, entre otras variables, que pueden incidir en los microorganismos que habitan en cada lugar. Así, el alumnado, a partir de la pregunta investigable, planteó los objetivos y las hipótesis con la guía de sus docentes. Además, realizaron el diseño metodológico que les permitiría responder a la pregunta y posteriormente procedieron a la experimentación realizando el sembrado en los medios de cultivo. Efectuaron observaciones de dichos medios, macro y microscópicas, luego de algunos días del sembrado y durante cierto tiempo. Analizaron resultados y elaboraron conclusiones. Durante todo el proceso revisaron bibliografía sobre microorganismos del suelo.

Si bien la herramienta está directamente relacionada al estudio de los microorganismos del suelo, permitió la interacción con otros docentes y la integración de otras disciplinas, tales como Matemáticas (cálculo de la población de microorganismos), Biología y Ecología

(aspectos conceptuales básicos de especie, biodiversidad, condiciones de crecimiento microbiano y adaptación a un medio selectivo). Además, en este proceso de puesta en práctica de la experiencia, existieron instancias de tutorías a distancia para docentes que participaron en esta etapa que estuvieron a cargo del profesorado del Laboratorio de Microbiología de Suelos, y fueron a modo de consulta y orientación.

Finalmente, los resultados de la experiencia fueron presentados en forma de póster siguiendo la metodología científica. Las preguntas de indagación desarrolladas en la actividad experimental fueron en las siguientes temáticas: 1) Descubriendo la biodiversidad de los microorganismos del suelo; 2) Donde tenemos mayor biodiversidad de microorganismos, ¿en el suelo o en la arena?; 3) Determinar cuántos microorganismos tienen dos muestras distintas de suelo; 4) Microorganismos del suelo del monte nativo; 5) Los microorganismos de la huerta; 6) Incidencia de la urea sobre los microorganismos del suelo (Anexo 3). La producción del poster científico resume en forma gráfica el resultado global del proceso de aprendizaje por indagación, poniendo en evidencia las etapas del saber científico: 1) búsqueda de antecedentes teóricos y definición del problema; 2) formulación de hipótesis (razonamiento deductivo); 3) recopilación y análisis de datos; 4) confirmación o rechazo de hipótesis; 5) resultados; 6) conclusiones.

La exposición de posters se realizó en una Jornada de Ciencia abierta al público, donde se invitaron Liceos y Escuelas de los alrededores de la Facultad de Ciencias, en Malvín Norte. Esta actividad denominada "ConCiencia en el aula" fue organizada por la Unidad de Educación Permanente de Facultad de Ciencias con el apoyo de Decanato y tuvo lugar en el hall de la Facultad. Profesores y estudiantes expresaron en entrevistas informales que esta actividad fue muy valiosa (Castro, 2020), y se planea repetirla anualmente (Anexo 4).

Evaluación del aprendizaje en el aula

Los resultados presentados a través de posters se utilizaron como instrumento de validación de la experiencia llevada a cabo por docentes y estudiantes. Los posters y las opiniones reflejaron que el uso del MicroKit® estimuló la capacidad de formular preguntas de investigación, diseñar experimentos, interactuar con otros profesores y documentar e informar los resultados y conclusiones basados en la metodología científica. Estudiantes y docentes demostraron adquirir una nueva perspectiva sobre el mundo de los microorganismos y tomaron conciencia de su importancia. Además, la experiencia práctica despertó en el colectivo estudiantil la curiosidad, permitiendo que pueda exponer sus ideas e inquietudes, lo que favorece la motivación en la búsqueda de soluciones, fomentando finalmente, el interés por la ciencia.

De esta manera, se mejoró el desarrollo de la competencia científica de estudiantes en general, para toda la vida, así como también para el ingreso a Nivel Terciario, si es que siguen una carrera científica, dónde desarrollarán aún más estas técnicas y conocimientos.

Reflexiones finales

El enfoque de aprendizaje en redes, participativo y colaborativo, que involucre al personal docente de enseñanza secundaria y la Universidad, es un proceso valioso que permitió adecuar el diseño de una herramienta experimental aplicada al estudio de la Microbiología. Es así que se logró desarrollar una herramienta, en un formato accesible con guías prácticas, para la enseñanza de esta ciencia en los Laboratorios, buscando un enfoque de tipo más práctico-analítico, explicativo e integrador del conocimiento del mundo científico. La herramienta es de bajo costo y se adecúa a los Planes de Estudio de estudiantes.

