

URL: <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/dialogo/index>

CORREO ELECTRÓNICO: [universidaddialogo@una.cr](mailto:universidaddialogo@una.cr)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/udre.11-2.1>

# E-Extensión universitaria, una herramienta para difundir el modelo acuapónico para contribuir a la innovación en la producción de alimentos orgánicos, con baja huella de carbono y agua

## University e-Extension: A Tool to Spread the Aquaponic Model to Contribute to the Innovation of Organic Food Production, With Low Carbon and Water Footprints

*María Cristina Scaglione*

Universidad Nacional del Litoral

Santa Fe, Argentina

[mcscaqli@fcv.unl.edu.ar](mailto:mcscaqli@fcv.unl.edu.ar)

*Raúl Delmar Cerutti*

Universidad Nacional del Litoral

Santa Fe, Argentina

[rcerutti@fcv.unl.edu.ar](mailto:rcerutti@fcv.unl.edu.ar)

Recibido: 31/08/2020 • Aceptado: 18/01/2021

**Resumen.** La E-Extensión universitaria juega un papel preponderante en la difusión y adopción de nuevas tecnologías de producción de alimentos. Las crecientes demandas de una población mundial en crecimiento explotan cada vez más los recursos hídricos, la tierra y los ecosistemas a nivel mundial. Para promover soluciones integrales, altamente sustentables e innovadoras, escogimos como modelo a la acuaponía y a las TIC para la difusión a docentes, al alumnado y a productores familiares. El uso intensivo de TIC permitió realizar acciones de forma remota y en tiempo real, monitorear situaciones concretas y producir cambios permanentes en conductas y actividades. Se logró la interacción entre personas de diferentes espacios sociales y geográficos, relacionando sus realidades culturales y dejando atrás las barreras

de tiempo y espacio. En el marco de esta nueva cultura, la extensión tiene grandes oportunidades de aprovechar una serie de instrumentos que potencian el trabajo de las personas extensionistas.

**Palabras clave:** acuaponía, alimentos orgánicos, educación, E-Extensión, TIC.

**Abstract.** University e-Extension plays a preponderant role in the diffusion and adoption of new food production technologies. The increasing demands of a growing world population are putting increasing pressure on water resources, land use, and ecosystems globally. To promote comprehensive, highly sustainable, and innovative solutions, we chose aquaponics as a model and for the dissemination of ICTs to teachers, students, and family producers. The intensive use of ICTs made it possible to carry out actions remotely and in real time, monitor specific situations, and produce permanent changes in behaviors and activities. The interaction between people from different social and geographical spaces was achieved, linking their cultural realities, and leaving behind the barriers of time and space. In the framework of this new culture, e-Extension has great opportunities to make the most of instruments that enhance the work of extensionists.

**Keywords:** aquaponics, education, extension, organic foods, TIC.

## Introducción

La función de la extensión universitaria en sí misma es una expresión de la función social que deben cumplir y desarrollar nuestras instituciones de educación superior, debe ser interpretada como la función universitaria que facilita y promueve la interacción entre la docencia y la investigación con las comunidades, y por ende con los hechos sociales.

Las comunidades representan unidades sociales complejas, donde confluyen diferentes variables y situaciones íntimamente relacionadas, donde la extensión universitaria puede aportar diferentes perspectivas para el trabajo de la docencia y la investigación, lo que propicia la interacción y la participación activa de las personas implicadas (estudiantes, cuerpo académico, vecinos, vecinas, personas obreras, etc.), y genera a su vez compromiso social.

Pérez (2007) asume la extensión como un medio para articular la universidad con la sociedad bajo la inferencia “de un paradigma” que orienta a la sociedad hacia un desarrollo sostenible, equitativo y respetuoso de los derechos de las personas. Un concepto que define a la extensión universitaria como una función que le permite a la universidad interactuar proactivamente con su

entorno social, el cual se erige como una dimensión más del proceso educativo y se articula transversalmente con las restantes funciones universitarias, promoviendo intra y extra muros cultura, ciencia, técnica y valores que comprometen a la persona con la sociedad.

La extensión ha jugado un papel preponderante en la difusión y adopción de las tecnologías pecuarias. De hecho, ha existido una creciente tendencia hacia los nuevos enfoques con métodos participativos para generar innovación, a partir de los cuales se construyen nuevas formas de aprendizaje para fortalecer el conocimiento.

Las TIC o NTIC (nuevas tecnologías de la información y la comunicación) son las que surgen y se desarrollan con una velocidad admirable en los últimos años, en el marco de la llamada *revolución del conocimiento*, de la que surge la *sociedad de la información y del conocimiento*, cuestión hoy indiscutible en la que se enmarcan nuestras vidas y nuestros trabajos.

Más concretamente, las TIC son las herramientas que permiten el procesamiento y la circulación de información de forma más acelerada, en mayor volumen, para mayores grupos metas, lo que posibilita al mismo tiempo mayores posibilidades de comunicación, de diálogos, de intercambios entre públicos diversos y de localizaciones remotas, por ejemplo. Las TIC actualmente son Internet como *vedette* indiscutible, pero también las videoconferencias, los foros de discusión, el material multimedia, como videos, audios, etc. (Palmieri, 2009).

Estas herramientas han revolucionado todos los ámbitos del hacer humano y la extensión rural no podía estar por fuera de este proceso globalizado. Algunos autores comienzan a hablar de *E-Extensión*, un concepto emergente alusivo a la rápida incorporación de TIC en programas y acciones de extensión clásicas.

