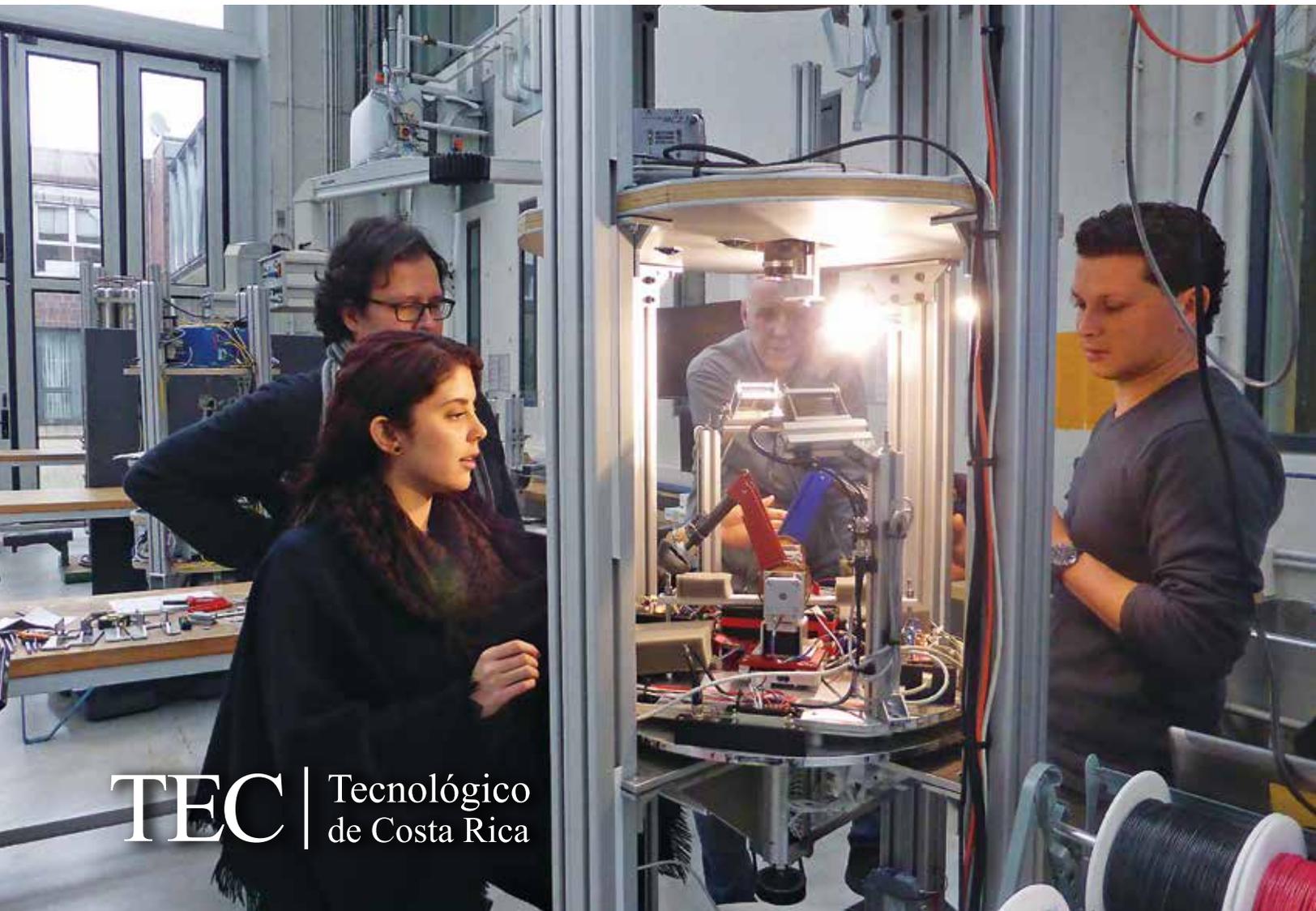


# Investiga. TEC

Mayo del 2017

Año 10. No. 29. ISSN 1659-3383



**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica

Presentación  
(página 2)

Proyecto de investigación exploró opciones de terapia génica para el tratamiento de enfermedades infecciosas  
(página 3)

Red de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte: un proyecto de extensión con colaboración interinstitucional  
(página 5)

Apuntes perplejos: ¿Últimos apuntes?  
(página 5)

DropTES Serie III: Experimento en microgravedad con prototipo de brazos robóticos a escala  
(página 7)

Sendero peatonal en el Parque Nacional Cahuita. La naturaleza al alcance de todos  
(página 10)

Escuchar y contar cuentos: estrategia para promover el envejecimiento activo de estudiantes del Programa del Adulto Mayor del TEC  
(página 12)

Máquinas inteligentes (*Smart Machines*)  
(página 14)

Parque de Desarrollo Humano en Alajuelita. Fortalecen gestión pública urbano territorial  
(página 18)

Agricultura de precisión: Agricultura precisa y exacta en tiempo, lugar y cantidad de insumos utilizados  
(página 20)

Economía circular: Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos: oportunidad para un sistema alimentario e institución sostenibles  
(página 22)



Portal Investiga.TEC

Investiga.TEC es una publicación cuatrimestral de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Editora:  
Marcela Guzmán O.

Comité Editorial:  
Dagoberto Arias A.  
Alexander Berrocal J.  
Marcela Guzmán O.  
Silvia Hidalgo S.  
Ileana Ma. Moreira G.

Teléfonos:  
(506) 2550-2315 ó  
(506) 2550-2151

Correo electrónico:  
vie-tec@itcr.ac.cr

Apartado postal 159-7050,  
Cartago, Costa Rica

Diseño gráfico:  
María José Montero V.  
Xinia Varela S.