A docentes les brindó la oportunidad de vincularse con una institución de investigación que les proporcionó una actualización en la disciplina y herramientas para orientar la indagación escolar, lo que favoreció transformar el modelo didáctico e incursionar en un enfoque socio-crítico, con la adopción de variadas estrategias de enseñanza y de aprendizaje, así como propender al desarrollo de competencias genéricas y científica, en las que el estudiantado fue protagonista.

De ese modo, se les permitió que aprendieran motivados, construir de forma activa su aprendizaje, plantear preguntas de su interés, en relación a su contexto y buscar la respuesta a través de la experimentación en Laboratorios de secundaria. Asimismo, lograron difundir sus proyectos de forma similar a las y los científicos, a través de la elaboración de posters y efectuar la defensa de los mismos en la Facultad.

La experiencia educativa fue valiosa y permitió establecer una relación de colaboración interinstitucional, para el fortalecimiento de la enseñanza de la Microbiología y, así, reducir la brecha entre el nivel de educación secundaria y universitaria (Castro, 2020). Se crearon vías de comunicación multidireccional con vínculos horizontales que propenden a que la comunicación pueda fluir en diferentes direcciones y desde diferentes emisores. De esta forma, se asegura que se pueda reiterar y/o extender la experiencia.

Referencias bibliográficas

- American Association for the Advancement of Science (2011). *Vision and change in undergraduate biology education: a call to action: a summary of recommendations made at a national conference organized by the American Association for the Advancement of Science*. July 15–17, Washington, DC. Recuperado de: <http://visionandchange.org/finalreport/>
- Castro, L. (7 de enero de 2020). La facultad de ciencias impulsa distintos proyectos para trabajar con niños y adolescentes. *La diaria*. Disponible: https://educacion.ladiaria.com.uy/articulo/2020/1/la-facultad-de-ciencias-impulsa-distintos-proyectos-para-trabajar-con-ninos-y-adolescentes/?utm_source=newsletter
- De Aquino López, J. A. (2015). *Estrategias docentes para la enseñanza de la Microbiología* (Tesis de maestría). Disponible en: <https://repositorio.unicach.mx/bitstream/20.500.12114/220/1/MECN%20579%20A69E%202015.pdf>

- Durango Zapata, M. I. (2012). *La Microbiología en la escuela: Una experiencia didáctica, aplicada a séptimo grado de educación básica* (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. Disponible en: http://bdigital.unal.edu.co/8318/2/la_microbiologia_en_la_escuela%2C_una_propuesta_didactica_aplicada_a_septimo_grado_de_educacion_basica.pdf
- Eagan, M.K.; Hurtado, S.; Chang, M.J.; García, G.A.; Herrera, F.A.; y Garibay, J.C. (2013). Making a Difference in Science Education: The Impact of Undergraduate Research Programs. *American Educational Research Journal*, 50 (4): 683-713. DOI: 10.3102 / 000283121348203
- Franco-Mariscal, A. J.; Blanco-López, A. y España-Ramos, E. (2016). Diseño de actividades para el desarrollo de competencias científicas. Utilización del marco PISA en un contexto relacionado con la salud. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14 (1): 38-53. Disponible en: <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3004>
- Frioni, L. (2006). *Microbiología: básica, ambiental y agrícola*. Montevideo: Departamento de Publicaciones de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República Oriental del Uruguay.
- Graham, M.; Frederick, J.; Byars-Winston, A.; Hunter, A-B y Handelsman, J. (2013). Increasing persistence of college students in STEM. *Science*, 341:1455–1456. DOI: 10.1126/science.1240487
- Madigan, M.T.; Martinko, J.M.; Bender, K.S.; Buckley, D.H. y Stahl, D.A. (2015). *Brock. Biología de los microorganismos* (14a. Ed.). Madrid: Pearson.
- Organisation for Economic Cooperation and Development, (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*, PISA, OECD Publishing, Paris. Disponible en: <https://DOI.org/10.1787/9789264255425-en>
- Pedrinaci, E. (Coord.); Caamaño, A.; Cañal, P. y de Pro, A. (2012). *El desarrollo de la competencia científica: once ideas claves*. Barcelona: Graó.
- Sanmartí, N. y Márquez, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1): 3-16. DOI: 10.17979/arec.2017.1.1.2020
- Seymour, E.; Hunter, A.B.; Laursen, S.L. and DeAntoni, T. (2004). Establishing the benefits of research experiences for undergraduates in the sciences: First findings from a three year study. *Science Education*, 88: 493-534. DOI:10.1002/sce.10131
- Solbes, J. y Tarín, F. (2007) ¿Qué hacemos si no coinciden la teoría y el experimento? (o los obstáculos de la realidad). *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 52: 97-106.
- Willey, J. M.; Sandman, K. y Wood, D. (2019) *Prescott's microbiology* (11th. Ed.). New York: McGraw-Hill.
- Wilson, K.J. y Rigakos, B. (2016). Scientific process flowchart assessment (SPFA): A method for evaluating changes in understanding and visualization of the scientific process in a multidisciplinary student population. *CBE—Life Sciences Education*, 15(4):ar63, DOI:10.1187/cbe.15-10-0212
- Zabala, J.P. y Rojas, N.F. (2020). Historia de la Microbiología en América Latina desde la perspectiva de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología. *Diálogos Revista Electrónica de Historia*. 21(1): 138-165. DOI: 10.15517/dre.v21i1.39376. ISSN: 1409-469X

