

Desarrollo de la capacidad de los sistemas nacionales de ciencia y tecnología para contribuir al desarrollo sostenible a través de la educación científica: El rol de los docentes y el incremento de las necesidades de formación inicial y en servicio

Ferreya, María Laura; La Torre, Eduardo

Instituto Universitario Aeronáutico- Universidad de la Defensa Nacional
Córdoba, Argentina
mlferreya@iua.edu.ar; elatorre@iua.edu.ar

1. Introducción

Desde fines del siglo pasado se está observando una creciente ruptura del pacto de la sociedad con la ciencia y un incremento de la desconfianza de los ciudadanos hacia la ciencia y los científicos [1].

Los sistemas nacionales de ciencia y tecnología han reaccionado incrementando la comunicación y las actividades para niños y familias. También se han incrementado las becas para estudiar ciencia y tecnología pero no han tenido el impacto deseado. Se supone que la desconfianza surge del desconocimiento y que las actividades de divulgación y el diálogo mutuo alcanzan para incrementar la confianza pero no está sucediendo ...rápidamente al menos. También se supone que no se eligen carreras científico-tecnológicas porque son difíciles y que si se brinda más ayuda (principalmente económica) ingresarán más estudiantes a estas carreras y la tasa de deserción se reducirá.

La lógica detrás de todo esto es pensar que si la gente conociera mejor a los científicos (y los sistemas nacionales de ciencia y tecnología) los apreciaría más. Y que formar científicos es más difícil que formar para otras actividades. Esta es la lógica del modelo del déficit cognitivo [2] y ha resultado altamente exitosa para apoyar la investigación básica.

Pero no está teniendo el mismo éxito para sustentar la investigación relacionada con la resolución de problemas sociales, particularmente los relacionados con el desarrollo sostenible. El motivo de esto es que la resolución de este tipo de problemas requiere un alto grado de conocimiento del contexto en el que se manifiestan los problemas y en el cual se deben resolver. Y los "expertos" en este tipo de conocimiento del "mundo real" no son los científicos sino los actores sociales y los potenciales beneficiarios. Esto reduce las asimetrías entre los científicos y los "legos" y lleva progresivamente a la adopción de modelos interactivos y participativos de la ciencia [3] en los que los científicos, los actores sociales y los beneficiarios se reconocen mutuamente sus saberes y se busca establecer relaciones de confianza y cooperación entre las partes.

Esta nueva forma de gestionar la ciencia resulta fuertemente innovadora y disruptora para los Sistemas Nacionales de Ciencia y Tecnología (SNCyT), que desean incorporarla progresivamente como una modalidad *complementaria* de gestión que les permitirá incrementar presumiblemente el impacto social de las actividades científico-tecnológicas y la satisfacción de la ciudadanía con éstas (lo que permitiría mantener y potencialmente incrementar los presupuestos de estos sistemas, aún en situaciones económicamente desfavorables).

Para lograr esta incorporación será necesario identificar, resolver y/o disminuir numerosos obstáculos sistémicos. Para hacerlo será necesario hacer pequeños experimentos de intervenciones sistémicas dado que los sistemas sociales y sus subsistemas (como el económico o el de ciencia y tecnología) son sistemas complejos que no se pueden estudiar por análisis de sus partes. Se estudian haciendo pequeñas intervenciones en distintos lugares de los sistemas y viendo qué pasa (ya que los sistemas complejos no son homogéneos y pueden presentar efectos localmente importantes). Esas intervenciones no serán replicables sino re-aplicables, lo que implica que deben adaptarse a los distintos contextos locales.

Estos pequeños experimentos necesariamente van a involucrar a una parte de la población y por este motivo *deben tener como punto de partida algo que la gente conozca y que sea fácil de explicar*. Pretendemos utilizar una nueva categoría de proyectos de Feria de Ciencias, que se enmarcaría en una nueva área de conocimiento que ya tiene reconocimiento internacional (la Ciencia de la Sostenibilidad) y que se supone es muy efectiva para obtener resultados altamente valorados desde la perspectiva social.

Esta nueva área también tiene una relación de complementariedad con las otras áreas de conocimiento, lo que permitiría demostrar cómo y por qué todas son valiosas.

Para generar este nuevo tipo de Proyectos Estudiantiles de Desarrollo Sostenible será necesario desarrollar nuevas capacidades de colaboración entre los profesores de ciencias, los científicos y tecnólogos, los comunicadores y distintos sectores de la sociedad. Para hacerlo utilizaremos conocimientos capturados en dos proyectos de investigación y desarrollo realizados previamente en nuestra institución [4]. El formato de los proyectos estudiantiles permitiría agregarle “valor social” al desarrollo de estas capacidades, ya que los nuevos conocimientos y habilidades adquiridos podrían utilizarse en otro tipo de actividades valiosas para los involucrados.

Lo que es distinto es el cambio de perspectiva ya mencionada, desde un modelo lineal y aislacionista hacia un modelo contextual, colaborativo y participativo. Y también el abordaje desde una perspectiva de sistemas complejos, usando palancas sistémicas para ayudar a los sistemas nacionales de ciencia y tecnología a demostrarle a la sociedad que puede generar lo que ésta valora. Asimismo se buscará que los pequeños experimentos sean re-aplicables a distintos contextos y que sean escalables (que se pueda aumentar la cantidad de participantes rápidamente).

Los nuevos proyectos de feria de ciencias van a involucrar a los adultos, *en roles de colaboración y cooperación mutua con los estudiantes*. Esto implica que no sólo vamos a estar preparando a los estudiantes para posibles carreras científicas, sino que estaremos preparando a distintos sectores de la comunidad para trabajar conjuntamente con los científicos en la resolución de problemas de desarrollo sostenible.