Se entiende por E-Extensión aquellas tareas de extensionismo que se basan en el uso intensivo de TIC y que suponen el desarrollo de muchas de las acciones de forma virtual y a distancia. Además de permitir la realización de acciones de forma remota, incorpora la posibilidad de otros dos aspectos novedosos y muy interesantes: realizar acciones en tiempo real (por Internet) y con mayor número de participantes en forma simultánea. En el marco de esta nueva cultura, la extensión tiene grandes oportunidades de aprovechar una serie de instrumentos que potencian el trabajo de los y las extensionistas.

Los y las profesionales en medicina veterinaria siempre se comprometieron ante las demandas sociales, reconociendo la importancia de situarse no solo como espectadores y espectadoras, sino ser una parte activa de la

problemática, donde debe pensar, reflexionar y actuar; y donde la búsqueda de soluciones (tecnológicas, productivas, en salud animal y pública) los y las implica directamente y posiciona ante un trabajo resuelto grupalmente. Es en este escenario donde el o la profesional en medicina veterinaria tiene un deber indelegable e impostergable de compromiso social, educativo, en extensión y en vinculación.

Debido a las crecientes demandas de una población mundial en crecimiento, que explota cada vez más los recursos hídricos, el uso de la tierra y los ecosistemas, a nivel mundial se promueven enfoques integrados para la seguridad alimentaria, la energía baja en carbono, la gestión sostenible del agua y la mitigación del cambio climático.

En este contexto surge la acuaponía como sistema de producción sostenible con cada vez mayor impacto a nivel mundial. La acuaponía aportaría soluciones integrales, altamente sustentables e innovadoras, optimizando el uso de agua, de nutrientes y de los flujos de energía, reduciendo significativamente la huella de carbono y agua, minimizando el impacto ambiental e impulsando la diversificación pecuaria con producción de alimentos de origen acuícolas y agrícolas, saludables, libres de emisiones y plaguicidas, respondiendo al gran desafío del siglo XXI de la seguridad alimentaria.

A pesar de su gran potencial para afrontar la seguridad alimentaria y la generación de ingresos, la acuaponía en Argentina aún no logra un desarrollo masivo a escala familiar y como estrategia educativa, para ello es necesario dominar la infraestructura tecnológica, biológica y los parámetros de manejo.

En la actualidad, Scaglione et al. (2019) proponen la acuaponía como herramienta didáctica para la integración de conocimientos en la enseñanza y el aprendizaje de contenidos interdisciplinarios en ciencia y tecnología y el desarrollo de competencias para la formación integral del estudiantado. Mediante esta técnica novedosa, la persona docente y el o la estudiante están en un proceso de aprendizaje por medio de un modelo real de producción sustentable con el medio, con baja huella de carbono y agua, que puede interactuar con el conocimiento científico de manera sencilla, logrando una verdadera cohesión entre el facilitador o la facilitadora y la persona que aprende, de tal forma que ambas partes se identifiquen con el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por ello, resulta esencial impulsar la difusión del sistema acuapónico a través de la extensión, para promover la vinculación y transferencia de infraestructura y competencias al sector productivo e impulsar el desarrollo científico-tecnológico y el progreso económico, productivo, social y educativo.

El objetivo de este artículo es transmitir la experiencia de la aplicación de TIC en extensión universitaria (E-Extensión) como medio para potenciar el rol de la universidad y hacer extensivo el modelo de acuaponía como sistema transversal de conocimiento a nivel productivo y educativo.

El punto de partida lo constituyen las nuevas tecnologías en el contexto de las instituciones de educación superior, vinculando tanto la docencia y la investigación como la extensión. Se continúa con los escenarios extensionistas donde se pueden insertar las TIC, particularmente se destacan dos: la extensión académica y la extensión comunitaria. En síntesis, se trata de un tema que tiene muchas aristas, destacándose algunas reflexiones en cuanto a las potencialidades que ofrecen las TIC como medio para dimensionar las relaciones de la universidad con su entorno.

## **E-Extensión**

Tal como lo afirma Lafuente López (1997), la tecnología no debe confundirse con lo representado exclusivamente por aparatos y equipos, ya que se trata de un asunto más relevante y significativo, referido a la aplicación sistemática de la ciencia y otros conocimientos organizados, y a la solución de problemas concretos dentro de un contexto cultural determinado.

De allí que las TIC deben contribuir a reforzar los vínculos sociales y no a su ruptura, ya que brindan oportunidades para que las personas estén informadas a través de nuevas y amplias formas de comunicación, así como posibilidades para construir el conocimiento e integrar y compartir esfuerzos comunicacionales y de almacenamiento de información, especialmente en el ámbito universitario.

Las TIC en este trabajo fueron elementos claves para la difusión de información, así como también una herramienta de transferencia del conocimiento del desarrollo acuapónico, su empleo fue estratégico para el cuerpo docente, el alumnado y productores familiares.

El uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) como herramientas permitió el intercambio de información aún en lugares remotos, de esta manera se mantuvo comunicación entre los diferentes actores, se intercambió información, se tramitaron recursos, se gestionaron servicios y, cuando las condiciones lo requirieron, se logró la vinculación.

Las distancias a través de las TIC se redujeron, permitiéndonos estar en tiempo real en el momento oportuno. Una oportunidad excelente para dar

asistencia técnica remota, monitorear situaciones concretas y producir cambios permanentes en conductas y actividades.