Diagramación e impresión:  
Grafos S.A.  
Teléfono 2551-8020  
info@grafoslitrografia.com

## P rofesor y estudiantes ganan importante premio en Alemania

Marcela Guzmán O.  
maguzman@itcr.ac.cr

En el número 29 de la revista Investiga.TEC ofrecemos a nuestros lectores artículos de **materias muy diversas**, pero todas relacionadas con ciencia y tecnología.

En primer lugar celebramos, junto con ellos, el **premio** que ganaron estudiantes del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) y de la Universidad de Costa Rica, bajo la dirección del profesor Renato Rímolo Donadio, académico de la Escuela de Ingeniería Electrónica del TEC.

El grupo participó en la tercera edición de la iniciativa DropTES de **Human Space Technology (HSTI)**, promovida por la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de la Organización de Naciones Unidas (UNOO-SA), en el Centro de Tecnología Espacial Aplicada y Microgravedad (ZARM) de la Universidad de Bremen, Alemania. Lo ganaron con la propuesta “Comportamiento de un manipulador robótico a escala bajo condiciones de microgravedad”.

También damos cuenta en esta edición del nuevo **sendero peatonal** edificado recientemente en el Parque Nacional Cahuita y que constituye “la primera estructura construida en Costa Rica con avances tecnológicos que minimizan el ataque destructivo de factores bioclimáticos”.

Lo llamativo es que se decidió construirlo en **madera**, como el material más adecuado para la obra, ya que su peso es el menor entre todos los materiales disponibles, como por

ejemplo concreto y metal o sus combinaciones. Además, y gracias a modernas técnicas, se pudieron resolver las debilidades propias de la madera.

Otro interesante artículo informa a los lectores sobre un aporte social que realiza el TEC en la comunidad de Alajuelita, en San José, y que consiste en la conceptualización, diseño y construcción del **Parque de Desarrollo Humano “La Lajuelita”**, un proyecto que se ajusta al modelo urbano planteado en el Plan GAM.

El trabajo incluye la propuesta de un **plan maestro** para su desarrollo mediante un proyecto de tesis de una estudiante de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo, la ejecución de los estudios de suelo y geotectónicos y la asesoría en el proceso de avance mediante la comisión interinstitucional de seguimiento.

El tema de las **máquinas inteligentes** alcanza cada vez más importancia en el mundo y, por esa razón, la revista aborda el tema gracias a la colaboración de una ingeniera en computación.

Se trata de “máquinas con sistemas capaces de **entender el comportamiento de las personas** en un determinado ambiente e imitar un comportamiento similar al que tendría una persona”. Dentro de las habilidades humanas que podría simular una máquina inteligente se incluyen el razonamiento, el aprendizaje y las capacidades sensoriales, entre otras.

Junto a otros artículos más, todos interesantes y que brindan conocimiento nuevo, publicamos hoy la última columna **Apuntes perplejos**, que ha venido escribiendo en los últimos 10 números el ingeniero en electrónica Alfonso Chacón. Su lectura nos ha obligado a reflexionar y esperamos que en algún momento el autor pueda retomar su colaboración y brindarnos de nuevo un espacio distinto, pero relacionado, para entender la ciencia y la tecnología. ■



### Fotografía de portada

La fotografía de portada corresponde a la ronda 2016 del programa DropTES de la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOO-SA), bajo su iniciativa de “Human Space Technology”. El artículo relacionado es *DropTES Serie III: Experimento en microgravedad con prototipo de brazos robóticos a escala*. Créditos: United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA). ■

Como prueba de concepto

**P**royecto exploró opciones de terapia génica para el tratamiento de enfermedades infecciosas

Olga Rivas Solano\*  
orivas@itcr.ac.cr

La Organización Mundial de la Salud (OMS)<sup>1</sup> define las enfermedades infecciosas como enfermedades causadas por microorganismos patógenos (como bacterias, virus, parásitos y hongos) que pueden diseminarse directa o indirectamente de una persona a otra, o bien, de un animal a una persona, como en el caso de las enfermedades zoonóticas.

En Costa Rica, según datos recopilados por la Organización Panamericana de la Salud (PAHO)<sup>2</sup> en 2008, la incidencia de enfermedades infecciosas como el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA) y la tuberculosis fue respectivamente de 4,5 y 11,1 casos por cada 100 000 habitantes. El índice anual de enfermedades parasitarias fue de 10,1 casos por cada 1000 habitantes. Las muertes anuales registradas en menores de cinco años de edad a causa de infecciones respiratorias agudas e infecciones intestinales ascendieron a 3,5% y 1,2% respectivamente. La mortalidad a causa de diversas enfermedades infecciosas comunicables (por ejemplo ántrax, dengue, hepatitis, meningitis e influenza) fue de 16,96 por cada 100 000 habitantes.

Entre las principales herramientas para combatir las enfermedades infecciosas destacan las vacunas y los medicamentos antimicrobianos (antibióticos, antivirales, antifúngicos y antiparasitarios). De acuerdo con el Centro para Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos (CDC)<sup>3</sup>, el simple uso de los antimicrobianos conlleva al desarrollo de resistencia por parte de los microorganismos patógenos. Un factor que acelera la aparición

de esa resistencia es el hecho de que los antimicrobianos con frecuencia no se prescriben ni administran de forma óptima, ya sea porque el paciente realmente no los necesita, o bien, porque la dosificación y duración del tratamiento no son los correctos. Además, el uso de antimicrobianos en la agricultura (para el combate de plagas) y en la industria agropecuaria (como suplemento alimenticio para animales de granja) contribuye al surgimiento de la resistencia, con el agravante de que los microorganismos resistentes se pueden diseminar de persona a persona, o bien, desde reservorios no humanos hacia las personas.