2. Análisis del contexto

2.1 Los desafíos

Desde hace varias décadas se está produciendo un cambio en lo que la sociedad considera desarrollo, desde aquel que genera crecimiento sin responsabilización a la noción de desarrollo sostenible que toma en cuenta las necesidades de las generaciones actuales y futuras. El Presidente de la ONU dijo ante la Asamblea General en 2013: “*Lograr el desarrollo sostenible es el reto primordial del siglo XXI*”. Lograr el desarrollo sostenible implicará que “*todos los seres humanos pueden realizar su potencial con dignidad e igualdad en un medio ambiente saludable*” (Resolución 70/1 de la Asamblea General de la ONU).

Para transitar este camino se acordaron a nivel internacional primero los Objetivos del Milenio (2000-2015) y luego los Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015-2030 [5]). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que se desean lograr para 2030 también se conocen como la “Agenda 2030” y establecen por un lado los problemas mundiales y locales que se deberán resolver para lograr el desarrollo sostenible deseado y por otro, los acuerdos que han alcanzado los estados miembros de Naciones Unidas para resolverlos. Actualmente hay más de 145 países que ya han comenzado a utilizar los ODS en forma creciente como base de su planeamiento.

Los problemas mundiales y locales relacionados con la sostenibilidad son “enrevesados” porque se derivan de interdependencias entre diversos factores sociales, económicos, medioambientales y culturales que se refuerzan mutuamente y dinámicamente. Tienen causas y efectos que afectan a numerosas escalas geográficas y temporales y a menudo parecen irresolubles. Los conocimientos sobre sus causas e interdependencias son a menudo incompletos, contradictorios y muy cambiantes, y no es raro que al intentar resolver alguno de estos problemas se produzca un empeoramiento de otros. Los problemas enrevesados implican conflictos de objetivos e intereses que plantean dilemas políticos y que requieren equilibrio y acuerdos.

2.2 La Ciencia de la Sostenibilidad: Una nueva área de conocimiento

Para afrontar estos dilemas simultáneos en la elaboración de políticas públicas y en la resolución de problemas de desarrollo sostenible, en los últimos años ha surgido la Ciencia de la Sostenibilidad [6], un área de conocimiento cuyo rasgo distintivo es que se aplica en equipos constituidos por profesionales de múltiples disciplinas y distintas partes interesadas no académicas. La Ciencia de la Sostenibilidad (CS) se basa en conocimientos integrados procedentes de distintos órganos científicos y sociales y en experiencias integradas basadas en el territorio.

A partir de 2014 se ha reconocido a la CS como un enfoque científico conceptualmente diverso que se aplica a distintos ámbitos y niveles de análisis en distintas regiones del mundo. Los Estados Miembros de la UNESCO han respaldado este enfoque dentro de la Estrategia de Mediano Plazo de la UNESCO para

2014-2021 [7]. Sin embargo, aún faltan mecanismos institucionales para fomentar la incorporación de la ciencia de la sostenibilidad en la educación superior y en la investigación, así como para promover un diálogo efectivo entre la investigación, la sociedad y las políticas [6].

La Ciencia de la Sostenibilidad es una ciencia transversal por naturaleza, ya que uno de sus fines principales es buscar la cooperación complementaria entre las ciencias naturales y sociales, las humanidades y las artes y velar por la participación de diversos interesados no académicos en procesos colaborativos de formulación, producción y gestión de conocimiento dentro de las investigaciones [6]. Se basa tanto en la libertad académica como en la responsabilización de los investigadores con la sociedad para buscar respuestas científicas a los problemas sociales, ya que la CS debe tener a la vez rigurosidad científica y pertinencia social.

Para incorporar a la Ciencia de la Sostenibilidad dentro de los sistemas nacionales de ciencia y tecnología [8] se necesita ante todo, concientizar al conjunto de la comunidad científica sobre la complejidad y la interrelación de los problemas actuales relacionados con la sostenibilidad. Tanto los jóvenes científicos que inician su carrera como los científicos profesionales cuya formación es de carácter unidisciplinario deberán desarrollar las capacidades necesarias para llevar adelante las investigaciones colaborativas de la CS. También será necesario incrementar las capacidades de los financiadores, los encargados de la formulación de políticas y los interesados de la sociedad civil que trabajan en el campo de la sostenibilidad, de modo que puedan tener una participación significativa en las actividades y métodos de investigación de la Ciencia de la Sostenibilidad [6].

Además, debido a la naturaleza compleja e interrelacionada de los problemas que debe resolver la CS, ésta requiere más tiempo y más recursos que la investigación centrada en un único fenómeno generalmente bien definido. Debido a que se requieren nuevas capacidades de los científicos, será necesario establecer nuevos incentivos, planes de carrera e indicadores y criterios de evaluación para los científicos que se dediquen a la CS[6]. Y también se requerirán nuevos indicadores y criterios de evaluación para los proyectos de investigación de la Ciencia de la Sostenibilidad, que deberán tomar en cuenta no solo su rigurosidad científica sino también su pertinencia e impacto social.

Para lograr la introducción de la CS en los Sistemas Nacionales de Ciencia y Tecnología (SNCyT) será necesario realizar múltiples acciones para el desarrollo de capacidades de dichos sistemas para esta nueva área de conocimiento (la CS), y el objetivo de esta ponencia es presentar una propuesta del desarrollo de estas capacidades a través de la educación científica; es decir, a través de los docentes de ciencias.

2.3 La visión sistémica y la Ciencia de la Sostenibilidad

Para abordar el desarrollo de capacidades para la CS en los SNCyT debemos utilizar una perspectiva sistémica. La visión sistémica incluye una variedad de enfoques y teorías que derivan de la Teoría General de Sistemas[9]. Una primera aproximación al tema implica explicar la diferencia entre sistemas complicados y sistemas complejos. Los sistemas ambientales, sociales y económicos que están involucrados en los problemas de desarrollo sostenible son sistemas complejos.