Dado que en este proyecto los destinatarios fueron heterogéneos, la comunicación entre los actores se garantizó dependiendo de la madurez digital, del equipamiento (PC, Notebook, Tablet, celular), de la conectividad (wifi, datos móviles) y por supuesto de la predisposición y los conocimientos de las partes. Esto se pudo lograr a través de diferentes TIC, dependiendo del receptor, principalmente chat por diversos medios (WhatsApp, Facebook e Instagram), mediante texto, voz, imagen y texto, imagen y audio.

Finalmente, debido a la situación de aislamiento social provocada por la pandemia del COVID-19, se incrementó el uso de otros recursos, como las videoconferencias por plataformas virtuales (Zoom, Instagram, YouTube y Google Meet). Para todo ello se escogieron preferentemente herramientas gratis.

En tiempos normales, la transformación digital educativa presentó interesantes desafíos en la E-Extensión, permitiendo optimizar los tiempos y las distancias en forma remota. Esta experiencia nos permitió en tiempos de emergencia, como la actual pandemia, y aislamiento social repensar en forma inmediata las estrategias, encontrar respuestas inteligentes y creativas para continuar con las tareas de extensión universitaria: aportar conocimientos, resignificar el trabajo y formar al estudiantado, a productores familiares y a profesionales.

Las TIC antes mencionadas nos permitieron interactuar en tiempo real o no, pudiendo enviar imágenes como respuesta a la situación planteada, por ejemplo, logrando transmitir planos y diseños de los sistemas acuapónicos, adecuándolos a cada lugar y situación, con la posibilidad de repensarlos hasta la adecuación del mismo al entorno.

Por videollamadas se pudieron transmitir las maniobras paso a paso para el armado de los sistemas dirigidas a los productores familiares, los y las docentes y al alumnado, también para ver lo que sucedía ante un problema y proponer acciones correctivas, se pudieron resolver carencias nutricionales en los vegetales y corregirlas, etc. Todo esto se pudo hacer en tiempo real o diferido y permitió además recibir más de una opinión a la vez. Estas TIC también permitieron la vinculación con foros y grupos de acuaponía, asesorando, consultando e intercambiando opiniones técnicas sobre la temática.

La implementación de la E-Extensión requirió, por un lado, el diseño y la implementación de nuevos programas de formación de capital humano, apoyados

en las tecnologías de la información y la comunicación, y, por el otro, de la capacitación y/o del perfeccionamiento del equipo extensionista, así como también de los y las docentes, del alumnado y de los productores familiares a través de estas herramientas, para integrarse a los nuevos paradigmas y así promover la generación y aplicación de nuevos conocimientos en el sistema acuapónico.

Uno de los mayores atributos de la E-Extensión es la posibilidad de interacción entre personas de diferentes espacios sociales y geográficos, relacionando sus realidades culturales y dejando atrás las barreras de tiempo y espacio.

La apropiación de las TIC fue cada vez más eficiente y rápida en el transcurso del proyecto, debido al avance de la tecnología, la mejora en la conectividad y las competencias en el uso de las TIC entre extensionistas, docentes, alumnado y personas productoras.

La incorporación de las TIC en la extensión constituye una herramienta más, permitiéndole a la persona extensionista tradicional adecuarse a la nueva realidad y lograr mejores resultados. Al respecto, Espíndola (2005) considera que la E-Extensión debe entenderse como una modernización creciente y acelerada de la extensión, y no como una “nueva extensión que competirá y sustituirá la anterior”, ya que el rol de la persona extensionista es imprescindible, dado que todo proceso de transferencia de información debe estar conducido por especialistas con compromiso, y las herramientas son básicamente instrumentos para desarrollar el rol profesional de la persona extensionista.

### **Acuaponía: herramienta de desarrollo social, económico y educativo**

La agenda para el desarrollo sostenible 2030 contempla 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) establecidos por 197 Estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), marcando el camino hacia la prosperidad bajo una visión global a largo plazo.

La lucha contra el hambre y la malnutrición no consiste solo en impulsar la producción de alimentos, sino que también tiene relación con el aumento de los ingresos, la creación de sistemas alimentarios resilientes y el fortalecimiento de los mercados para que las personas puedan tener acceso a alimentos sanos y nutritivos, aun en el caso de que una crisis les impida cultivar lo suficiente por sí mismos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura-Agenda 2030. (FAO, 2018)

En este contexto, la acuaponía, sistema de producción sustentable, sostenible, amigable con el ambiente, con baja huella de carbono y agua, toma cada vez mayor protagonismo en la economía circular a nivel mundial. Los sistemas acuapónicos a escala comercial tienen un auge en los mercados locales de la Unión Europea, Australia, Estados Unidos y Canadá. En Latinoamérica está en estado incipiente, aún no se utiliza de forma masiva el sistema acuapónico como estrategia de educación a escala familiar para mejorar la seguridad alimentaria y la generación de ingresos.

La acuaponía es un modelo innovador de sistema de producción integrado de alimentos vegetales (hortalizas, aromáticas, medicinales, frutas para consumo humano y forraje para animales) y animales acuáticos (peces, crustáceos y moluscos), que presenta un potencial productivo y económico de los más sustentables, ambientalmente hablando, para contribuir a la producción de alimentos orgánicos y brindar seguridad alimentaria.

Este sistema permite el reciclaje por microorganismos de los efluentes generados por el cultivo acuícola en nutrientes biodisponibles para las plantas, lo que limita la contaminación por desecho de estos efluentes al medio ambiente. En consecuencia, se generan alimentos ricos en minerales y vitaminas, restituyendo el valor nutricional de los alimentos (Wongkiew et al., 2017).