Ante esta problemática, durante los años 2013 y 2014, un equipo de trabajo integrado por investigadores de la Universidad Nacional (UNA), la Universidad de Costa Rica (UCR), el Laboratorio Nacional de Nanotecnología (LANOTEC) y el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) recibió financiamiento del Consejo Nacional de Rectores (CONARE), por medio del Fondo Especial para la Educación Superior (FEES), con el fin de investigar, a manera de prueba de concepto, opciones de terapia génica para el tratamiento de enfermedades infecciosas. En el proyecto se eligió como modelo de investigación una bacteria intracelular zoonótica denominada *Brucella abortus*, la cual produce abortos e infertilidad en ganado bovino. Además, la bacteria es capaz de infectar al ser humano, causando una enfermedad conocida como fiebre de Malta<sup>4,5</sup>. Para esta bacteria ya se habían descrito previamente algunos genes de virulencia, así como las proteínas

que normalmente regulan su expresión. Con base en esta información, se eligió un gen de virulencia ya conocido. Luego se diseñaron un total de 30 oligonucleótidos (fragmentos de ADN de tamaño pequeño) y se analizó, mediante diferentes técnicas, la afinidad de dichos oligonucleótidos por las proteínas reguladoras de los genes de virulencia.

Una de las técnicas utilizadas en el proyecto para tal propósito se denomina EMSA, por las siglas en inglés de “*Electroforetic Mobility Shift Assay*”, lo que en español se traduce como “ensayo de movilidad electroforética”. Esta técnica consiste en hacer migrar, a través de una matriz porosa y con ayuda de un campo eléctrico, las diferentes moléculas que se quieren estudiar. Generalmente, se evalúa primero cuál es la movilidad normal de la región reguladora del gen de virulencia. Para ello, el fragmento de ADN de la región reguladora se marca con una molécula reportera que permita luego su fácil detección en condiciones de laboratorio. Posteriormente se analiza cuál es el cambio que se presenta en la movilidad de la región reguladora cuando ésta interactúa con su respectivo regulador. Por último, se determina si al agregar a la mezcla anterior el oligonucleótido sin marcar, se puede restablecer la movilidad normal de la región reguladora. Si esto ocurre, significa que el oligonucleótido que se diseñó para competir con la región reguladora por el sitio de unión al regulador, tiene efectivamente esa capacidad. En la figura 1 se muestra un ejemplo del resultado esperado cuando se encuentra un oligonucleótido con capacidad de competencia.

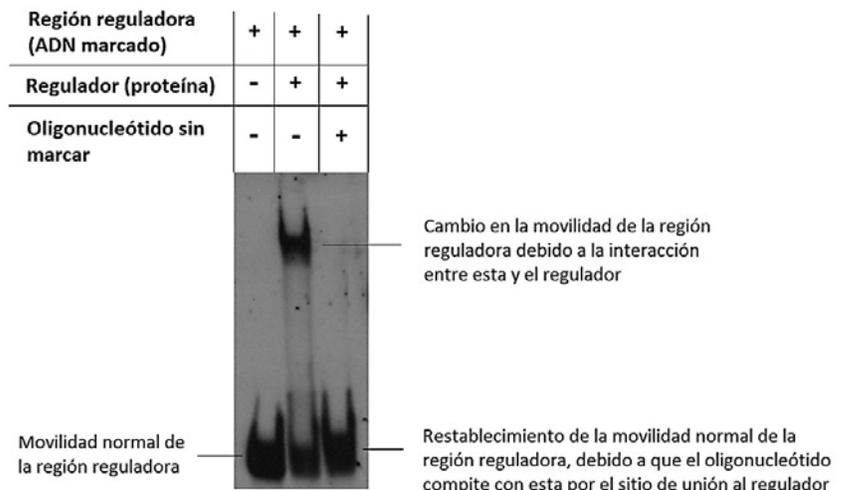


Figura 1. Ejemplo del resultado esperado cuando un oligonucleótido es capaz de competir con la región reguladora por el sitio de unión a una proteína reguladora de la expresión génica.



Como resultado de la investigación desarrollada, se encontraron en total cuatro oligonucleótidos con capacidad de competir con la proteína que normalmente regula la expresión del gen de virulencia estudiado. En otras palabras estos cuatro oligonucleótidos cuentan con potencial para ser usados como terapia génica en el combate de la infección causada por *B. abortus*, ya que pueden interferir con la expresión de genes de virulencia presentes en la bacteria, lo cual permitiría una eventual terapia génica de la infección. Sin embargo, aún queda mucho camino por recorrer para poder desarrollar una terapia génica que pueda ser efectiva para el tratamiento de las enfermedades infecciosas en general. Uno de los mayores retos consiste en encontrar una forma de hacer llegar estos oligonucleótidos al interior de la célula bacteriana, para que puedan ayudar a combatir la infección, es decir, para que puedan ejercer un efecto terapéutico. En el caso de *B. abortus*, es aún más complicado ya que se trata

de una bacteria intracelular, lo que significa que se aloja dentro de las células de su hospedero y esto complica el acceso del posible oligonucleótido terapéutico al sitio donde el microorganismo se encuentra causando infección.