Los sistemas complicados y complejos están compuestos por una gran cantidad de partes, pero la diferencia entre ellos es que la cantidad de conexiones entre las partes de los sistemas complicados es baja (como en las máquinas) mientras que en los sistemas complejos la cantidad de interacciones entre sus partes es grande. Esto implica que si se realiza una acción sobre un sistema complejo, los efectos de ésta van a “viajar” a través de esas conexiones y se pueden encontrar con los efectos de otras acciones-concurrentes, previas o posteriores- que también van viajando a través de dichas conexiones. De esta forma cuando se encuentran, estos “efectos viajeros” se pueden potenciar, anular o ignorarse mutuamente. Por este motivo, los efectos de una acción no son linealmente proporcionales a la acción realizada sino que pueden generar discontinuidades locales en los sistemas (en donde se encuentran entre sí), efectos umbrales o de avalancha, etc.

Todos los sistemas formados por personas constituyen sistemas complejos ya que existen una gran cantidad de interacciones posibles entre éstas (familiares, culturales, étnicas, laborales, de amistad, etc.), las cuales son parcialmente desconocidas- incluso para los involucrados. ¿Cómo se puede entonces predecir qué va a suceder con un sistema complejo en un futuro, aunque sea relativamente cercano? La respuesta es que prácticamente no se puede y que el grado de éxito en las predicciones es cada vez menor cuanto más hacia adelante corramos nuestro horizonte temporal.

La calidad de las predicciones no mejora usando métodos de análisis que impliquen estudiar el funcionamiento de las partes de los sistemas. Debido a la gran cantidad de interacciones existentes entre las partes que componen los sistemas humanos, el funcionamiento de los sistemas complejos se debe estudiar holísticamente; es decir, como un todo. Y la forma básica de estudiar holísticamente los sistemas complejos consiste en hacer intervenciones sobre éstos y ver qué pasa. Debido a que los efectos locales son importantes, no se pueden replicar los resultados de las investigaciones sino que deben re-aplicarse bajo distintas condiciones locales para ver qué pasa. Esto implica que para conocer el funcionamiento de

un sistema es necesario hacer varias intervenciones sobre el mismo, bajo distintas condiciones locales y estudiar lo que sucede.

Por lo tanto, para adquirir este conocimiento sistémico es necesario realizar muchas intervenciones pequeñas bajo la modalidad de pequeñas iniciativas (small starts) [10] que se llevan a cabo bajo distintas condiciones locales. Sin embargo, podemos preguntarnos si eso será útil ya que todos intuitivamente sabemos que los cambios sistémicos son muy difíciles de conseguir. Esto se debe a la gran cantidad de conexiones entre las partes, ya que cuando se intenta cambiar algo, las partes vinculadas con lo que se desea cambiar “tiran” en la dirección opuesta para oponerse a los cambios. Esto hace que los sistemas complejos sean muy estables y resistentes al cambio, pero aún así se pueden cambiar si sabemos dónde intervenirlos.

La respuesta a esto la proveyó Donella Meadows, una científica ambiental que formaba parte del equipo de Jay Forrester ya mencionado. Ella hizo una lista de “lugares para intervenir en un sistema” [8] que constituyen “palancas sistémicas”. Las palancas sistémicas son intervenciones o acciones que se realizan sobre un sistema y que permiten obtener resultados desproporcionadamente grandes en relación con el esfuerzo realizado.

No vamos a analizar cada palanca aquí porque queremos avanzar hacia la propuesta que queremos hacer. Por lo tanto, tomaremos en cuenta solo las más relevantes para nuestro planteo y recomendamos la lectura del artículo de la Dra Meadows [11] sobre este tema.

En el artículo original, en el nivel 1- la herramienta más poderosa- estaba el modelo mental o paradigma del cual surge el sistema. En una ampliación posterior que hizo la Dra Meadows le agregó otro nivel por encima de éste: “el conocimiento de que hace falta modificar el paradigma”.

En la década de 1990- cuando se crea este listado de “palancas sistémicas” (o de lugares donde intervenir en un sistema)- ya estaba teniendo lugar en forma visible un cambio de paradigma que estaba empezando a afectar a todos los sistemas sociales. Este cambio se había iniciado a fines de la década de 1950 cuando Rachel Carson publica su “Primavera Silenciosa” en la que muestra cómo se daña el medio ambiente a través de las actividades productivas. Posteriormente los programas espaciales nos proveyeron imágenes del mundo vistas desde afuera, mostrándonos que vamos todos juntos en el espacio en una gigantesca nave espacial (el “planeta tierra”) y que sus deterioros en una parte nos pueden afectar a todos. Y luego a este nuevo paradigma de desarrollo con responsabilización se lo denominó “desarrollo sostenible” en el Informe Brundtland de 1987 [12]. O sea que cuando la Dra Meadows describe la lista de lugares para intervenir en un sistema (donde pequeños cambios pueden producir efectos desproporcionadamente grandes; es decir, las palancas sistémicas), el desarrollo sostenible ya tenía un nombre, una identidad reconocible.

Creemos que precisamente fue este cambio de paradigma el que contribuyó a romper el pacto de la ciencia con la sociedad [13], porque ahora ya estaba claro que no todas las invenciones e innovaciones productivas son buenas para la sociedad o para el medio ambiente, ya que algunas pueden tener impactos o efectos muy nocivos.

Es posible además que la ruptura de este pacto ciencia- sociedad pueda estar incentivando los conflictos sociales ya que la ciencia se consideraba una fuente de crecimiento y de esperanza para el conjunto de la sociedad. Si esa fuente no existe o está condicionada, la perspectiva de crecimiento y mejora disminuye y en ese caso la oportunidad de mejora sólo puede venir por negociación de suma cero: “para que yo (o mi grupo social) obtenga algo más, alguien tiene que perder”. Es posible que- al disminuir la esperanza y la expectativa de crecimiento- sólo quede la perspectiva de conflicto distributivo, lo que contribuya a la vez a agrandar las “grietas” o brechas entre distintos sectores sociales.

