

Experiencia práctica: socialización de conceptos, aplicaciones y beneficios de la biotecnología en Costa Rica
Practical experience: socializing the concepts, applications and benefits of biotechnology in Costa Rica

Emanuel García-Jiménez¹
Andrés M. Gatica-Arias^{1*}
Frank Solano-Campos²
Ana Abdelnour-Esquivel³

1. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, 2060 San Pedro, Costa Rica; emanuelgarciaj@gmail.com, andres.gatica@ucr.ac.cr
2. Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica; frank.solano.campos@una.ac.cr
3. Escuela de Biología, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Cartago, Costa Rica; aabdelnour@itcr.ac.cr

* Correspondencia

Recibido 22-X-2018

Corregido 21-XII-2018

Aceptado 17-I-2019

Abstract

Biotechnological processes have accompanied humanity since the beginning of civilization; proof of this is the use of yeasts for the preparation of bread, wine and beer. Biotechnology has also been fundamental in the improvement of plants and animals that are part of the human diet; and *in vitro* culture techniques have accelerated the processes for obtaining better crops for our growing population. The project “Biotechnology for everyone: Socialization of concepts, applications and benefits” socializes the concepts, applications and benefits of biotechnology among educators, opinion-forming groups, and producers in the agricultural and food sectors. The project has successfully used new technologies to reach its goals.

Key words: biotechnology; science communication; society; teacher training.

Resumen

Experiencia práctica: socialización de conceptos, aplicaciones y beneficios de la biotecnología en Costa Rica. Los procesos biotecnológicos han acompañado a la humanidad desde el inicio de la civilización; prueba de esto es el uso de levaduras para preparar pan, vino y cerveza. La biotecnología también ha sido fundamental en el mejoramiento de plantas y animales que son parte de la dieta humana; y las técnicas de cultivo *in vitro* han acelerado el proceso de obtener mejores cultivos para nuestra creciente población. El proyecto “Biotecnología para todos: socialización de conceptos, aplicaciones y beneficios” socializa los conceptos, aplicaciones y beneficios de la biotecnología entre educadores, grupos formadores de opinión, y productores de

los sectores de agricultura y alimentos. El proyecto ha utilizado exitosamente nuevas tecnologías para lograr sus objetivos.

Palabras clave: biotecnología; comunicación de la ciencia; sociedad; formación docente.

Introducción

Los procesos biotecnológicos han acompañado al ser humano desde el inicio de la civilización hasta la actualidad. Así, la biotecnología es una disciplina tecnológica y se define de manera amplia, como “toda aquella actividad que utiliza organismos vivos o sus compuestos para la obtención de productos (alimentos, vacunas, antibióticos, etc.) o servicios (descontaminación ambiental, energías limpias, etc.) de valor para el ser humano” (Malajovich, 2016). La biotecnología, sin ser una ciencia *per se*, depende de la aplicación de los conocimientos y descubrimientos de la investigación científica fundamental. Ejemplos de ello, son el uso de levaduras para fermentar pan en el antiguo Egipto; y el uso de las técnicas de cultivo *in vitro* durante las últimas décadas de los siglos XX y primeras del XXI, y en la actualidad las herramientas de transformación genética y edición de genomas para el mejoramiento de las plantas y animales que forman parte de la dieta de los humanos (Liébana, 2006; Jung, Capistrano-Gossmann, Braatz, Sashidhar, & Melzer, 2018).

La biotecnología se caracteriza por ser multidisciplinaria y englobar actividades de agrónomos, químicos, biólogos, veterinarios, médicos, abogados, ingenieros, genetistas y biólogos moleculares, entre otros. Por lo tanto, se puede aplicar a una gran cantidad de áreas, como la agricultura, la salud, la alimentación, el medio ambiente, la industria o la producción de energía.