Anexo 1. Encuesta a docentes y preparadores de biología de secundaria

1. Ordene las siguientes actividades experimentales de acuerdo a su interés en recibir material para su realización

(Número 1 para la que considere de mayor interés al número 5 para la de menor interés)

- Evidenciar la diversidad de microorganismos del suelo a través de cultivos
- Evidenciar la diversidad de microorganismos del suelo a través de microscopía
- Elaborar y sembrar en diferentes medios de cultivos
- Evidenciar los microorganismos en la rizósfera a través de medios de cultivos
- Cuantificar poblaciones microbianas del suelo

Otras actividades que considere relevantes:

2. Especifique en qué semestre podría realizar la actividad de interés

- Primer semestre 2018 (marzo - julio)
- Segundo semestre 2018 (julio - octubre)

3. Marque lo que desea recibir

- Asesoramiento
- Materiales para la experimentación
- Bibliografía

4. ¿Hace cuánto tiempo es docente de Biología?

- Es el primer año
- Menos de 3 años
- Más de 3 años

5. Ud. se desempeña en

- Institución pública
- Institución privada

6. Especifique en qué Departamento se desempeña

De estar interesad@ en participar de la propuesta, le pedimos nos deje su nombre e información de contacto en vista a poder tener un encuentro con usted

Contacto: Nombre, Mail, Teléfono (opcional)

Anexo 2.A. Presentación y protocolo de descarte del microkit “biodiversidad”



PRESENTACIÓN

El MicroKit es una herramienta propuesta por el Laboratorio de Microbiología de Suelos de la Facultad de Ciencias para implementar actividades prácticas de Microbiología en secundaria. Ha sido diseñado para el estudio comparativo de la biodiversidad de microorganismos (hongos y bacterias) de dos muestras de suelo distintas. Se propone la realización de un experimento fácil y visualmente atractivo, que permite trabajar varios conceptos relacionados a la microbiología y particularmente a la ecología microbiana de manera práctica en el aula.

El formato propuesto, en condiciones de vacío, permite protegerlo de posibles contaminaciones y que su forma sea más compacta. Este Kit contiene los materiales necesarios para realizar recuentos de microorganismos, utilizando medios de cultivo diferenciales y selectivos para el reconocimiento de hongos y bacterias del suelo.

CONTENIDO DEL MICROKIT (controlar con las casillas)

- 6 placas de Petri conteniendo 3 medios de cultivo estériles distintos:
 - 2 **Totales** (amarillo), 2 **Bacterias** (azul), y 2 **Hongos** (rojo).
- 4 rastrillos estériles
- 2 tubos tipo *Falcon* con 45mL de solución salina y Tween* estéril
- 6 tubos tipo *Falcon* con 9mL de solución salina estéril
- 8 jeringas de 1mL estériles
- 2 cucharas medidoras
- 2 soportes para los tubos

*Tween: surfactante que separa las células microbianas de la matriz del suelo.