Es común oír los planteos de políticos y comunicadores sociales de que necesitamos unirnos para poder crecer. Pero tal vez sea necesario generar expectativas y esperanzas de crecimiento que ayuden a cerrar progresivamente esas brechas o grietas. Nuestra hipótesis entonces es que la ciencia puede contribuir a disminuir el conflicto social al incrementar las expectativas de desarrollo sostenible. Pero, para que eso sea posible, los sistemas nacionales de ciencia y tecnología (SNCyT) deben adaptarse de forma visible para lograr este tipo de desarrollo. No basta con decirlo; las personas deben poder percibir que esta adaptación es real.

¿Cómo hacerlo?. ¿Por qué podríamos tener éxito ahora?. Y si lo logramos, ¿cómo podemos hacer que el cambio en los SNCyT se vea rápido para que contribuya a generar expectativas de crecimiento?

Para poder lograr esta adaptación, es importante realizar cambios que sean visibles. Esto se puede hacer agregando una evaluación social a los proyectos [14]. Todavía hay problemas de implementación -y de desarrollo de los nuevos criterios e indicadores de evaluación social que hacen falta- pero los SNCyT están aprendiendo a usarlos y resulta menos conflictivo porque todavía no hay penalizaciones por no lograr este tipo de resultados. Sin embargo, dado que los investigadores y los equipos de trabajo compiten entre sí por financiamiento y recursos, este tipo de evaluaciones y de informes ya está contribuyendo a

concientizar a los investigadores acerca de la necesidad de cambio. Si se desea cambiar para lograr algo que la sociedad valora, es útil hacer que se note quien es quien.

Creemos que uno de los problemas que hay para que los sistemas sociales de todo tipo (incluidos los sistemas nacionales de ciencia y tecnología) cambien el paradigma al del desarrollo sostenible es que no están claras las metas. Podríamos pensar que no es así porque hay muy buenas definiciones de desarrollo sostenible y además se han elaborado planes estratégicos nacionales muy detallados para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [15]. Eso es cierto pero el problema es que esas definiciones resultan ambiguas y los planes carecen de visiones inspiradoras. En términos concretos, ¿qué significa que “todos los seres humanos puedan realizar su potencial con dignidad e igualdad y en un medio ambiente saludable”? Si sabemos que hay una gran diversidad entre las personas, ¿cómo sabremos lo que significa para cada uno “realizar su potencial”? Además, la dignidad en distintas culturas puede ser algo diferente. Entonces, ¿cómo vamos a sumar esfuerzos si todos pueden querer algo distinto?

En los planes estratégicos también pueden encontrarse objetivos de distintos niveles e introducciones explicativas, pero no encontramos visiones inspiradoras que nos motiven a unirnos para lograr los ODS. Son esas visiones inspiradoras, que reflejan los anhelos y metas de una sociedad, las que generan la palanca sistémica de auto-organización (nivel 4 en la lista de la Dra Meadows ya mencionada) [16]

La capacidad de los sistemas de organizarse a sí mismos es la capacidad de sobrevivir al cambio cambiando, innovando. En los seres vivos, esta auto-organización se denomina evolución. En los sistemas sociales, se denomina transformación o adaptación.

2.4 Las redes, condición necesaria para el éxito

Los sistemas ambientales, sociales y económicos son sistemas complejos que están compuestos por muchas partes entre las cuales existen numerosas conexiones. Constituyen en esencia una red de redes. Una de las formas más efectivas para cambiar sistemas complejos es cambiar las redes que los sustentan, conectando individuos, grupos y organizaciones que quieren mejorarlo.

El proceso de transformar sistemas requiere cantidades muy grandes de innovación y de experimentación. Y ésta es más útil cuando los resultados se pueden compartir ampliamente. Para mantenerse y prosperar, las redes necesitan miembros que cubran ciertos roles y que contribuyan a generar estrategias de red. Cuando esto ocurre, las actividades en la red se auto-organizan y muchos miembros inician actividades colaborativas bajo el formato de pequeños proyectos o pequeñas iniciativas.

Los pequeños proyectos son bloques constitutivos de las redes ya que: (a) les permiten a las personas (y a las organizaciones) que forman parte de la red conocerse entre sí y construir confianza; (b) proveen puntos de reunión para probar nuevas habilidades y prácticas colaborativas; (c) favorecen la realización de pruebas para conocer mejor lo que funciona y lo que no en determinados contextos [17]. Debido a que los miembros de las redes que forman parte de los sistemas complejos suelen participar en más de un proyecto, la innovación generada en un proyecto rápidamente “derrama” hacia los otros.

2.5 Auto-organización de los SNCyT

¿Cómo podrían adaptarse los sistemas nacionales de ciencia y tecnología al nuevo paradigma del desarrollo sostenible? Para empezar, la experiencia internacional demuestra que el desarrollo sostenible se logra entre todos, sumando esfuerzos. Esto implica que será necesario desarrollar mecanismos de participación de la sociedad en las actividades científicas (por ejemplo, a través de la ciencia ciudadana [18]. Sabemos que la Ciencia de la Sostenibilidad utiliza distintos enfoques (unidisciplinar, interdisciplinar, multidisciplinar, transdisciplinar) pero que para resolver los problemas más complejos y enrevesados de desarrollo sostenible requiere alguna variedad o especie de ciencia en equipo en la que trabajen los científicos en colaboración con las partes interesadas [6].

En resumen, necesitamos aprender a investigar colaborando juntos los científicos, las partes interesadas en resolver el problema de investigación y todos los que puedan tener conocimiento relevante para resolverlo. Esto implica que tenemos que prepararnos todos para esta nueva ciencia de equipo “en la diversidad”.

Una de las formas tal vez más efectivas puede ser desarrollar esta capacidad de colaboración cuando todavía no nos han dicho que no es posible, cuando todavía no nos han dicho que no podemos; es decir, cuando todavía somos jóvenes y nos estamos formando. Esta tarea puede ser llevada a cabo por los profesores de ciencias; no se trata de agregarles una tarea más a los profesores, sino de habilitarlos para cumplir su función de formar ciudadanos científicos.