En Costa Rica el desarrollo de la biotecnología se ha visto impulsado por Centros de Investigación adscritos a las universidades estatales (Universidad de Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica y Universidad Nacional) y por la creación de carreras de Biotecnología que han aportado más de 800 graduados, que están contribuyendo con el desarrollo del país en las diferentes áreas de esta disciplina. En el año 2004 se publicó un estudio cuyo objetivo fue analizar el estado actual de la biotecnología en Costa Rica, en el periodo de 1998 a 2002. De dicho estudio se observó que son diversas las áreas de acción de la biotecnología en las que Costa Rica ha incursionado. Se determinó que el área donde se ubican la mayor proporción de investigadores es la de Bio-agro (57 %), seguida por la de Bio-salud (19 %) y la de procesamiento de alimentos (9 %). Respecto a la cantidad de proyectos de investigación, un 42 % de los investigadores está a cargo de cuatro o más proyectos de investigación. Se determinó que existe una alta participación femenina (54 %) en la investigación biotecnológica del país y que la mayoría de los investigadores son nacionales (87 %) (Valdez, López, & Jiménez, 2004).

El tamaño del mercado global de la industria biotecnológicas para 157 compañías seleccionadas se estimó en 1 144 millones de euros en el periodo 2016-2017 (Hernández et al., 2017). América del Norte dominó el mercado general en términos de ingresos en 2016, seguido por Europa, Asia y América Latina (Grand View Research, 2017). A pesar, que la Biotecnología una disciplina que tiene tantos campos de acción y una inversión a nivel mundial tan fuerte en investigación y desarrollo, existe un desfase en el conocimiento y comprensión de lo que la biotecnología implica para los grupos de la sociedad no especializados en el tema, por lo que se vuelve necesario hacer accesible a estos grupos información básica, relevante y entendible basada en evidencia científica,

para que puedan desarrollar su propio criterio para decidir si aceptar o no alguna técnica (Aliter, 2012; Ruiz, 2012).

En Costa Rica no existen estudios recientes sobre el conocimiento, la percepción o las actitudes de la población hacia la biotecnología y sus aplicaciones. La información más actualizada corresponde a la encuesta nacional realizada por Sittenfeld & Espinoza (2002), para determinar la percepción de la sociedad costarricense con respecto a los organismos genéticamente modificados (OGM). Entre los principales hallazgos se encontró que un 55 % de las personas encuestadas afirmaron no haber oído nunca hablar de plantas y animales genéticamente modificados. Las personas con altos niveles de educación respondieron positivamente a los cultivos transgénicos en términos de aceptación y temas ambientales y de seguridad alimentaria; en comparación con las personas de bajos ingresos y los grupos de bajos niveles de educación que respondieron con más frecuencia a “no saben” o simplemente “no respondieron” (Sittenfeld & Espinoza, 2002).

A nivel internacional, el interés de conocer la percepción de diferentes sectores de la población sobre la biotecnología motivó la realización de encuestas desde hace más de 20 años en países como Japón, Italia, Malasia y España. En Japón, el 84.4 % y el 74.2 % de los profesores de colegio y científicos, respectivamente, demostraron tener conocimiento acerca de los avances en biotecnología, mientras que solo el 32.5 % del público en general podría explicar el término biotecnología a un amigo. De la misma manera, el 93.5 % y el 97.4 % de los profesores de colegio y científicos, respectivamente, respondieron que los desarrollos en biotecnología son importantes, comparado con un 84.9 % del público en general (Macer, 1994). Por otro lado, en Italia detectaron que, al comparar entre expertos y el público, este último percibía todas las aplicaciones de la biotecnología como más peligrosas y menos útiles (Savadori et al., 2004). Más recientemente y a nivel del estudiantado de secundaria, investigadores en Malasia, detectaron un nivel medio de conocimiento, percepción y actitud hacia la biotecnología, y proponen el mejorar el currículo nacional para facilitar la habilidad de la sociedad de hacer juicios informados y para evaluar de manera racional y relevante los aspectos positivos de la biotecnología. Ellos concluyeron que existe una relación entre el conocimiento del estudiante en el tema y su actitud hacia la biotecnología (Bahri, Suryawati, & Osman, 2014). Adicionalmente, investigadores españoles concluyeron que, a menor conocimiento, mayores fueron los niveles de desconfianza respecto a la biotecnología y la ingeniería genética, lo que evidencia que mejores programas educativos podrían desarrollarse para que el consumidor identifique los beneficios y riesgos potenciales que tienen estas tecnologías (Viedma-Viedma, Balanza-Galindo, Nicolás, & Serrano-Megías, 2015).