Este sistema funciona en condiciones controladas a lo largo del año, no depende de los ciclos ambientales ni de los de producción, como la agricultura tradicional, por lo tanto, garantiza alimentos e ingresos constantes. Además, es una producción libre de agroquímicos, incrementando la bioseguridad y la inocuidad de los alimentos.

Es un sistema altamente eficiente en agua, ya que se ahorra hasta el 90 % de agua comparado con la agricultura tradicional y se utiliza solo el 1 % del agua dulce usada por sistemas tradicionales de acuicultura (Geisenhoff et al., 2016). En este aspecto, se puede realizar acuaponía en cualquier geografía, climatología e hidrología.

La tecnología del sistema de acuaponía es relativamente simple, escalable, replicable y de bajo impacto ambiental, aunque se requiere conocimiento y habilidades para su adecuado manejo y mantenimiento.

En términos generales, la acuaponía es un sistema de producción en el cual los desechos provenientes de los organismos acuáticos (por lo general peces) son convertidos a través de la acción bacteriana en nitratos, los cuales sirven como fuente de alimento para las plantas. El principio se basa en que los nutrientes

requeridos para el crecimiento y desarrollo de las células vegetales son muy similares a los desechos producidos por los peces y que son liberados en el agua.

Las plantas funcionan como filtros biológicos y toman del agua lo que necesitan, y así, al absorber estos compuestos, limpian el líquido que regresa a los peces, permitiendo a estos últimos vivir en un medio adecuado para su crecimiento y desarrollo (Kloas et al., 2015).

El principio biológico para el adecuado funcionamiento del sistema acuapónico se basa en el ciclo del nitrógeno y cuenta con tres constituyentes biológicos primordiales: los peces, las plantas y las bacterias nitrificantes, los cuales se encuentran en una íntima relación, donde el ingreso de nutrientes es por medio del alimento suministrado a los peces y el elemento común es el agua.

Existen dos grupos bacterianos esenciales para que los sistemas funcionen de forma correcta, los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. La descomposición de los restos de alimento y la excreción de los peces liberan amoníaco en el agua, el cual se ioniza en amonio, convertido en nitrito por las nitrosomonas; posteriormente, este nitrito es transformado en nitrato por las nitrobacterias (Maucieri et al., 2018).

Aunque las plantas, hasta cierto grado, pueden absorber amonio del agua, los nitratos son más fácilmente asimilados. Tanto el amonio como el nitrito son altamente tóxicos para los peces, incluso en concentraciones muy bajas, y deben ser controlados especialmente en sistemas cerrados de cultivo, mientras que el nitrato solo lo es en concentraciones muy elevadas (Zou et al., 2016).

Este sistema de cultivo es prometedor, debido a sus ventajas: reduce el consumo del agua en los cultivos a través del sistema de recirculación, baja los costos de calentamiento o enfriamiento del agua, genera una mayor sanidad de los vegetales, porque no se pueden utilizar agroquímicos debido a la presencia de peces en el sistema, lo que representa un ahorro en el proceso productivo, pues la mayoría de los nutrientes para las hortalizas son producidos por los peces a través de las excretas, en un mismo tiempo se obtienen productos animales y vegetales que pueden ser utilizados para consumo humano, se disminuye significativamente el impacto al ambiente, ya que al ser un sistema cerrado con filtros biológicos integrados hay una reducción considerable de aguas residuales. Con esto se optimizan diferentes recursos, tales como mano de obra, espacio físico y agua (aumenta la carga animal por m<sup>3</sup> en comparación con otros sistemas de producción intensiva), alimentos balanceados y nutrientes para las plantas (nitratos).

En este sistema, los desechos metabólicos generados por los peces y los restos de alimento son utilizados por los vegetales y transformados en materia orgánica vegetal. De esta forma, se genera un producto de valor a través de un subproducto desechable, con la ventaja de que el agua libre ya de nutrientes queda disponible para ser reutilizada.

Este sistema permite el reciclaje del agua, existiendo la posibilidad de utilizarla sin necesidad de realizar recambios de agua totales ni parciales (Moldovan y Bala, 2015). Gracias a esto, los sistemas acuapónicos trabajan sobre dos puntos de gran interés en producción, rentabilidad y tratamiento de desechos.

Los principales componentes de un sistema acuapónico descrito por Rakocy et al. (2016) son el tanque para cultivar los peces, la bomba de aireación para proveer de oxígeno a los peces, la bomba de agua para dirigir el agua desde el tanque de los peces a los cultivos hidropónicos y de vuelta al tanque de peces en un sistema cerrado de recirculación, el biofiltro para albergar las bacterias nitrificadoras (*Nitrosomonas sp.* y *Nitrobacter sp.*) que convierten el amonio en nitrito y el nitrito en nitrato, el sistema de cultivos hidropónicos (camas con sustrato sólido, sistemas de raíz flotante, caños PVC con película de nutrientes, entre otras opciones).

## Recursos humanos

Desde hace unos años, el equipo de investigación-extensión en acuaponía de la Facultad de Ciencias Veterinarias (FCV) participa en un proceso de formación, experimentación y vinculación con el medio. Interactúa con investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) y la Facultad Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH), dependientes de la Universidad Nacional del Litoral (UNL), el Instituto Nacional de Limnología (INALI) y el instituto de doble dependencia CONICET-UNL.