Se cree que esta tarea no sólo contribuirá a incrementar el significado y el prestigio social de los profesores de ciencias y de sus carreras profesionales y laborales, sino que además les va a permitir contribuir a resolver en plazos relativamente cortos problemas de sus comunidades que los afectan a ellos también. De esta forma, creemos que la relación costo-beneficio de la tarea de desarrollar nuevas

capacidades para la ciencia en equipo en la diversidad (y, por consiguiente, de la Ciencia de la Sostenibilidad) puede ser muy favorable a los profesores.

Además, se cree que la propuesta que se presentará aquí les va a resultar además interesante y significativa a sus estudiantes y al resto de las comunidades educativas de sus escuelas. Se considera además que ésto puede tener beneficios adicionales en escuelas que estén en zonas desfavorecidas (y por lo tanto más necesitadas de resolver problemas urgentes de desarrollo sostenible) o en escuelas religiosas en las cuales este desarrollo de capacidades permita llevar a la práctica la cosmovisión institucional.

3. Una nueva propuesta de valor de la ciencia

3.1 Desde lo conocido hacia lo nuevo

Para cambiar la percepción de creación de valor a través de la ciencia proponemos utilizar lo que la gente ya conoce para llevarla desde allí a probar algo nuevo (la Ciencia de la Sostenibilidad). Este tipo de experiencia nueva será colaborativa y en equipo. Esto implica cambiar desde la cadena “tradicional” de valor de la ciencia propuesta por Vannebar Bush [19] en 1945 (mediante la cual los científicos y tecnólogos crean valor) hacia un entramado mediante el cual es la comunidad entera la que crea valor, incluyendo a los científicos y tecnólogos.

Se propone introducir en las Ferias de Ciencias un tipo de proyecto nuevo (los Proyectos Estudiantiles de Desarrollo Sostenible) en los cuales pueda participar la comunidad (incluidos científicos y tecnólogos). Este tipo de proyectos tendrían un objetivo social, además de objetivo(s) científicos. No se pretende que los estudiantes resuelvan totalmente problemas de desarrollo sostenible (aunque no lo excluye), sino que hagan aportes para su solución conjuntamente con su comunidad. En ese proceso los estudiantes deberán elaborar colaborativamente conocimiento sistémico [20] y conocimiento transformador acerca del problema en sí [21].

3.2 Desarrollo de capacidades de contribuir con los proyectos estudiantiles

Para poder llevar adelante estos proyectos, se capacitará a cuatro segmentos de población en cursos específicos, para que cada uno pueda aportar a los estudiantes conocimientos derivados de su formación profesional y actividad cotidiana desde la perspectiva del desarrollo sostenible:

- docentes de ciencias naturales (inicialmente de química);
- el sector productivo y docentes de gestión/ciencias económicas;
- el sector tecnológico y docentes de educación tecnológica/tecnologías;
- directivos y supervisores escolares.

La participación en estas capacitaciones será totalmente voluntaria y les permitirán a los participantes desarrollar capacidades individuales y colectivas para:

- (a) el pensamiento sistémico y
- (b) la gestión colaborativa de conocimiento para el desarrollo sostenible.

3.3 Destinatarios de las capacitaciones: Los docentes y sus colaboradores

El motivo por el cual se eligieron los primeros tres segmentos de población como destinatarios de los cursos es porque la Ciencia de la Sostenibilidad surge de la interacción de tres sistemas: el ambiental, el social y el económico. Por lo tanto:

- Los docentes de ciencias naturales (inicialmente de química) van a recibir adicionalmente capacitación acerca de enfoque ambiental de su área de conocimiento (temas y estrategias de educación ambiental).
- Los sectores productivos y los docentes de ciencias económicas recibirán además capacitación acerca de la aplicación de los ODS en su actividad; por ejemplo, el Pacto Global de la ONU [22] y su aplicación. Asimismo recibirán un refuerzo acerca del uso de “pensamiento de diseño” [23] en la creación de valor (una tendencia que es actualmente muy importante en los sectores productivos pero que pueden desconocer los emprendedores pequeños y aquellos que poseen poca o nula capacitación o formación previa).
- Los tecnólogos fueron incluidos ya que se consideró que las tecnologías son necesarias para satisfacer necesidades humanas de: (a) soluciones para los problemas que se busca resolver; (b) instrumental o métodos necesarios para el estudio de dichos problemas; (c) los recursos necesarios para (a) y (b) (por ejemplo, a través de las redes). Los participantes de los cursos de capacitación para tecnólogos recibirán además como refuerzo una introducción al diseño

centrado en el usuario y a los métodos ágiles [24] como metodologías que facilitan el logro de objetivos de desarrollo sostenible.

El sistema social va a ser tomado en cuenta a través de los distintos sectores de la comunidad (incluidos científicos y docentes de ciencias sociales) que puedan participar en los proyectos de los estudiantes, a requerimiento de éstos. No se introducirán inicialmente a los docentes de ciencias sociales dentro del curso para docentes responsables de los proyectos de los chicos porque se busca forzar el liderazgo de los docentes de ciencias naturales y demostrarle a la comunidad cómo las ciencias naturales también pueden contribuir al logro de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) [2]. Los docentes de ciencias sociales podrán participar convocados por los estudiantes pero el liderazgo quedaría en las manos de los docentes de ciencias naturales. Tanto las organizaciones como las personas que deseen colaborar con los nuevos proyectos de feria de ciencias de los chicos podrán encontrar en la web material informativo que despeje sus dudas para facilitar la colaboración. También podrán hacer nuevas preguntas cuya respuesta se incluirá en el mismo lugar.

Los directivos y supervisores escolares podrán acceder a cursos de capacitación específicos para ellos. La finalidad de estos cursos es ayudarlos a: (a) manejar la participación de la comunidad en los proyectos de los chicos; (b) relacionar progresivamente los ODS con los Proyectos Educativos Institucionales.