La importancia de la comunicación y la divulgación de la ciencia

La comunicación de la ciencia es todo el conjunto de acciones que se implementan para informar los procesos, conocimientos y resultados de la labor científica. De acuerdo con Vargas, Álvarez, Montenegro, & Marín (2015) estas acciones pueden enfocarse en uno o varios públicos específicos de la sociedad y pueden ser llevadas a cabo por los mismos investigadores que desempeñan la labor científica o bien por profesionales de la comunicación especializados.

La divulgación científica, que es un proceso de la comunicación que puede ser entendida como la popularización o la comunicación pública de la ciencia a públicos no especializados a través de actividades como el periodismo científico, educación científica y transferencia del conocimiento (Vargas et al., 2015).

Para Vargas et al. (2015), realizar acciones de comunicación y divulgación de la ciencia es de suma relevancia para la comunidad científica, ya que no sólo brinda reconocimiento y valoración, sino que también permite popularizar y acercar la ciencia a la sociedad.

Cuando se trata de biotecnología, Navarro (2009) plantea que la comunicación cumple un rol relevante para propiciar un entorno favorable, ya que posibilita un debate basado en la evidencia científica entre distintos sectores de la sociedad. Para lograr dicho debate, Traynor, Adonis, & Gill (2007) afirman que es necesario desarrollar un plan estratégico de comunicación para así mejorar el entendimiento de la biotecnología y cómo sus aplicaciones benefician a la sociedad.

El proyecto “Biotecnología para todos” se planteó cumplir sus objetivos a partir del uso de la comunicación social y la evidencia científica, por lo que seleccionó un enfoque desde la comunicación de la ciencia, utilizando específicamente la divulgación científica.

Materiales y métodos

Dada la necesidad de compartir información sobre la utilidad e importancia de la biotecnología para la sociedad costarricense, inició en el año 2015, el proyecto de extensión y acción social “Biotecnología para todos: socialización de conceptos, aplicaciones y beneficios” adscrito a la Universidad de Costa Rica, al Instituto Tecnológico de Costa Rica, y la Universidad Nacional y financiado mediante Fondos del Sistema del Consejo Nacional de Rectores (CONARE). El objetivo general del proyecto es socializar los conceptos, aplicaciones y beneficios de la biotecnología entre educadores, grupos formadores de opinión, y productores del sector agropecuario y de la industria alimentaria, para incrementar su aceptación y aprovechamiento a nivel nacional.

La planificación estratégica de la comunicación en general incluyó, siguiendo lo planteado por Traynor et al. (2007), necesidades de comunicación, planteamiento de los objetivos e identificación de los públicos a los que va dirigida, así como estrategias y tácticas de comunicación. Para ello, se desarrolló un Plan Estratégico de Comunicación para el proyecto “Biotecnología para todos”, con los siguientes objetivos específicos:

1. Capacitar a los educadores de ciencia y biología de educación secundaria (novenio año y educación diversificada) por medio de charlas, prácticas, demostraciones y discusiones de temas actuales en biotecnología.
2. Comunicar y actualizar a diferentes grupos de productores y extensionistas agropecuarios, de la industria alimentaria y formadores de opinión (políticos) sobre las diversas aplicaciones de la biotecnología.
3. Divulgar a la sociedad costarricense las aplicaciones y beneficios de la biotecnología en la vida cotidiana en el sector agrícola y ganadero, médico, industrial, marino y ambiental.

En Costa Rica, el Ministerio de Educación Pública (MEP) incluye como criterios de evaluación en el Programa de Estudio de Ciencias de Tercer Cielo de la Educación General Básica reconocer los aportes de la biotecnología en los campos agrícola, industrial, de salud pública, entre otros, como resultado de los avances de la ciencia y la tecnología, describir los aportes de los científicos costarricenses al mejoramiento de la calidad de vida, debatir acerca de las implicaciones de los avances de la ciencia y la tecnología y describir el aprovechamiento sostenible de los vegetales y

animales. Además, el programa de Estudio de Biología de la Educación Diversificada incluye, el fundamentar las aplicaciones e implicaciones de la biotecnología en diferentes contextos como un criterio de evaluación, para que el estudiantado reflexione sobre ellas (Ministerio de Educación Pública, 2012).