El equipo de trabajo continúa realizando otros proyectos de investigación básica sobre temas afines a la regulación génica de la virulencia en *B. abortus*, con la expectativa de generar conocimiento que pueda, a futuro, ser aplicado al combate de esta y otras enfermedades infecciosas.

#### Referencias

- 1:[http://www.who.int/topics/infectious\\_diseases/en/](http://www.who.int/topics/infectious_diseases/en/) (recuperado el 10 de agosto 2015).
- 2:[http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3222&Itemid=2408](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=3222&Itemid=2408) (recuperado el 10 de agosto 2015).
- 3:<http://www.cdc.gov/drugresistance/about.html> (recuperado el 11 de agosto 2015).

4:Corbel, M.J. (2006). *Brucellosis in humans and animals*. Genova: WHO Press.

5: Godfroid, J., Cloeckert, A., Liautard, J.P., Kohler, S., Fretin, D., Walravens, K., Garin-Bastuji, B. & Letesson, J.J. (2005). From the discovery of the Malta fever's agent to the discovery of a marine mammal reservoir, brucellosis has continuously been a re-emerging zoonosis. *Vet Res*, 36(3), 313-326. ■

\*Ingeniera en biotecnología y máster en microbiología. Estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias de la Universidad de Costa Rica. Profesora de la carrera de Ingeniería en Biotecnología e investigadora del Centro de Investigación en Biotecnología (CIB), Escuela de Biología, Instituto Tecnológico de Costa Rica. En la actualidad, la M.Sc. Rivas Solano se encuentra desarrollando su tesis doctoral en aspectos relacionados con el tema de este artículo.

# R

## ed de Horticultura Protegida de la Región Huetar Norte: un proyecto de extensión con colaboración interinstitucional

Carlos Ramírez Vargas\*  
caramirez@itcr.ac.cr

La producción de hortalizas en Costa Rica se ha llevado a cabo principalmente a campo abierto y en regiones con condiciones agroclimáticas favorables. La tecnología de ambiente protegido permite producir en zonas o regiones donde las condiciones climáticas y de suelo dificultan o limitan su cultivo.

Por otra parte, la producción y consumo local de hortalizas frescas pueden contribuir al desarrollo sostenible de una región, ya que se facilita el comercio directo, se generan fuentes propias de trabajo y se contribuye a la seguridad alimentaria.

Un ejemplo de esto es la región Huetar Norte de Costa Rica, donde predominan condiciones climáticas que no permiten la producción de hortalizas a campo abierto; sin embargo, mediante procesos de investigación y adaptación de la tecnología de ambientes protegidos, en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC)-Sede Regional San Carlos, hemos logrado llevar a cabo la producción eficiente de hortalizas bajo esta tecnología y se ha compartido y validado con productores locales.

La Red de Horticultura Protegida es un proyecto de extensión en que participan grupos organizados, instituciones educativas y productores independientes de la región Huetar Norte de Costa Rica. Ellos son capacitados en formulación, desarrollo y evaluación de sus procesos productivos por parte de funcionarios del TEC y del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

Estos beneficiarios realizan actividades que contribuyen al desarrollo de una red de colaboración para entender y analizar de manera conjunta el manejo de un sistema de cultivo de hortalizas bajo ambiente protegido y este

## Apuntes perplejos

# ¿Últimos apuntes?

Alfonso Chacón Rodríguez\*  
alchacon@itcr.ac.cr

Fue la intención de este espacio echar a volar inquietudes –personales y de muchos otros–, sobre el quehacer de la investigación y el conocimiento. Era inevitable entonces, pienso, que los temas fueran a veces inconexos y contradictorios, y que las opiniones aquí vertidas no concordaran con el sentir de muchos: no creo en ponerle grilletas al pensamiento. Pero si algo me satisfizo fue la realimentación de muchos colegas, que aprovecharon quizás esas mismas divergencias para regalarme una sabrosa charla y, en muchos casos, incluso hacerme cambiar de opinión. Creo que así aprendemos, creo que así avanzamos.

Ciertamente, los temas tocados quedan inconclusos: ¿Cuál es la mejor manera de financiar la investigación? ¿Cómo plantear sus metas y medir sus resultados? ¿Cómo comunicarlos, incluso? ¿Y cómo se forma a un buen investigador? ¿Cuánto podemos realmente saber a través de la ciencia? ¿Qué es, incluso, el conocimiento? Todas son preguntas abiertas y es necesario que lo sean: cada respuesta, es mi criterio, solo sirve para generar más preguntas y corresponde a la sociedad en su conjunto, el plantearlas y tratar de contestarlas según sus tradiciones y más profundos valores. El ejemplo de los tigres asiáticos puede quizás ayudarnos como un espejo en el cual vernos: en solo unas décadas, Taiwán, Corea del Sur, Singapur y muchos otros países de Asia, transformaron sus sociedades hasta convertirlas en generadoras mundiales de nuevos conocimientos y tecnologías, sin traicionar sus más profundas convicciones y costumbres. No fue el suyo un modelo simplemente importado ni formado completamente en el exterior. Aprendieron prácticamente de cero a hacerlo todo, primero enviando algunos afuera a aprender las bases, mas luego concentrándose en formar ellos mismos a sus científicos, ingenieros y tecnólogos; recuerdo la anécdota que me contaron, no sé si apócrifa o no, del funcio-

nario coreano al que le preguntaron hace décadas de por qué su país insistía en fabricar automóviles cuando era más barato importarlos: –Porque queremos aprender a hacerlos–, fue su respuesta. Y hoy los automóviles coreanos compiten cara a cara en lujo y calidad con los japoneses y hasta los alemanes.