3.4 Las capacidades a desarrollar

El desarrollo de *capacidades individuales* (tanto de los docentes responsables como de los otros dos grupos) tendrá lugar a través de dos cursos, a realizarse en el primer y tercer trimestre de cada ciclo lectivo, mientras que el desarrollo de *capacidades colectivas* [25] se hará en el segundo trimestre (mientras se acompaña el desarrollo de los proyectos estudiantiles). Estas capacitaciones se enfocarán en el desarrollo de capacidades, y los contenidos van a ser el medio o el vehículo para el desarrollo de éstas (exactamente al revés que los diseños curriculares de las escuelas que se basan en los contenidos).

El motivo por el cual los cursos tendrían una duración de unas 9 semanas es porque se considera que se requieren varias repeticiones de exposición a ciertas experiencias de aprendizaje sobre el desarrollo sostenible para madurar los conceptos. Por otra parte, se considera que los cursos muy largos favorecen la deserción, ya que los participantes estarán tomando los cursos voluntariamente en medio de sus actividades habituales.

3.5 ¿Qué tienen que lograr los chicos?

Los nuevos “Proyectos Estudiantiles de Desarrollo Sostenible” deberán generar algún producto tangible [26] y experiencias de empoderamiento de los chicos, a pesar de la complejidad de los problemas a abordar. Esto implica que es necesario ayudar a los estudiantes para que atraviesen el reconocimiento de la complejidad desde una perspectiva positiva y empoderadora. No hay que darles soluciones sino animarlos a que las encuentren.

También es importante ayudar a que los estudiantes entiendan que siempre hay un riesgo epistémico [27] en todo proyecto de investigación (no saber lo que no se sabe) y que no siempre se obtienen los resultados esperados. Se tiene que entender que los proyectos de investigación tienen algunas similitudes con los emprendimientos productivos, ya que en ambos casos pueden tener resultados diferentes a los previstos.

Ésto no implica que se acepte trabajar mal sino que se trabaje de forma tal que otros puedan utilizar el conocimiento generado por los proyectos. Este es un objetivo muy importante de educación científica; la población tiene que comprender que la investigación y desarrollo tiene riesgos asociados y que no siempre se obtienen los resultados deseados pero que siempre se puede aportar el conocimiento generado o capturado a otros. Y que -para que la investigación que se haga siempre les sirva a otros- es necesario usar metodología científica que asegure “rigurosidad” en el tratamiento de los temas. De esta forma se busca generar conciencia de que la rigurosidad científica es una herramienta de colaboración entre pares, y no un requerimiento elitista.

Adicionalmente, los estudiantes podrán utilizar una aplicación para celulares [25] que les permitirá conectarse con otros jóvenes que llevan a cabo acciones para el desarrollo sostenible, haciendo conocer lo que hacen e intercambiando información. Esta aplicación les permitirá ver dónde se están realizando esfuerzos para el logro de los ODS y cuáles son los objetivos en los que se trabaja menos (áreas de vacancia). Dado que los estudiantes tienen como objetivo llegar a competir en Feria de Ciencias, deberán compatibilizar su interés por compartir sus acciones y conocimientos con el de competir en la Feria, de forma similar a los científicos que deben compartir conocimientos pero a la vez publicar.

Estos logros de los chicos les permitirán considerar en el futuro si siguen una carrera científica o cómo podrán participar en actividades científicas como ciudadanos adultos responsables.

3.6 Las capacidades de los adultos que van a ayudar a los estudiantes en sus proyectos

Todos los adultos que desarrollarán las capacidades necesarias para apoyar a los estudiantes deberían llegar a comprender y valorar los Objetivos del Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030 [2], aplicándolos a casos concretos dentro de sus actividades cotidianas. Esto implica favorecer tanto la incorporación de valores de desarrollo sostenible específicos en sus actividades como de metodologías que se usan actualmente para resolver problemas complejos...innovando. Por lo tanto, los cursos de capacitación necesarios para apoyar el desarrollo de los nuevos proyectos de Feria de Ciencias actuarían como un mecanismo social de distribución de valor, el cual se generaría al incorporar nuevo conocimiento en sus actividades cotidianas.

El desarrollo y la conexión entre redes de innovación formadas por los participantes de los cursos de capacitación se realizará a través de la plataforma educativa del Instituto Universitario Aeronáutico y de las redes sociales.

3.7 La evolución del desarrollo de capacidades

Los cursos de desarrollo de capacidades se realizarán en tres niveles: introductorio, intermedio y avanzado (un nivel por año). El desarrollo de capacidades se realizará bajo la modalidad “justo a tiempo”, lo que implica no desarrollar contenidos “por si acaso”. Vivimos en un mundo rico en información y los participantes tienen que aprender a encontrar y procesar la que necesiten. *Los cursos les proveerán experiencias de aprendizaje* y una cantidad de información de apoyo (textos, vínculos, etc.) que les permita encontrar la información que necesitan... a medida que la necesiten.

Los cursos estarán orientados a la resolución de problemas y permitirán integrar saberes personales, profesionales y laborales con los de otros participantes. Todos los cursos requerirán actividades de reflexión para “aprender haciendo”. En particular, en los cursos del tercer trimestre se compartirán experiencias y saberes adquiridos en los dos cursos anteriores de ese mismo año y colaborando con los proyectos de los estudiantes- buscando capturar conocimientos nuevos y detectar nuevas necesidades de capacitación para el próximo nivel, las cuales serán tomadas en cuenta en el diseño de las experiencias y de los materiales para los cursos del año siguiente.

Además de tomar en cuenta las necesidades de los participantes en los cursos, se relevarán los nuevos requerimientos de los sistemas científico y educativo que vayan surgiendo a medida que se desarrollen los cursos. Estos requerimientos serán tomados en cuenta en el diseño de los próximos cursos. De esta forma, la institución universitaria establecerá vínculos de colaboración y confianza con los participantes de los cursos y con ambos sistemas.