A partir del planeamiento anterior, se seleccionó a los educadores como uno de los públicos participantes del proyecto, para que éstos, a partir de información basada en evidencia científica, comuniquen a sus estudiantes los avances que se dan en biotecnología. Para dichas capacitaciones se realizó una convocatoria en colaboración con el MEP de profesores de educación secundaria de las siguientes localidades en Costa Rica: Buenos Aires, Ciudad Quesada, Desamparados, GAM (San José-Cartago, Heredia-Alajuela), Guácimo, Limón Centro, San Ramón, Paso Canoas, Puntarenas Centro y Santa Cruz. Así para este público participante se preparó material didáctico (presentaciones, afiches, plegables, folders, juego de carta, crucigrama, marca libros) alusivo a la biotecnología y se diseñó una capacitación bimodal de 40 h (16 h presenciales y 24 h no presenciales) referente a principios básicos de biología celular y molecular, tecnología del ácido desoxirribonucleico (ADN) recombinante, biotecnología agrícola, médica, ambiental, marina, industrial y bioseguridad de la biotecnología moderna. En cuanto al trabajo desarrollado en las h no presenciales, los educadores de secundaria debían planear e implementar una lección referente algún tema de la biotecnología con sus estudiantes.

También, grupos de productores y extensionistas agropecuarios de la industria alimentaria y los formadores de opinión se seleccionaron como público objetivo con el fin de reforzar los conocimientos básicos sobre las aplicaciones y los beneficios de la biotecnología. Para ello, se realizó la convocatoria de los productores y extensionistas agropecuarios y de la industria alimentaria con la ayuda de las unidades regionales del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y se convocó a los formadores de opinión (diputados, regidores municipales) mediante la solicitud de audiencias. Igualmente, para este público participante se preparó material didáctico (presentaciones, afiches, plegables, folders, juego de carta, crucigrama, marca libros) alusivo a la biotecnología.

Finalmente, para el tercer público participante, se prepararon notas, comunicados de prensa y programas de radio y televisión que permitan a la sociedad costarricense informarse objetivamente sobre conceptos, aplicaciones y beneficios de la biotecnología en la vida cotidiana. Además, los materiales generados se colocaron en redes sociales (página web del proyecto, Facebook y canal en YouTube). Asimismo, se diseñó una campaña de información en la ruta de buses La Periférica, en San José.

A partir del establecimiento del objetivo general y de los específicos, de los públicos participantes y los mensajes clave, se desarrollaron las estrategias y tácticas de comunicación que se describen en el tabla 1.

TABLA 1

Estrategias, mensajes clave y tácticas de comunicación desarrolladas para diferentes los públicos participantes en el proyecto “Biotecnología para todos”

TABLE 1

Strategies, key messages and tactics developed for different target audiences of the project “Biotechnology for everyone”

Estrategia	Tácticas
------------	----------

Sentando las bases de “Biotecnología para todos”.	Desarrollar un manual de lineamientos gráficos básicos para el proyecto: logo, paleta de colores, tipografías.
	Desarrollo de sitio web del proyecto (http://biotecnologia.biologia.ucr.ac.cr/index.php/contactenos/galeria/).
“Biotecnología para todos” llega a redes sociales	Crear manual de lineamientos gráficos para redes sociales (Facebook y YouTube).
	Crear perfil del proyecto en Facebook y YouTube.
La biotecnología en nuestra vida diaria.	Estrategia de contenidos en redes sociales.
	Creación de blog en sitio web del proyecto.
	Informar la creación de canales digitales del proyecto.
	Desarrollar productos audiovisuales (video, audio) para distintos públicos meta.
	Creación e impresión de material promocional didáctico: volantes, separadores, folletos, afiches.
	Campaña de información y divulgación del proyecto en la parte trasera de los buses de la ruta de La Periférica en San José.
La biotecnología en nuestras aulas y en el campo	Creación de presentaciones orales sobre las diferentes áreas de la biotecnología como la agrícola, médica, ambiental, marina e industrial y bioseguridad de la biotecnología moderna.
	Impartir charlas informativas a asesores regionales de ciencias, profesores de educación secundaria y a grupos organizados de productores.