Se vinculan diferentes áreas de conocimiento en cultivos intensivos, biotecnologías acuícolas y manejo de animales acuáticos (con enfoque en nutrición, fisiología de procesos de adaptación y cronobiología de las especies), con experiencia en sistemas de recirculación, monitoreo de la calidad del agua, arquitectura bioclimática y sistemas de producción agroalimentaria para desarrollar soluciones de producción sustentable de alimentos y así fungir como eje articulador entre la generación de investigación y conocimientos novedosos y su transferencia al sector productivo.

Como valor agregado, involucra docentes, alumnos, alumnas, productores familiares y profesionales, que incrementan sus conocimientos en producción de alimentos de origen animal y vegetal, realizan un ejercicio académico-práctico, optimizando la producción de alimentos orgánicos, y crean paquetes tecnológicos, siendo potenciales líderes de desarrollos de las nuevas tecnologías para fortalecer el desarrollo productivo y económico. El grupo está relacionado con grupos de investigación internacionales.

En el transcurso de los años, hemos evidenciado que la acuaponía requiere de principios científicos de operación y diseño que implican conocimientos profundos de biología, ingeniería y ciencias básicas, condición que se omite en muchas ocasiones al momento de implementar estos sistemas. Por ello, resulta esencial impulsar la investigación, innovación tecnológica y extensión sobre esta actividad y generar conocimiento científico de vanguardia, para establecer la vinculación de la ciencia aplicada al sector productivo, mediante la difusión, transferencia de tecnología y capacitación de productores de alimentos orgánicos.

## Estudio de casos

### *E-Extensión en escuelas: la acuaponía como estrategia didáctica para la integración de conocimientos*

En las escuelas el sistema acuapónico fue utilizado como estrategia educativa para la enseñanza y el aprendizaje de contenidos interdisciplinarios en ciencia y tecnología y el desarrollo de competencias para la formación integral del estudiante. Propusimos a la acuaponía (sistema complejo) como un recurso didáctico transversal en el que se puede experimentar la interdisciplinariedad, donde las disciplinas son instrumentos que ayudan y contribuyen a descubrir e interpretar la realidad, donde se percibe la globalidad de la naturaleza, en la que casi todo está relacionado, nada está incomunicado y todo forma parte de todo: el agua, el aire, el sol, la tierra y los alimentos que nos ofrece.

Los escenarios escogidos para la aplicación de esta experiencia piloto fueron diferentes escuelas de la provincia de Santa Fe. La selección de las instituciones se basó en la disposición de la institución y sus docentes para apropiarse de esta herramienta innovadora y su predisposición a la aplicación de las TIC.

Las prácticas pedagógicas para el desarrollo de las actividades basadas en el sistema acuapónico se planificaron y consensuaron con los profesores y

las profesoras de forma virtual. Para ello, con apoyo de la virtualidad, se realizaron entrevistas con los y las docentes de las escuelas seleccionadas, se elaboraron las guías didácticas, se dictaron cursos generales y específicos sobre la temática, se seleccionaron los materiales del set de acuaponía, se estudió el material físico y se previeron los posibles errores o riesgos que se pueden presentar en su manipulación, así como las soluciones.

También se identificaron y propusieron los espacios apropiados para trabajar con el estudiantado y se diseñaron los instrumentos para recoger la información. El trabajo de campo comprendió la puesta en marcha del modelo pedagógico (sistema acuapónico) y la recolección de la información.

En primer lugar, se diseñó el sistema acuapónico. En el desarrollo de las clases teórico-prácticas y en el seguimiento del sistema se llevaron a cabo observaciones *in situ* y registros por parte del alumnado y del cuerpo docente. Las expresiones espontáneas emitidas por los actores y los registros del sistema se documentaron mediante diferentes TIC (videos, fotografías, audio, diario de campo con la aplicación Trello, hojas de cálculo y encuestas con formularios de Google Drive), utilizadas en las etapas de evaluación y seguimiento del sistema.

Somos conscientes de que la evaluación involucra a todo el proceso de adquisición y de construcción del conocimiento; las técnicas de ponderación del nivel de apropiación cognitivo y el grado de satisfacción de los actores involucrados comprendieron: la observación de la persona participante, la entrevista con docentes y estudiantes, grupo focalizado y encuestas.

De la información proporcionada por los y las docentes durante la observación, la entrevista, el análisis de contenido y la recopilación en la matriz de opiniones, se evaluó el funcionamiento, la consistencia, la relevancia, la pertinencia y la justificación del modelo pedagógico (acuaponía) para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

En el análisis y la interpretación de los resultados consideramos, por un lado, los resultados desde el conocimiento e interés expresado por estudiantes y docentes en la interacción y, por otro lado, las fortalezas, debilidades y oportunidades que ofrece la estrategia pedagógica implementada.

Para la valoración de los resultados del proceso de enseñanza y aprendizaje utilizamos evaluaciones continuas del proceso, sumativas y formativas, que dan cuenta del rendimiento cuantitativo de los y las estudiantes con la incorporación de esta propuesta integradora.

Además, realizamos encuestas de autovaloración en las que tanto estudiantes como docentes intervinientes manifestaron grado de interés, satisfacción, motivación, actitud positiva y otras ponderaciones que permitieron retratar la repercusión y la puesta en marcha de esta tarea interdisciplinaria.