Una respuesta, similar por cierto, la recibió una colega hace unas semanas en una visita a la empresa estatal INVAP en Bariloche, Argentina, de boca del mismo gerente de la empresa, cuando alguno de los invitados inquirió: ¿No es más barato comprar satélites que hacerlos? Ciertamente, respondió, y nos ahorraríamos dos años de trabajo por cada proyecto, pero entonces no sabríamos cómo fabricarlos. Hoy esta empresa –que trabaja en estrecha colaboración con el Instituto Balseiro de la Universidad de Cuyo, uno de los centros universitarios de investigación más prestigiosos en el ámbito de la física nuclear a nivel mundial– está fabricando su tercer satélite de telecomunicaciones (dos ya están en órbita y en servicio), y exporta radares y pequeñas centrales nucleares para aplicaciones médicas a países como Australia.

Pero es ahí donde está la clave, entonces. El conocimiento debe valer por sí mismo, más que las ciertamente importantes pero no determinantes razones económicas de una cultura o país. Es, al final, una cuestión de orgullo y de curiosidad. Esa curiosidad humana que debe ser el motor principal. Y es entonces el deber de las instituciones, como el TEC, precisamente fomentar ese espíritu inquisitivo sin restringirlo a metas cortoplacistas o utilitarias. Era el espíritu del Instituto de Investigación de Estudios Avanzados de Princeton, por ejemplo, establecido por Abraham Flexner, con la idea de ofrecer un lugar sin ataduras de ningún tipo, donde los científicos pudieran pensar nada más. Fue el hogar de Einstein, Gödel, von Neumann, Church y Turing, y de las elucubraciones abstractas de estos genios saldrían nuestras computadoras de hoy, y las tecnologías de

proceso consiste en un acompañamiento, en el cual los profesores del TEC participantes se involucran junto con los productores en todas las etapas del proceso productivo.

Este proyecto de extensión fue aprobado por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del TEC en el 2014, para ser ejecutado en 2015 y 2016. Para el presente año se aprobó una ampliación en la cual se involucra como un participante activo y financiero el Instituto de Desarrollo Rural (INDER). La oficina del INDER en la región Huetar Norte manifestó interés en el proyecto y solicitó su participación dentro de la Red de Horticultura, a la vez que recomendaba nuevos grupos participantes a los cuales les financiará sus estructuras de cultivo para este año.

El proyecto se originó debido a la necesidad expresa de los productores que se estaban capacitando en horticultura protegida en el TEC, bajo el Programa Aula Móvil, de CONARE, el cual financió por un período de casi dos años la capacitación a productores e interesados de la región Huetar Norte, y que contó con la colaboración del ICE en la identificación y convocatoria de los interesados.

A la fecha hay 13 participantes o miembros activos, que son muy diversos en su conformación, por ejemplo grupos, instituciones o productores independientes. Estos ya han producido hortalizas en ambiente protegido como parte del proceso participativo del proyecto y tienen en común aspectos como técnicas de producción hidropónica; manejo integrado de plagas con uso primordial de métodos biológicos de control; y utilización de agua de lluvia cosechada en contenedores por medio de las canoas de los invernaderos. Se utilizan sistemas de riego localizados automatizados que ayudan al uso eficiente de agua e insumos, se promueve la comercialización local directa, la colaboración en la construcción de las estructuras y la instalación de los sistemas de riego, estimulando el trabajo compartido entre los miembros de la red.

Las especies de cultivo predominantes son tomate, chile dulce, lechuga, culantro y plantas medicinales. Estos han sido los productos de mayor salida y preferencia por parte de los consumidores.

Los extensionistas a cargo del proyecto son: Carlos Ramírez Vargas (coordinador), de

soporte físico, almacenamiento y comunicaciones que las hacen posible.

¿Sabremos ir en esa dirección? La respuesta es nuestra y ojalá que estos apuntes no sean en realidad los últimos, sino solo una excusa para generar más debates y discusiones que

sigan alimentando nuestra sed de aprender y conocer. ■

\*\*Profesor de la Escuela de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Ingeniero en electrónica. Tiene una maestría en literatura inglesa y un doctorado en ingeniería con orientación electrónica.



la Escuela de Agronomía, y Alfredo Alfaro Ramos, de la Escuela de Administración de Empresas, ambas del TEC en la Sede Regional San Carlos; además, Herbert Villalobos Soto, del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). ■

\*Profesor e investigador de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica en la Sede Regional San Carlos. Es ingeniero agrónomo fitotecnista y tiene un doctorado en sistemas de producción agrícola.

# DropTES Serie III: Experimento en microgravedad con prototipo de brazos robóticos a escala

Nicole Chaves Jiménez<sup>1</sup>  
 Ernesto Corrales Corrales<sup>2</sup>  
 Moacir Fonseca Becker<sup>2</sup>  
 Carlos Mayorga Espinoza<sup>1</sup>  
 Renato Rimolo Donadio<sup>1</sup>

Los estudios en condiciones de gravedad reducida o microgravedad son útiles para estudiar fenómenos físicos o el comportamiento de sistemas sin el efecto de la aceleración gravitacional terrestre ( $-9.81\text{m/s}^2 = 1g$ ) a los que están sujetos todos los procesos físicos en nuestro entorno. Si bien es posible lograr esta condición en plataformas en órbita terrestre por períodos largos de tiempo, el costo asociado es típicamente muy alto. Por esta razón, existen otras alternativas de menor costo, como son los cohetes sonda, vuelos parabólicos y las torres de caída libre (“drop towers”) [1]. Las torres son usualmente una alternativa flexible, donde una cápsula con el experimento es lanzada por una catapulta o se deja caer libremente para lograr condiciones de gravedad de hasta  $1e^{-6}g$ . A pesar de que se logran tiempos en condiciones de microgravedad relativamente cortos, de entre 4 y 10 segundos, las torres permiten hacer ajustes y ejecutar los experimentos repetidas veces.