Resultados

La ejecución de la estrategia detallada en el apartado anterior se realizó desde septiembre de 2015 hasta noviembre del 2018. Durante el primer año, las actividades se enfocaron al desarrollo del sitio web del proyecto (<http://biotecnologia.biologia.ucr.ac.cr/index.php/contactenos/galeria/>), así como de todo el material relativo a la identidad gráfica (la definición de logo, tipografías y paleta de colores) y el material didáctico impreso para divulgación (presentaciones, afiches, plegables, folders, juego de carta, crucigrama, marca libros) (Tabla 1). Durante el segundo año se creó un canal de YouTube (<https://www.youtube.com/channel/UC8rjcMrGEFPTnsvIMeeKKyg>), y una

página de Facebook (<https://www.facebook.com/bioteccparatodos/>), la cual estuvo disponible a partir de julio de 2016.

Público participante-educadores de ciencia y biología de educación secundaria: Durante la ejecución del proyecto se realizaron 12 actividades de capacitación con la participación de 20 asesores regionales y 286 educadores de secundaria de las regiones socioeconómicas Norte (Ciudad Quesada), Huetar Atlántico (Guácimo y Limón centro), Chorotega (Santa Cruz), Pacífico central (Puntarenas), Brunca (Buenos Aires y Paso Canoas) y Central (Alajuela, Cartago, Desamparados, Heredia, San José y San Ramón). En la figura 1 se muestra para el año 2016 el número de educadores que participaron (solamente asistieron) y aprovecharon (asistieron y cumplieron con las asignaciones) las capacitaciones que se llevaron a cabo en cada una de las localidades.

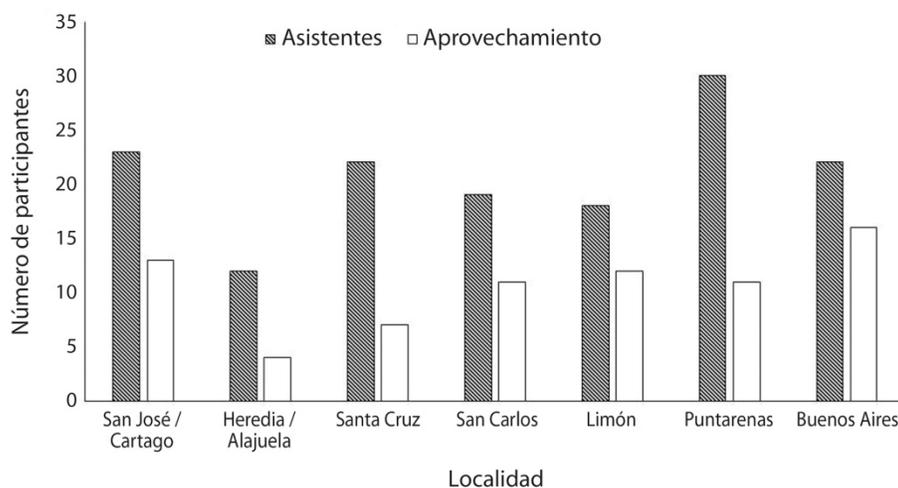


Fig. 1. Número de educadores que participaron (solamente asistieron) y aprovecharon (asistieron y cumplieron con las asignaciones) las capacitaciones que se llevaron a cabo en cada una de las localidades durante el 2016.

Fig. 1. Number of educators that participated (only attended) and took advantage of (attended and fulfilled the assignments) the trainings carried out in each of the locations during 2016.

Los comentarios expresados por algunos de los educadores de secundaria que participaron en las capacitaciones bimodales del proyecto “Biotecnología para todos” se muestran en la figura 2. Igualmente, las opiniones expresadas por algunos de los educadores de secundaria de la localidad de Santa Cruz se muestran en el video “Lo que dicen los profesores” en el canal de YouTube (<https://youtu.be/XH-0RcQL5to>). En términos generales, la evaluación de las capacitaciones en aspectos del desarrollo de la actividad, los profesores instructores, la metodología y los recursos utilizados, el material didáctico, el comportamiento de los participantes, la coordinación y el ambiente físico fue muy bueno con un porcentaje de calificación mayor al 81 %.