3.8 Los estudiantes de carreras de profesorado de ciencias

Los estudiantes de los profesorados podrán inscribirse en los cursos para profesores a partir del momento en que estén en condiciones de realizar su práctica profesional docente. Se cree que la participación de los futuros profesores en estos cursos en una etapa de formación inicial puede contribuir a que incorporen más fácilmente los valores de los ODS y la participación de la comunidad en las actividades científicas.

3.9 Participación de los científicos y tecnólogos

Los científicos y tecnólogos que forman parte del SNCyT podrán actuar como asesores de los proyectos estudiantiles, con los mismos requisitos y reconocimientos que tienen los que asesoran los proyectos actuales de feria de ciencias. Las diferencias serán que: (a) la Jornada introductoria anual incorporará a los ODS y la Agenda 2030 e información acerca del trabajo en red; (b) los asesores trabajarán en red, en lugar de asignarle uno a cada proyecto. Esto debe ser así porque cada proyecto requerirá el apoyo de asesores de distintas áreas del conocimiento a medida que avance en su desarrollo; (c) Los asesores contarán con recursos en línea que los guiarán en su tarea y podrán participar en actividades de apoyo -presenciales o en línea- y pedir más experiencias o recursos a medida que se vayan identificando nuevas necesidades.

Para este grupo, participar asesorando a los chicos puede convertirse en un importante ejercicio de simulación de trabajo conjunto con otras áreas disciplinarias. Podrán ponerse a prueba en un contexto de bajo riesgo profesional y apreciar “como se siente” la Ciencia de la Sostenibilidad y bajo qué condiciones querrían participar en proyectos de investigación y desarrollo de esta área de conocimiento. Ésto a la vez le proveerá información al SNCyT para ir adecuándose y generar el nuevo conjunto de reglas e incentivos que necesita para incorporar progresivamente a la CS.

4. Consideraciones finales

Este es un modelo de introducción de una nueva área de conocimiento científico con fines sociales. No sabemos cuán exitoso va a ser desde la perspectiva de adecuación de los SNCyT. No podemos saber a priori cuántas personas se van a involucrar en el proyecto porque la participación de los estudiantes y de los adultos que los van a ayudar (incluidos los docentes de ciencias) va a ser voluntaria. La cantidad de miembros del equipo de capacitación (capacitadores, diseñadores, comunicadores, webmaster) dependerá de la demanda y del nivel de recursos provisto por los socios institucionales del proyecto. Debido a que este proyecto implica alianzas y acciones inter-institucionales no se puede especificar totalmente todavía la línea base de la intervención ni los métodos e instrumentos de medición de impacto. Sabemos que éstos- al igual que los criterios de evaluación de la nueva área de proyectos estudiantiles para Feria de Ciencias deberán surgir del desarrollo del proyecto y de negociación entre las partes. Sí sabemos a priori que se buscará establecer tanto indicadores de productos (outputs) como indicadores de resultados (outcomes).

Estas negociaciones son necesarias si pretendemos que “nuestro” proyecto sea socialmente empoderador y que nos anime a soñar más y a aceptar desafíos complejos “pensando juntos en la diversidad”. Y si actuamos como científicos- contribuyendo a generar conocimiento mientras lo hacemos- sabemos que otros podrán usarlo para construir un mundo mejor.

5. Referencias

1. *Declaración del Congreso Mundial de Ciencias- UNESCO (1999)- Conferencia Mundial de la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso-* Budapest, Hungría- 26 junio al 1º julio, 1999.
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000122938_spa
2. Cortassa, Carina G. (2015)- Del déficit al diálogo y después? Una reconstrucción crítica de la situación de la comprensión pública de la ciencia- *Revista CTS* Volumen 5, Número 2015-
http://www.revistaCTS.net/files/Volumen%205%20-%20Número%202015/cortassa_edit.pdf
3. Sabbatini, Marcelo (2015)- Novos modelos de percepção pública da ciência e da tecnologia: do modelo contextual de comunicação científica aos processos de participação social- *IV Encontro dos Núcleos de Pesquisa da Intercom-* NP09, Comunicação Científica e Ambiental.
4. Proyecto SACAP (Sistemas Ágiles de Capacitación para Desarrollo de Capacidades en Entornos de Alta Exigencia) y Proyecto Sinesis (Conocimiento Social).
5. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)- también conocidos como Objetivos Mundiales- son un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad.
<http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html> (Consultado diciembre 2018).
6. El objetivo explícito de la Ciencia de la Sostenibilidad es contribuir a la transición a la Sostenibilidad, es decir, señalar el camino hacia una sociedad sostenible. Busca integrar una pluralidad de conocimientos utilizando estrategias de investigación sistémicas, para no caer en simplificaciones inadecuadas que bloquean la comprensión y conducen a supuestas “soluciones” que generan problemas aún más graves que los que se pretendían resolver. La revolución científica que supone la Ciencia de la Sostenibilidad va más allá de la unificación de campos y resulta aún más profunda: una ciencia *transdisciplinar* que potencia la participación ciudadana desde el origen mismo de los estudios realizados- es decir, que apuesta por una plena integración ciencia/sociedad que rompa el aislamiento del mundo académico y multiplique la efectividad del trabajo conjunto. <http://www.oei.es/historico/decada/accion/php?accion=24> (Consultado diciembre 2018).
7. La UNESCO pondrá en práctica enfoques integrados de la ciencia y la ingeniería para el desarrollo sostenible, llamada “ciencia de la sostenibilidad”. Estos enfoques integrados, que resuelven problemas, se basan en toda la variedad de conocimientos científicos, tradicionales y autóctonos de manera transdisciplinaria para detectar, comprender y afrontar los retos económicos, ambientales, éticos y sociales.
<http://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000227860>
8. “El siglo XXI debe ser para la ciencia el siglo del medio ambiente y la comunidad científica debe reorientar su maquinaria hacia la resolución de problemas que amenazan el futuro de la humanidad”- Lubchenko, J. (1998)- *Entering the century of the environment- A new social contract for science- Science* 279, 5350, p.491-497
9. La Teoría General de Sistemas fue desarrollada por Ludwig von Bertalanffy en 1937. De ella derivan una familia de teorías que tratan de explicar el funcionamiento del mundo que nos rodea desde una perspectiva holística.
10. Las pequeñas iniciativas (small starts) constituyen un método para lograr innovaciones rápidamente. Se basa en trabajo en equipo y en hacer pruebas piloto de todo. Las pequeñas iniciativas implican desembolsos relativamente pequeños inicialmente, a los que se les va sumando financiamiento adicional en la medida que se

obtienen nuevos resultados. Este método permite acotar el riesgo vinculado a los proyectos de investigación, desarrollo e innovación. Se usa mucho para desarrollar soluciones innovadoras en transportes y en otros sectores.