En el año 2010 se lanza la iniciativa “Human Space Technology” (HSTI) [2], promovida por la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de la Organización de Naciones Unidas (UNOOSA), la cual busca involucrar a más países en actividades relacionadas con la exploración espacial y mejorar los beneficios de esas actividades mediante la cooperación internacional. Dentro de esta iniciativa, producto de una colaboración entre UNOOSA y el Centro de Tecnología Espacial Aplicada y Microgravedad (ZARM), el programa “DropTES Experiment Series” ofrece a un equipo investigador, como su nombre lo indica, la posibilidad de realizar



Figura 1. Torre de Microgravedad “Drop Tower” en el Centro de Tecnología Espacial Aplicada y Microgravedad (ZARM), Universidad de Bremen, Alemania.

una serie de experimentos en la torre de microgravedad del ZARM, en la Universidad de Bremen, Alemania (figura 1).

Un grupo de cuatro estudiantes y un profesor costarricenses participaron en la tercera edición del concurso y lo ganaron con la propuesta denominada “Comportamiento de un manipulador robótico a escala bajo condiciones de microgravedad” [3]. Esta es la primera participación de Costa Rica en dicha iniciativa, con un esfuerzo conjunto de estudiantes y profesores del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) y la Universidad de Costa Rica (UCR).

El objetivo general de este trabajo fue el diseño e implementación de un experimento en gravedad reducida para analizar la influencia de las fuerzas inerciales y reactivas sobre brazos robóticos a escala, considerando un marco de referencia no inercial rotatorio.

## Diseño y construcción del prototipo

La primera fase del proyecto consistió en el diseño y construcción del prototipo de manipuladores o brazos robóticos, considerando los requerimientos para ser adaptado a la cápsula de lanzamiento con opción de centrífuga de la torre de microgravedad del ZARM [4].

Consiste en dos brazos a escala idénticos, de aproximadamente 30 centímetros de longitud, colocados simétricamente con respecto al centro del disco de la cápsula. Esta configuración se escogió con la intención de distribuir mejor los esfuerzos y balancear la carga en el interior de la cápsula. Además, la utilización de dos elementos brinda redundancia para la realización del experimento y toma de datos. La figura 2(a) muestra el diseño en computadora del prototipo completo sobre el plato de la centrífuga, el cual, una vez fabricado, pesó alrededor de cinco kilogramos incluyendo el control electrónico.

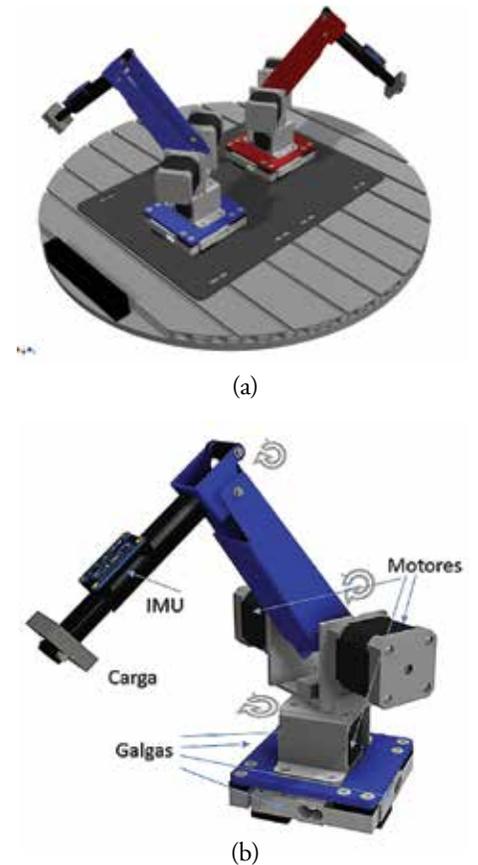


Figura 2. Diseño mecánico tridimensional del prototipo de brazos robóticos a escala. (a) Sistema de dos brazos colocado sobre el plato de la cápsula de lanzamiento. (b) Detalle del diseño de uno de los brazos.

Cada brazo es de tres grados de libertad (3 DoF), los cuales son controlados directamente para los primeros dos ejes y a través de un extensor para el tercero; motores bipolares paso a paso fueron utilizados para el control del movimiento y realización de las secuencias durante los experimentos. La medición de las reacciones durante la ejecución de las secuencias de movimiento se realizó

mediante cuatro celdas de carga (galgas) en la base de cada brazo, con el propósito de determinar las fuerzas trasladadas a la base; mediante un sensor de medición inercial (IMU) de nueve grados de libertad, se monitorearon sobre el extremo exterior de cada manipulador. Las partes mecánicas fueron construidas en aluminio y nylon. El detalle de unos de los dos brazos se muestra en la figura 2(b). El sistema electrónico de los brazos fue parte importante del desarrollo y se basó en una unidad central de control implementada con tarjetas de microcontroladores Arduino. Cada motor cuenta con una tarjeta controladora independiente que permite un manejo de corriente de hasta 2 A; los datos de cada galga se acondicionan con tarjetas de amplificación y los IMU se conectan a través de interfaz serial. Los datos registrados por los sensores durante los experimentos se almacenaron en micro SD.