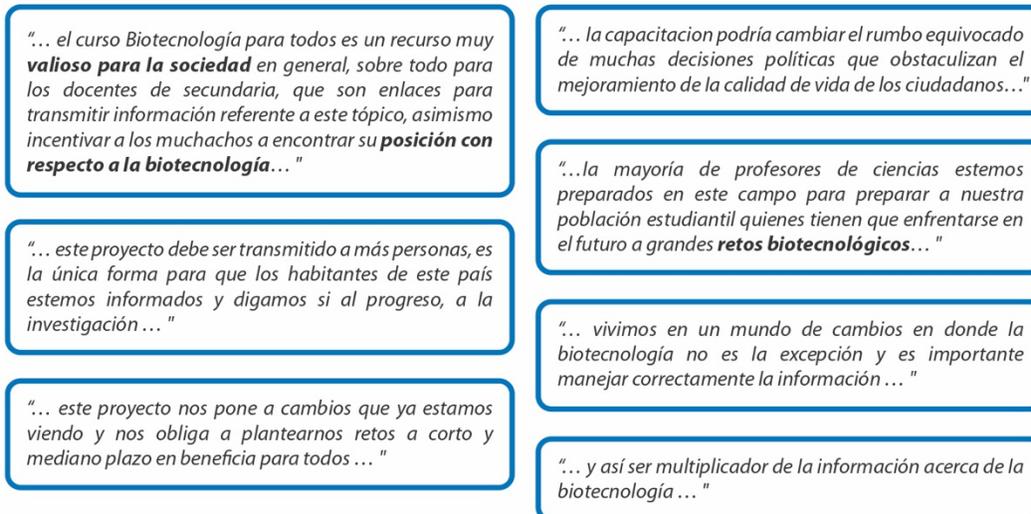


Fig. 2. Comentarios expresados por algunos de los participantes en el proyecto “Biotecnología para todos”

Fig. 2. Comments of some of the participants about the project’s activities.

Asimismo, se llevó a cabo una actividad informativa de 2 h presenciales a 30 niños de preescolar y 30 estudiantes de primaria del Centro Infantil de la Sede de la Universidad de Costa Rica en Santa Cruz y una capacitación (8 h presenciales) a 30 estudiantes de secundaria de Puntarenas.

Público participante - grupos de productores y extensionistas agropecuarios, de la industria alimentaria y formadores de opinión (políticos): Durante la ejecución del proyecto se brindó información sobre biotecnología agrícola a seis grupos organizados de productores de chayote, cebolla, papa, maíz, vainilla y café, así como a los técnicos del MAG e Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). En el año 2018 se llevó a cabo una actividad de capacitación a diez investigadores de la Corporación Bananera Nacional (CORBANA) en temas de biotecnología agrícola y nuevas tecnologías para el mejoramiento genético de cultivos y a 121 técnicos agropecuarios en el Colegio de Ingenieros Agrónomos. Por otro lado, en el año 2016 se organizó el Foro “Científicos Latinoamericanos en Agrociencia - Experiencias en Biotecnología” para los diputados y asesores legislativos de las diferentes fracciones, el cual se coordinó con la Presidencia de la Asamblea Legislativa. En dicha actividad participaron 60 personas de las diferentes fracciones legislativas de Costa Rica. Mientras que para el año 2018, se organizó en conjunto con la Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica, el Foro “Nuevas Biotecnologías y su importancia para Costa Rica”. En dicho foro se contó con la participación de 90 personas y se abarcaron los siguientes temas: el sector biotecnológico en Costa Rica, perspectivas de la biotecnología en Costa Rica y edición de genomas en animales y plantas. Asimismo, en julio del 2018 se llevó a cabo el foro “Nuevas biotecnologías (CRISPR/Cas9): perspectivas para la agricultura y la salud en Costa Rica”, en el cual participaron 90 personas, entre académicos, estudiantes y representantes de la industria. En esta actividad se abarcaron los siguientes temas: edición de genomas como herramienta del progreso humano en el siglo XXI, edición de genomas en células de mamíferos, mejoramiento genético en arroz mediante edición de genomas y legislación internacional en edición de genomas: abordaje en Colombia, Chile, Argentina y Brasil.

Público participante - sociedad costarricense: Desde septiembre del 2015 hasta noviembre del 2018, se compartieron 201 contenidos a través de la página de Facebook. Estos contenidos están compuestos por vídeos, enlaces, imágenes o infografías, ya sea de creación propia del proyecto o de otras fuentes, relacionadas con diversos temas en biotecnología. La página en Facebook y sus contenidos han sido vistos 466 232 veces por 336 285 usuarios de la red social en el período que va del 7 de julio de 2016 al 12 de noviembre de 2018. La comunidad de seguidores en Facebook está compuesta en un 41.8 % de usuarios de Costa Rica, un 23.0 % de México, un 8.3 % de Colombia, un 5.8 % de Ecuador, un 5.7 % de Perú, un 4.8 % de Argentina, 1.9 % de Brasil y 1.6 % de Chile y un 7.1 % de los usuarios provienen de otros países.