11. Meadows, Donella H. (1997)- *Lugares donde intervenir en un sistema-Whole Earth*, Winter 1997- Traducción de Miguel Martín (Cacit Group)- <http://jmonzo.net/blogeps/lugaresdondeintervenirenunsistema.pdf> (Consultado diciembre de 2018).
12. El **Informe Brundtland** es un informe que enfrenta y contrasta la postura de desarrollo económico actual junto con el de sustentabilidad ambiental. El informe fue elaborado por distintas naciones en 1987 para la ONU, por una comisión encabezada por la doctora Gro Harlem Brundtland entonces primera ministra de Noruega. Tenía el propósito de analizar, criticar y replantear las políticas de desarrollo económico globalizador, reconociendo que el avance social se estaba llevando a cabo a un costo ambiental alto. Originalmente, se llamó Nuestro Futuro Común. En este informe, se utilizó por primera vez el término desarrollo sostenible (o desarrollo duradero), definido como aquel que *satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones*.
13. UNESCO (1999)- *Conferencia Mundial de la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso*- Budapest, Hungría- 26 junio al 1º julio, 1999- https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000122938_spa
14. Fernández, Ana; Cunha, Jorge; Ferreira, Paula; Ares Gómez, Enrique (2015)- Research and development Project assessment and social impact- *Production* 25(4), p. 725-738, oct.-dic. 2015- doi: 10.1590/0103-6513.110212
15. ONU (2017)- *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*- https://unstats.unorg/sdgs/files/report/2017/TheSustainableDevelopmentReport2017_Spanish.pdf
16. Los 5 lugares más poderosos (de la lista de 9 “lugares para intervenir en un sistema”) en orden de importancia (y poder) creciente son: 5. Flujos de información; 4. Las reglas del sistema (incentivos, castigos, limitaciones); 3. Auto-organización; 2. Metas del sistema; 1. El paradigma del cual surge el sistema.
17. Holley, June (2012)- *Network Weaver Handbook*- Athens, Ohio: Network Weaver Publishing
18. La **ciencia ciudadana** involucra al público general en actividades científicas y fomenta la contribución activa de los ciudadanos a la investigación a través de su esfuerzo intelectual, su conocimiento general, o sus herramientas y recursos. <http://www.csic.es/libro-verde-de-la-ciencia-ciudadana>
19. Vannevar Bush propuso en 1945 un modelo lineal de innovación (investigación básica→investigación aplicada→desarrollo tecnológico→innovación). Este modelo está actualmente en crisis- Apareció originalmente en: Bush, V. (1945)- *Science: The endless frontier*.
20. El conocimiento sistémico describe cómo funcionan los sistemas desde una perspectiva holística o global (no reduccionista) y cómo interactúan entre sí las partes y subsistemas que los componen.
21. El conocimiento transformador es aquel que permite obtener soluciones a problemas enrevesados o complejos. Tiene impacto científico y social.
22. United Nations Global Compact- *Pacto Global de Naciones Unidas- Una llamada a la acción para empresas sostenibles*-https://www.pactomundial.org/wp-content/uploads/2018/02/Flyer-New-Strategy_GC_2018_20180126.pdf
23. El pensamiento de diseño es una metodología para la resolver problemas ofreciendo soluciones que responden a las necesidades reales de las personas. Aplica la forma de pensamiento y de trabajo de las personas especialistas en diseño, *integrando enfoques de distintos campos y metodologías*. Favorece y promueve la empatía, la intuición, la creatividad y la generación de ideas innovadoras. Aplicada a la educación favorece el desarrollo de competencias para la resolución de problemas mediante el trabajo en grupo, de forma creativa.
24. La metodología de desarrollo ágil de software involucra un enfoque para la toma de decisiones basados en el desarrollo iterativo e incremental, donde los requisitos y soluciones evolucionan con el tiempo según la necesidad del proyecto. Así el trabajo es realizado mediante la colaboración de equipos auto-organizados y multidisciplinarios, inmersos en un proceso compartido de toma de decisiones a corto plazo. Cada iteración del ciclo de vida incluye: planificación, análisis de requisitos, diseño, codificación, pruebas y documentación. Tiene gran importancia el concepto de "Finalizado" (Done), ya que el objetivo de cada iteración no es agregar toda la funcionalidad para justificar el lanzamiento del producto al mercado, sino incrementar el valor por medio de "software que funciona" (sin errores). Los métodos ágiles enfatizan las comunicaciones cara a cara en vez de la documentación. Actualmente las metodologías ágiles de desarrollo se utilizan para el desarrollo de otros productos digitales, como contenidos y cursos de elearning.
25. Las capacidades individuales en la terminología del desarrollo son lo que los individuos son pueden ser y hacer. Este enfoque implica la libertad de elegir entre más de una opción... Steward sostiene que las capacidades colectivas no son reducibles a capacidades individuales y pautan la acción colectiva. La interacción entre miembros de una comunidad o grupo (incluyendo normas y valores) es importante para determinar los resultados y trasciende la acción individual. Steward, F (2005)- Groups and capabilities- *Journal of Human Development*, 6(2), 185-204
26. Riesgo epistémico es “no saber lo que no se sabe”, de acuerdo con el filósofo alemán Jürgen Habermas
27. Mapting; <http://www.maptng.org>