La utilización de la acuaponía como estrategia didáctica para la integración de conocimientos presentó múltiples ventajas para favorecer el desarrollo de diversas competencias. Educar con un enfoque en competencias significa crear y proveer al estudiantado de experiencias de aprendizaje, para que puedan desarrollar habilidades que se consideran indispensables para realizar de forma satisfactoria las actividades solicitadas (Jiménez, 2016), activando distintos factores del aprendizaje que involucran las dimensiones cognitiva, afectiva y psicomotora.

Así, por medio de la realización de diversas actividades, como la experimentación y el manejo teórico y práctico de un sistema acuapónico, fue posible el desarrollo de las siguientes competencias genéricas: expresión y comunicación; pensamiento crítico y reflexivo; trabajo colaborativo; participación con responsabilidad social.

El conocimiento, la comprensión y el manejo de un sistema acuapónico permitieron el desarrollo de diversas competencias específicas, como las competencias matemáticas, las competencias en ecología y ambiente, las competencias en tecnologías, las competencias instrumentales, la información y representación, la competencia en comunicación, la competencia social, la competencia para aprender a aprender.

Pudimos comprobar que el uso de técnicas innovadoras, como la acuaponía y las TIC, motivan a docentes y a estudiantes, ya que experimentan un proceso de aprendizaje mediante un modelo real de producción sustentable con el medio, donde interactúan con el conocimiento científico de manera sencilla, logrando una verdadera cohesión entre el facilitador o la facilitadora y la persona que aprende, de tal forma que ambas partes se identifican con el proceso educativo. La comunicación de lo aprendido en el proceso escolar no solo benefició al alumnado, sino también a su entorno, generando algunos bioemprendimientos que fomentan un aprendizaje orientado a la economía circular.

La utilización de sistemas acuapónicos en docencia permitió el trabajo interdisciplinario, interactuando, compartiendo información, conocimientos y habilidades entre profesores/as-investigadores/as y docentes, impulsando nuevas formas de organización del trabajo académico y nuevas prácticas

para el desarrollo de la investigación, a partir de las cuales se produjo, de manera colectiva, un conocimiento especializado, situado en contextos particulares. Este modelo permitió la retroalimentación y el estímulo para la transversalidad de contenidos en la docencia y mejorar las instancias de aprendizaje intergeneracional (problemática emergente observada en mayor o menor medida en los ámbitos educativos).

### **E-Extensión en la comunidad: acuaponía urbana**

Los crecientes niveles de urbanización son consecuencia del incremento de la población urbana y de la migración de la población rural a las ciudades. La masificación de la población en centros urbanos y la demanda alimentaria actual fuerza la aparición de alternativas alimentarias. Está creciendo la revalorización de la huerta familiar, de producir el alimento propio, saludable, interesarnos por lo que comemos y su procedencia.

Los sistemas holísticos acuapónicos hacen hincapié en la producción de alimentos orgánicos urbanos para combatir el hambre, la malnutrición, la contaminación, el cambio climático, fomentar la solidaridad ciudadana y reverdecer las ciudades.

La FAO afirma que:

Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico y económico a suficientes alimentos, inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos, a fin de llevar una vida activa y sana.

En nuestro estudio de campo, a través de diferentes acercamientos a los sectores productivos, evidenciamos desconocimiento frente a esta innovadora tecnología, flexible, amigable con el medio ambiente y factible de usar para producción familiar de productos orgánicos de alto valor biológico (vegetales y peces).

Para dar respuesta a esta situación se plantea la E-Extensión en la vinculación con el medio productivo, incorporando el sistema acuapónico como un aporte para alcanzar los 17 ODS, la seguridad alimentaria, disminuir costos alimenticios y/o generar ingresos adicionales al hogar.

El equipo de trabajo, mediante vinculaciones y demandas concretas, trabajó en forma personalizada con cada actor a través de la TIC, planteando objetivos,

evaluando los conocimientos, los recursos económicos y espaciales, diseñando los sistemas, planificando el armado, realizando el seguimiento de la puesta en marcha y del funcionamiento.

- **Objetivos:** Conjuntamente se evaluaron intereses, preferencias, gustos y hábitos. Algunas personas, debido a su afición por el acuarismo, propusieron adaptar sus acuarios ornamentales a un sistema acuapónico, logrando un sistema multitrófico; otras vieron en este sistema la posibilidad de producir alimentos orgánicos para uso familiar. Todas las personas comenzaron con monocultivos de *Lactuca sativa* y paulatinamente pasaron al policultivo, agregando otros vegetales, como verduras (*Allium fistulosum*, *Allium ampeloprasum*, *Brassica oleracea*, *Brassica oleracea*), frutas (*Solanum lycopersicum*, *Solanum melongena*), aromáticas (*Ocimum basilicum*, *Mentha*), ornamentales y/o comestibles (*Tropaeolum majus*) y otras en pequeñas proporciones. La elección del cultivo acuícola estuvo limitada por la temperatura del agua que cada protagonista pudo lograr en el sistema. Los peces utilizados fueron principalmente *Rhamdia quelen*, *Piaractus mesopotamicus*, *Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, *Solea solea* y *Carassius*.
- **Conocimientos:** Se evaluaron los conocimientos iniciales sobre sistemas biológicos, interacciones, huertas, acuicultura, nuevas tecnologías y capacidad manual. El análisis de la información recolectada evidenció una marcada heterogeneidad en la formación necesaria para el manejo de un sistema acuapónico. Mediante diferentes TIC, se incorporaron los conocimientos faltantes, observando una rápida apropiación de ellos para cumplir con el objetivo.
- **Recursos económicos y espaciales:** En esta etapa se valoraron los recursos económicos que cada persona disponía para este fin. En la mayoría de los casos, al tratarse de sistemas productivos familiares, se utilizaron materiales reciclados. Los principales factores a la hora de decidir dónde colocar un sistema fueron: estabilidad del suelo; acceso a la luz del sol y sombreado; exposición al viento y a la lluvia; disponibilidad de servicios públicos; y disponibilidad de un invernadero o estructura de sombreado. Si bien la luz natural es el único insumo gratuito, es el peor utilizado. La producción vegetal debe optimizar la captación y distribución de la luz, a fin de obtener sus máximos rendimientos en cantidad y calidad. El diseño del sistema debe contemplar la orientación, las horas y la intensidad de luz recibida.