Durante los años 2016 y 2017, se produjeron materiales audiovisuales en colaboración con la Agencia Estudiantil “La Estación” de la Escuela de Ciencias de la Comunicación de la Universidad de Costa Rica. En total se produjeron seis cuñas para radio y ocho videos para el sitio web. Tanto las cuñas como los videos explicaban qué es la biotecnología, así como sus aplicaciones en el campo agrícola, industrial, médico, marino y ambiental. Todos estos materiales audiovisuales suman en total 34 674 reproducciones en Facebook y YouTube. El tabla 2 muestra el número de visitas por cada uno de los videos desarrollados en el proyecto.

TABLA 2

Número de visitas en Facebook y YouTube por cada uno de los videos sobre biotecnología desarrollados en el proyecto

TABLE 2

Number of visits on Facebook and YouTube for each of the videos on biotechnology developed in the project

Contenido del video	Número de visitas
¿Qué es la biotecnología?	20 398
¿Qué es la biotecnología ambiental?	5 415
¿Qué es la biotecnología industrial?	3 748
¿Qué es la biotecnología agrícola?	2 822
¿Qué es la biotecnología médica?	1 042
¿Qué es la biotecnología marina?	871
Sondeo estudiantes	177
Sondeo profesores	158
Experiencias profesores	43
Total	34 674

El público general tuvo acceso a la información presentada de manera sencilla y comprensible a través de notas informativas del proyecto que se publicaron en Impacto TEC de Radio Monumental, la Revista Matutina de Radio Universidad, y el programa Desayunos de Radio Universidad. Asimismo, se escribió un artículo de divulgación en Revista InvestigaTEC (<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/7444>), en el Boletín Informativo del CONICIT (http://www.conicit.go.cr/prensa/boletincyt/historico_boletincyt/Biotecnologia.aspx) y en el fascículo Ciencia más Tecnología de la Universidad de Costa Rica (https://issuu.com/ct.ucr/docs/c_t_19_enero_2017). De igual manera, el público general tuvo contacto durante los meses de marzo a junio del 2017 con una campaña de información y divulgación del proyecto que se pauto en parte trasera de los buses de la ruta La Periférica en San José (Fig. 3).



Fig 3. Campaña de información y divulgación del proyecto en la parte trasera de los buses de la ruta de La Periférica en San José.

Fig 3. Information campaign of the project in the back of the buses on one of the most travelled bus routes, La Periférica in San José.

Finalmente, se llevó a cabo el primer taller de introducción a la ingeniería genética en plantas cuyo objetivo general fue brindar conocimientos teóricos y aplicados del uso de la ingeniería genética

para ámbitos de investigación y de aplicación para mejora genética de cultivos. En dicho curso se contó con la participación de 30 estudiantes de las universidades estatales.

El proyecto ha sido un ejercicio de realizar comunicación y divulgación de la ciencia valiéndose de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) como principales herramientas y canales. Las herramientas y canales tradicionales como las presentaciones orales, el material impreso y la presencia en medios de comunicación como televisión y prensa escrita jugaron también un rol importante y complementario.

Sin duda, el proyecto y todas sus acciones de comunicación han servido como mecanismo de rendición de cuentas a la sociedad costarricense y como un canal más para mostrar los resultados de múltiples proyectos de investigación nacionales, pero también han contribuido a fortalecer la cultura científica en la sociedad costarricense. De acuerdo con Estrada (2014), la cultura científica no se refiere sólo a un conocimiento de la ciencia, sino que también “a una participación de la vida y la actitud, de la pasión y la crítica que las prácticas científicas conllevan”.

Con base en nuestra experiencia con el proyecto “Biotecnología para todos”, lograr lo que Estrada (2014) plantea ha sido posible comunicando los beneficios de la biotecnología y sus aplicaciones con un enfoque de cercanía y un discurso enmarcado en los mensajes clave que despiertan identificación, empatía y conexión con las audiencias objetivo.