OTROS MATERIALES (no incluidos)

- Alcohol 70% o de mayor concentración para la limpieza de mesadas y manos
- 4 mecheros (o al menos uno por mesada de manipulación de material estéril)
- Lugar seco y oscuro para incubar las placas
- Blusas o batas de laboratorio (pueden llevar una remera grande para ponerse por encima cuyo uso sea únicamente para el laboratorio)
- Lupa, microscopio, portaobjetos y cubreobjetos si desea observar los microorganismos de cerca, así como sus estructuras en el caso de los hongos
- Cinta adhesiva para pegar la base de los soportes para tubos
- Material para tinciones de hongos, y bacterias (GRAM)

MEDIOS DE CULTIVO

Los **medios de cultivo** son un sustrato estéril con los nutrientes necesarios para el desarrollo de microorganismos. Según el tipo de medio y las condiciones de crecimiento serán los microorganismos que obtendremos. En el presente kit podrán encontrar 3 medios de cultivo distintos:

- ❖ **TOTALES** (amarillo): medio rico no selectivo que permite el crecimiento tanto de hongos como de bacterias, permitiendo evaluar cuál de estos dos grupos coloniza primero la placa.
- ❖ **BACTERIAS** (azul): medio rico selectivo adicionado de Anfotericina B, un antifúngico, de esta manera seleccionamos las bacterias y eliminamos los hongos de nuestra placa. El color se debe al agregado de azul de bromotimol, un colorante indicador de pH. Cuanto más básico sea el pH, más azul se pone el medio de cultivo; y cuanto más ácido, más amarillo. Si el medio cambia de color al haber crecimiento bacteriano, significa que las bacterias están liberando sustancias que modifican el pH del medio.
- ❖ **HONGOS** (rojo): medio rico selectivo adicionado de Estreptomina, un antibiótico que elimina las bacterias (procariotas) y permite el crecimiento de hongos (eucariotas). El color se debe al agregado de rosa de bengala, un colorante que disminuye el crecimiento de los hongos para que éstos no ocupen toda la placa y se superpongan unos con otros, permitiendo una mejor identificación.

DESECHOS

Una vez terminado el experimento y el análisis de resultados, se tapan con hipoclorito de sodio los medios de cultivo y se tapa durante algunas horas o hasta el día siguiente antes de quitarles el medio de cultivo y tirarlas, o lavarlas si es que se quieren guardar.



LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE SUELO
Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales



Anexo 2.B. Protocolo de experimentación del microkit "biodiversidad"

**MICRO
KIT**

**PROTOCOLO DE EXPERIMENTACIÓN
(ESQUEMA PASO A PASO)**

¡ATENCIÓN!

Antes de comenzar...

Abrir la bolsa de manera horizontal para evitar que se abran las placas de Petri.
Extraer los soportes blancos plegados (identificados para cada muestra verde y naranja). Armarlos y colocar los tubos en orden siguiendo sus etiquetas.

- ✓ Limpiar las mesadas con alcohol 70%
- ✓ Colocar los mecheros a unos 40cm de distancia sobre la mesada para poder trabajar entre ellos
- ✓ Colocar los soportes con los tubos y las placas con los medios de cultivo entre los dos mecheros.
- ✓ Cuidado de no abrir los tubos y las placas antes de prender los mecheros, ya que éstos generan un ambiente libre de microorganismos entre ellos.

PASO 2

Diluciones seriadas de las muestras

Agitar siempre antes de tomar 1mL

= Trabajar entre los mecheros en este paso

PASO 1

Preparación de las muestras de suelo

- Tamizar las muestras
- Llenar la cucharita medidora al ras

PASO 3

Siembra de las muestras

- Tomar 0.1mL con la jeringa y depositar en el medio de la placa
- Rastrillar a 45°. Girando la placa con la otra mano

PASO 4

Oscuridad Incubación 24 - 72hs Controlar cada 24hs

Temperatura ambiente Poner el medio hacia arriba

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE SUELO
Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales

Autoras: Adriana Montañez, Carla Silva, Tania Trasante

Institución: Laboratorio de Microbiología de suelos, Facultad de Ciencias

Fuente: Instructivo del MicroKit "Biodiversidad"

Anexo 2.C. Propuesta práctica del taller “desarrollos de microkits para laboratorios prácticos de microbiología”

PRÁCTICO 2: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

1. RECUENTO EN PLACA

Cuento el número de unidades formadoras de colonias (UFC) de totales, hongos y bacterias y calculo el número por gramo de peso fresco de la muestra.