- Diseñando los sistemas: Con base en los datos obtenidos de las instancias precedentes, se diseñó cada sistema y se realizó el listado de materiales necesarios para su montaje. En la mayoría de los casos fue necesario un rediseño del sistema. La persona usuaria, al apropiarse de esta tecnología y comprobar la simplicidad en el manejo y mantenimiento del sistema, manifestó la necesidad de adaptarlo, proponiendo cambios de escala, de lugar, de readaptación y/o estéticos.
- Planificando el armado: Una vez diseñado el sistema y adquiridos los materiales y las herramientas para el armado, se proporcionaron mediante videollamadas las instrucciones detalladas de construcción paso a paso.
- Seguimiento de la puesta en marcha: Una vez que la unidad estuvo completa, se instruyó para preparar el sistema para la función de rutina. Antes de comenzar un nuevo sistema con peces y plantar las verduras, fue crucial asegurarse de que todos los equipos funcionaran correctamente. Los aspectos más importantes a verificar fueron la bomba de agua, la bomba de aire y los calentadores de agua (cuando correspondía). Fue esencial verificar que las tuberías NFT y los lechos de medios sean estables y equilibrados horizontalmente. Una vez que la unidad pasó las comprobaciones del componente inicial y estuvo funcionando durante dos o tres días sin dificultades, se comenzó a hacer un ciclo de la unidad (ciclo de sistema es el término que describe el proceso inicial de construir una colonia bacteriana en una nueva unidad de acuaponía). Este proceso de 3-6 semanas implicó la introducción de una fuente de amoníaco en la unidad para alimentar a las bacterias nitrificantes y ayudarlas a proliferar. Durante el proceso de ciclado fue vital mantener los niveles de amoníaco, nitrito y nitrato, asegurando que las concentraciones de amoníaco no se vuelvan dañinas para las bacterias ( $> 4$  mg/litro). Cuando la unidad completó el proceso de ciclado, los niveles de nitrato comenzaron a aumentar y los niveles de amoníaco y nitrito cayeron cerca de cero. Cuando el proceso inicial de ciclado se completó y el biofiltro estuvo en pleno funcionamiento se agregaron los peces y las plántulas en el sistema.
- Seguimiento de funcionamiento: Una vez estabilizado el sistema, mediante grupo de WhatsApp, plantillas Trello y videollamadas se asesoró e instruyó sobre diferentes mediciones de parámetros

(pH, amoníaco, nitrito, nitrato y temperatura) que sirvieron para el entendimiento del buen funcionamiento del sistema y anticiparse a posibles problemas.

De esta experiencia podemos resaltar:

- Debido a la diversidad de peces y plantas que se cultivaron en estos sistemas, los diseños resultaron muy variados adaptándose a cada necesidad y/o demanda.
- Los sistemas acuapónicos a escala familiar fueron diseñados bajo condiciones locales, principios tecnológicos de bajo costo y adaptados a espacios desaprovechados.
- La acuaponía familiar es un bioemprendimiento que genera ingresos económicos adicionales y es compatible con otras actividades.
- Estos sistemas familiares incorporaron hábitos productivos de autoconsumo de alimentos orgánicos y concientización del cuidado medioambiental.
- La E-Extensión permitió vincular personas con diferentes niveles educativos para desarrollar sistemas acuapónicos familiares con diferentes sistemas de complejidad.

## Reflexión

La promoción del desarrollo social, económico-productivo y ambiental es un objetivo prioritario. Para impulsarlo, creemos en las virtudes de aquellos procesos que se inician en la escala local y que, basados en el amplio despliegue de las identidades e idiosincrasias, enriquecen una dinámica de planificación.

Debemos identificar las potencialidades de la extensión universitaria para conocer y estar con las comunidades, para llevar y aproximar el conocimiento que se produce en las universidades con las necesidades del entorno, actuando sistemática y organizadamente con los métodos, las estrategias de investigación, así como con los recursos tecnológicos que faciliten la comunicación e interacción de las comunidades.

Este escenario conlleva a pensar en el uso de las TIC como un medio o soporte para propiciar y profundizar los vínculos de las universidades con su entorno, desde una perspectiva humanizadora que se consagre en los valores

presentes en las comunidades, respetando las identidades culturales, las creencias, las tradiciones, el folklore y la idiosincrasia de sus habitantes. Por tanto, la extensión universitaria debe procurar la convergencia del desarrollo económico y tecnológico con el desarrollo humano y sustentable.

Este equipo de trabajo propuso, mediante la incorporación de las TIC, ofrecer un espacio virtual para la transferencia de tecnología del sector académico hacia el sector educativo, social y productivo, para impulsar el desarrollo de modelos acuapónicos que sirvan como herramienta didáctica en las escuelas y los sistemas productivos accesibles a la comunidad.