Consideramos que la divulgación de la ciencia es un deber de la comunidad científica no sólo por su función de rendición de cuentas y devolución que pone a disposición el conocimiento generado, sino también como parte esencial del desarrollo cultural de la sociedad. Asimismo, iniciativas como el proyecto “Biotecnología para todos” se podrían implementar y replicar en los países Centroamericanos.

Declaración de ética: los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

Agradecimientos

El proyecto “Biotecnología para todos: Socialización de conceptos, aplicaciones y beneficios” fue financiado con Fondos del Sistema del Consejo Nacional de Rectores (CONARE).

Referencias

1. Aliter, S. L. (Ed.). (2012). Especial BIO Spain. Congreso científico. *Revista de biotecnología y empresa*, 6, 11-12.
2. Bahri, N. M., Suryawati, E., & Osman, K. (2014). Students' biotechnology literacy: the pillars of STEM education in Malaysia. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(3), 195-207.
3. Estrada, L. (2014). La comunicación de la ciencia. *Revista Digital Universitaria*, 15(3). Recuperado de <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num3/art18/>

4. Grand View Research. (2017). *Biotechnology market analysis by application (health, food & agriculture, natural resources & environment, industrial processing bioinformatics), by technology, and segment forecasts, 2018-2025*. Recuperado de <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/biotechnology-market>
5. Hernández, H., Grassano, N., Tübke, A., Potters, L., Amoroso, S., Dosso, M., ... Vezzani, A. (2017) *The 2017 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. Recuperado de http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108520/eu_rd_scoreboard_final_versi%C3%B3n_online_1.pdf
6. Jung C., Capistrano-Gossmann, G., Braatz, J., Sashidhar, N., & Melzer, S. (2018). Recent developments in genome editing and applications in plant breeding. *Plant Breeding*, 137, 1-9.
7. Liébana, A. (2006). *Posibilidades de futuro de la biotecnología*. Recuperado de <http://umer.es/wp-content/uploads/2015/05/n39.pdf>
8. Macer, D. R. (1994). Perception of risks and benefits of *in vitro* fertilization, genetic engineering and biotechnology. *Social science & medicine*, 38(1), 23-33.
9. Malajovich, M. A. (2016). *Biotecnología* (2nd ed.). Rio de Janeiro, Brasil: Biotecnologia, Ensino e divulgação. Recuperado de https://bteduc.com/livros/Biotecnologia_2016.pdf
10. Ministerio de Educación Pública. (2012). *Programas de estudio Biología Educación diversificada*. Recuperado de <http://www.mep.go.cr/sites/default/files/programadeestudio/programas/biologia.pdf>
11. Navarro, M. J. (Ed.). (2009). *Communicating Crop biotechnology: stories from stakeholders*. Ithaca, Estados Unidos: International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications. Recuperado de <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/40/download/isaaa-brief-40-2009.pdf>
12. Ruiz, C. (2012). ¿Cómo potenciar la biotecnología? Falta financiamiento, sobra burocracia. *El Financiero*. Recuperado de <https://www.elfinancierocr.com/tecnologia/como-potenciar-la-biotecnologia/IMUCKRFRZFEPPER273WUZUTVQU/story/>
13. Savadori, L., Savio, S., Nicotra, E., Rumiati, R., Finucane, M., & Slovic, P. (2004). Expert and public perception of risk from biotechnology. *Risk analysis*, 24(5), 1289-1299.
14. Sittenfeld, A., & Espinoza, A. M. (2002). Costa Rica: revealing data on public perception of GM crops. *Trends in plant science*, 7(10), 468-470.
15. Traynor, P. L., Adonis, M., & Gil, L. (2007). Strategic approaches to informing the public about biotechnology in Latin America. *Electronic Journal of Biotechnology*, 10(2), 169-177.

16. Valdez, M., López, R., & Jiménez, L. (2004). Estado actual de la biotecnología en Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 3, 733-743.
17. Vargas, A. C., Álvarez, T. B., Montenegro, E. M., & Marín, C. M. (2015). Diálogo, ecos y recovecos: la comunicación científica en el ámbito académico. *Revista de Ciencias Sociales*, 149, 59.
18. Viedma-Viedma, I., Balanza-Galindo, S., Nicolás, J. M. L., & Serrano-Megías, M. (2015). Knowledge of the consumer from Murcia, Spain, on biotechnology and genetic engineering applied to food. *Biotecnología Aplicada*, 32(1), 1401-1405.