### Diseño y ejecución del experimento

Con el prototipo construido, la siguiente fase consistió en diseñar el experimento considerando la integración del sistema en la cápsula y sus pruebas preliminares. La secuencia debió ser planeada cuidadosamente debido a que únicamente se cuenta con 4,7 segundos de microgravedad durante la caída de la cápsula desde los aproximadamente 120 metros de altura de la torre. Si bien en modo catapulta se podrían conseguir hasta 9,4 segundos de microgravedad, debido a que se utilizó la centrífuga en los experimentos, no fue posible utilizar esa opción. Las pruebas preliminares del sistema se realizaron en condiciones de gravedad terrestre, ajustando la rutina para ejercitar los tres grados de libertad de los manipuladores, tratando de maximizar los efectos de fuerza sobre los sensores. Adicionalmente, los brazos fueron cargados en sus extremos finales con pesas de 50 gramos con el fin de acentuar efectos de estas fuerzas.

La integración del prototipo en la cápsula, realizada en noviembre del año 2016, fue un reto debido a las consideraciones mecánicas del impacto una vez que la cápsula ha descendido. A pesar del sistema amortiguador de la cápsula, el impacto es relativamente fuerte por lo que el prototipo y alambrado del sistema electrónico debió considerar esta situación y ser ajustado para soportar el im-

pacto. Como señales externas para controlar el experimento desde el exterior de la cápsula se incluyó el disparo de la secuencia de movimiento y el inicio de la adquisición de los datos. Los experimentos fueron registrados en video por medio de tres cámaras: una de alta velocidad en la parte superior de la cápsula, y dos laterales. En la figura 3 se muestra al equipo de trabajo durante la fase de acondicionamiento del prototipo y en la figura 4 el prototipo ya integrado dentro de la cápsula. El trabajo culminó con la ejecución de los experimentos luego de su integración (figuras 5 a 7), con cuatro lanzamientos ejecutados exitosamente en los que se logró completar las secuencias de movimiento y el registro de los datos en la forma de video y mediciones de los sensores en el prototipo. En la figura 5 se muestra el exterior de la cápsula donde se integró el experimento previo a uno de los lanzamientos, así como una vista interna del túnel de la torre de microgravedad por donde descende la cápsula. Más información sobre el funcionamiento de la torre se puede consultar en [5].

Los primeros dos lanzamientos se ejecutaron con la misma configuración, con una velocidad de rotación de la centrífuga de 30 revoluciones por minuto (rpm), para analizar la repetitividad de los datos. El tercer lanzamiento se realizó sin movimiento giratorio para establecer una base de comparación, mientras que el cuarto lanzamiento se realizó a la velocidad máxima de rotación

que soportó el prototipo experimentalmente, calculada en 35 rpm. Los experimentos fueron complementados con mediciones antes o después del lanzamiento, en condiciones de gravedad terrestre, con el objetivo de tener el comportamiento en condiciones normales de gravedad y establecer una base comparativa adicional. En la figura 6 se incluye una vista del video en el cuarto de controles de la torre, donde se aprecia, a la izquierda, la imagen desde la cámara superior dentro de la cápsula que permitió ver en vivo la secuencia ejecutada. Adicionalmente, otras cámaras registran (parte derecha) el trayecto de la cápsula desde lo alto de la torre hasta que cae en el receptáculo de amortiguamiento.

La participación en esta iniciativa fue una muy buena experiencia para aprender a trabajar con este tipo de instalaciones en condiciones de gravedad reducida. El desarrollo de experimentos con estructuras electromecánicas es poco común en torres debido a su corta duración; sin embargo, en este proyecto se logró demostrar que con un planeamiento cuidadoso del experimento se pueden obtener datos relevantes para evaluar los efectos asociados a un entorno en microgravedad. Actualmente, el equipo investigador se encuentra trabajando en la fase final de documentación técnica del proyecto, de la cual se espera consolidar una publicación científica en un congreso internacional.

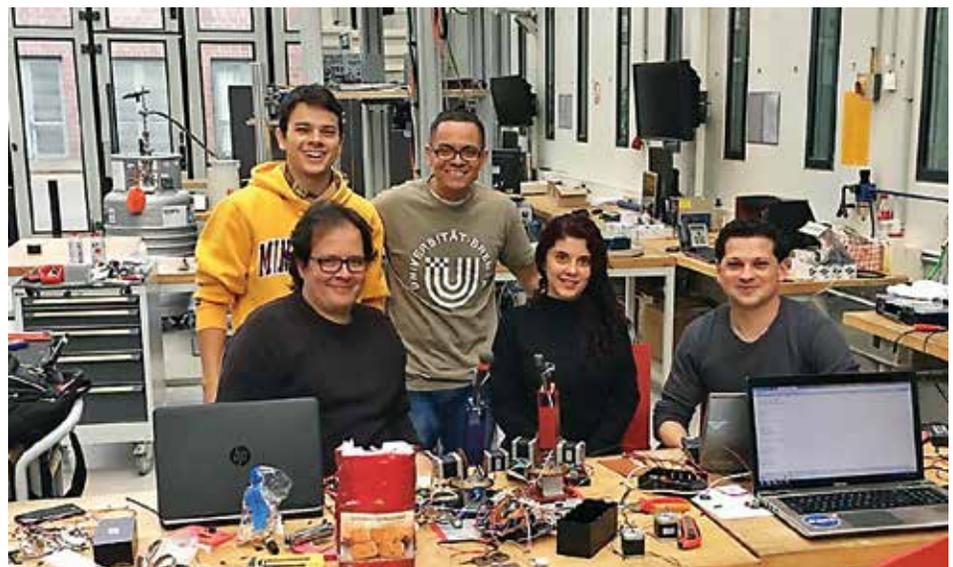


Figura 3. Equipo de trabajo durante la integración del sistema en Bremen. De izquierda a derecha: Moacir Fonseca, Renato Rímolo, Carlos Mayorga, Nicole Chaves y Ernesto Corrales. Foto Cortesía de T. Kónemann, ZARM.