Microorganismo	Nº UFC	Inverso Volumen sembrado (1/0.1)	Inverso Dilución (10 ⁴)	UFC.g ⁻¹ (Nº ufc x 10 x 10 ⁵)
Totales				
Bacterias				
Hongos				

2. BIODIVERSIDAD

Describo un *Morfotipo de Hongo*(MH) y un *Morfotipo de Bacteria* (MB)

Observación	Caracteres morfológicos	Descripción	MH
Macroscópica	Tipo de hongo	Micelio/Levadura	
	Tamaño	Diminuto/pequeño/mediano/grande/gigante	
	Color	Unificar criterio color	
	Superficie	Algodonosa/agamuzado/áspero/farináceo/arrugada/	
	Densidad	Traslucida/opaca/gomosa	
	Forma	Circular/puntiforme/rizoide/irregular	
	Margen	Entero/ondulado/lobular	
Microscópica	Elevación	Plano/elevado/convexo	
	Hifas	Septadas/aseptadas	
	Estructuras especiales	Conidióforo/Esporangio/Clamidiospora/ Artrósora/Fructificación/Cistidio/otro...	
	Color esporas	Unificar criterio color	

Observación	Caracteres morfológicos	Descripción	MB
Macroscópica	Tamaño	Diminuta/pequeño/mediana/grande/gigante	
	Color	Unificar criterio color	
	Superficie	Mate o brillante/Lisa o rugosa/Seca o cremosa	
	Densidad	Traslucida/opaca/gomosa	
	Forma	Puntiforme/Circular/Filamentosa/irregular/Rizoide/Fusiforme	
	Margen	Entero/ondulado/lobular/filamentoso/espiral	
	Elevación	Plano/Elevado/Convexo/Crateriforme/Umbonada	
Microscópica	Forma	Coco/bacilo	
	Gram	Positivo/negativo	

3. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WEAVER (H')

$$H' = - \sum_{i=1}^R p_i \ln p_i$$

Riqueza (R)	Abundancia relativa (P _j)	Índice de Shannon (H')
R =	P _i =	H' =

Autoras: Adriana Montañez, Carla Silva, Tania Trasante

Institución: Laboratorio de Microbiología de suelos, Facultad de Ciencias

Fuente: Guía de prácticos – Taller teórico-práctico “Desarrollo de Microkits para laboratorios prácticos de Microbiología” Curso de Educación Permanente (UdeP-FCien)

Anexo 3. Pósters presentados por los docentes y sus estudiantes



Autores:

1) Grupo de 1er año del ciclo básico -Docente: Prof. Ana Claudia García
Estudiantes participantes: 30 - Edad: 13 años

2) Grupo de 3er año del ciclo básico - Docente: Prof. Ana Moreno
Estudiantes participantes: 10 - Edad: 15 años

3) Grupo de 6 año Ciencias Agrarias - Docente: Prof. Gabriel Parodi
Estudiantes participantes: 5 - Edad: 17 años

4) Grupo de 5º año Biológico - Docentes: Prof. Sandra Cabrera y Prof. Andreína Pereira

Estudiantes participantes: 8 - Edad: 16 años

5) Grupos de 1er año del ciclo básico (7, 9 y 10) - Docente: Prof. Gissella Giachino

Estudiantes participantes: 5 - Edad: 12 y 13 años

6) Estudiantes de profesorado en Ciencias Biológicas - Docente: Prof. Rosana Olivera Godoy

Estudiantes participantes: 4 - Edad: +18

Instituciones: 1) Liceo nº29 de Montevideo, 2) Liceo nº5 de Florida, 3) Instituto Crandon, 4) Liceo nº1 de Florida, 5) Liceo nº16 de Montevideo, 6) Ce.R.P. del Norte, Rivera

Evento: 1era Jornada "ConCiencia en el aula" (2019), organizada por la Unidad de Educación Permanente de Facultad de Ciencias.

Anexo 4. Material audiovisual divulgado por la unidad de educación permanente de facultad de ciencias en su canal de youtube

EVENTO "CONCIENCIA EN EL AULA" REALIZADO EL 22 DE NOVIEMBRE DE 2019

[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=DA5JYEKGMZQ&T=165S](https://www.youtube.com/watch?v=DA5JYEKGMZQ&T=165S)

"CIENCIA CONCIENCIA" EN EL CERP DEL NORTE

[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=FGNNU_VXYVK&T=51S](https://www.youtube.com/watch?v=FGNNU_VXYVK&T=51S)