La acuaponía se presenta como una alternativa de producción de alimentos en forma orgánica, sustentable y económicamente rentable, que dadas sus características podría implementarse en todo el territorio provincial (urbano y rural), siendo posible generar un impacto positivo a nivel educativo, económico, social y del medio. Debido a la gran diversidad de peces y plantas que pueden ser cultivados mediante este sistema, los usos y las aplicaciones resultan muy variados y adaptables a las necesidades y/o demandas específicas.

Es un interesante bioemprendimiento productivo enmarcado en la economía circular para el desarrollo regional, aprovechable por cualquier sector social debido a sus bajos costos de inversión. A su vez, es posible pensar la acuaponía en el marco del desarrollo de un plan de seguridad alimentario que permita acceder a una buena alimentación, a una educación ambiental y a la formación de personal técnico capaz de buscar alternativas superadoras de la problemática de escasez de agua, del aumento de zonas áridas debido al cambio climático y de la pérdida de los recursos originarios por la introducción de nuevas especies en cultivos agropecuarios.

La extensión del modelo acuapónico ofreció oportunidades de formación para todas las personas interesadas, aún para las que no tuvieron posibilidades de acceder a una educación sistemática en el nivel superior. La extensión universitaria en este caso fue posible gracias a las ventajas de la modalidad virtual, ya que los productores familiares, personas adultas en su mayoría, tenían dificultades para la modalidad presencial por razones horarias, laborales, de distancia o económicas.

La E-Extensión del sistema acuapónico como estrategia didáctica para la integración de conocimientos en las escuelas fue una gran oportunidad de motivación, tanto para el alumno o la alumna como para la persona docente. La incorporación de nuevos productos, concepciones de producción, recursos y

conocimientos estimuló la capacitación en el uso de estas nuevas tecnologías, disminuyendo la brecha generacional.

El personal docente y los y las estudiantes pueden no compartir un espacio físico o un tiempo determinado, pero la comunidad funciona igualmente en el ciberespacio.

Finalmente, consideramos que de este modo la universidad está creando espacios e instrumentos nuevos como una instancia superadora de la educación superior tradicional, a la vez que está cubriendo una necesidad de formación y contribuyendo en la construcción de una economía circular a través de un programa interdisciplinario que aporta soluciones integrales, altamente sustentables e innovadoras, optimizando el uso de agua, de nutrientes y de los flujos de energía, reduciendo significativamente la huella de carbono y agua, minimizando el impacto ambiental e impulsando la diversificación pecuaria con producción de alimentos de origen acuícolas y agrícolas, saludables, libres de emisiones y plaguicidas, respondiendo al gran desafío del siglo XXI de la seguridad alimentaria.

## Referencias

- Espíndola, D. (2005). TIC en la extensión rural. Nuevas oportunidades. *Revista Electrónica de ReDes*.
- FAO. (2018). Sustainable Development Goals, SDG indicators. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/en/>
- Geisenhoff, L. O., Jordan, R. A., Santos, R. C., Oliveira, F. C. D. y Gomes, E. P. (2016). Efecto de diferentes sustratos en la producción de lechuga acuapónica asociado al cultivo intensivo de tilapia con sistemas de recirculación de agua. *Engenharia Agrícola*, 36(2), 291-299.
- Jiménez, A. (2016). Acuaponía: herramienta educativa para el aprendizaje transversal de las ciencias. *Ciencia y Desarrollo*, 16(2), 83-90.
- Kloas, W., Groß, R., Baganz, D., Graupner, J., Monsees, H., Schmidt, U. & Wuertz, S. (2015). A new concept for aquaponic systems to improve sustainability, increase productivity, and reduce environmental impacts. *Aquaculture Environment Interactions*, 7(2), 179-192.
- Lafuente, R. (1997). *En el umbral del cambio: las tecnologías de la información y la comunicación*. México: UNAM, CUIB.

- Maucieri, C., Nicoletto, C., Junge, R., Schmautz, Z., Sambo, P. & Borin, M. (2018). Hydroponic systems and water management in aquaponics: a review. *Italian Journal of Agronomy*, 13(1/1012).
- Moldovan, I. A. y Bala, M. (2015). Analysis of aquaponic organic hydroponics from the perspective of setting costs and of maintenance on substratum and floating shelves systems. *Hortic Forest Biotechnol*, 19, 73-76.
- Palmieri, V. (2009). *Situación y desempeño de la agricultura en ALC desde la perspectiva tecnológica*. IICA.
- Pérez, L. (2007). Pertinencia y extensión universitaria en el contexto de la nueva universidad cubana. *Pedagogía Universitaria*, 12(1).
- Rakocy, J., Masser, M. P. & Losordo, T. (2016). *Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture*.
- Scaglione, M. C., Cadoche, L., Cerutti, R. D., García, M. J. & Boscarol, B. M. (2019). La acuaponía como estrategia didáctica para la integración de conocimientos. *El Cardo*, (15), 53-73.
- Wongkiew, S., Hu, Z., Chandran, K., Lee, J. W. & Khanal, S. K. (2017). Nitrogen transformations in aquaponic systems: A review. *Aquacultural Engineering*, 76, 9-19.
- Zou, Y., Hu, Z., Zhang, J., Xie, H., Guimbaud, C. & Fang, Y. (2016). Effects of pH on nitrogen transformations in media-based aquaponics. *Bioresource Technology*, 210, 81-87.