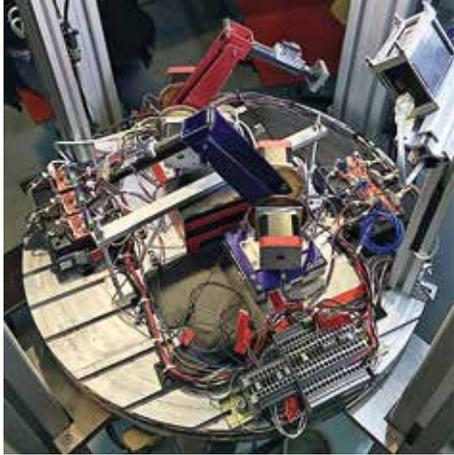


Figura 4. Prototipo de brazo robótico integrado en el interior de la cápsula de lanzamiento.



Figura 5. Cápsula de lanzamiento donde fue colocado el experimento (izquierda), e interior del conducto de lanzamiento en la torre de microgravedad (derecha).



Figura 6. Vista de la ejecución de un experimento desde el centro de mando en la torre de microgravedad. En la imagen se visualiza el prototipo desde la cámara superior en la cápsula (izquierda), y las tomas dentro del conducto de lanzamiento durante la caída de la cápsula.

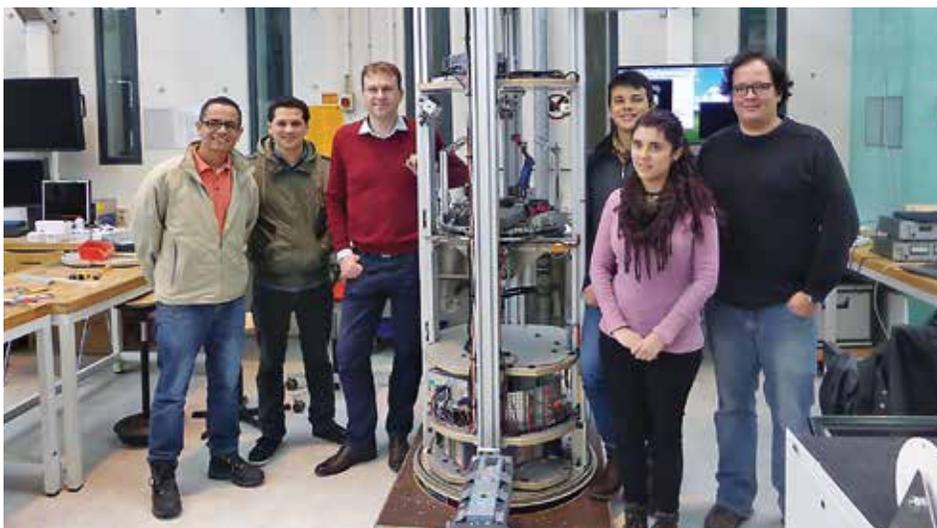


Figura 7. Experimento integrado con el equipo participante y el director técnico de la torre de microgravedad (de izquierda a derecha): Carlos Mayorga, Ernesto Corrales, Thorben Könemann, Moacir Fonseca, Nicole Chaves y Renato Rímolo. Fotografía cortesía de UNOOSA.

### Agradecimientos

La realización de este proyecto fue posible gracias al excelente apoyo logístico de UNOOSA por medio de los señores Takatori Miyoshi, Ahmed Osman, y Ayami Ko-

jima. Se agradece además el extraordinario apoyo logístico y técnico de parte del ZARM durante la planificación del proyecto y su ejecución en Bremen, en especial al Dipl. Ing. Fred Otken y al Dipl. Ing. Manfred Behrens,

por toda la ayuda técnica, y al Dr. Thorben Könemann por el seguimiento y apoyo logístico a la iniciativa. El agradecimiento es extensivo a la Agencia Aeroespacial Alemana: *German Aerospace Center-DLR, Space Management*, por el apoyo al programa DropTES. El respaldo del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) también fue fundamental para la exitosa conclusión del proyecto, mediante el Comité de Becas y la Vicerrectoría de Vida Estudiantil y Servicios Académicos (VIESA). El desarrollo del prototipo utilizado en este trabajo fue posible gracias al apoyo de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) del TEC, por medio de un proyecto de investigación estudiantil, y al señor Edgar Sánchez, del taller Teknomáquinas de Costa Rica, por la ayuda y subvención en la fabricación de las piezas mecánicas. ■

### Referencias

- [1] Agencia Espacial Europea (ESA). "Microgravity and Drop Towers". En línea, marzo, 2017: [http://www.esa.int/Education/Microgravity\\_and\\_drop\\_towers](http://www.esa.int/Education/Microgravity_and_drop_towers).
- [2] Human Space Technology Initiative (HSTI), United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA). "Drop Tower Experiment Series (DropTES)". En línea, marzo 2017: <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/hsti/capacity-building/droptes.html>.
- [3] Human Space Technology Initiative (HSTI), United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA). "DropTES Third Cycle". En línea, marzo 2017: <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/hsti/capacity-building/droptes-third-cycle.html>.
- [4] ZARM, ZARM Drop Tower Bremen, User Manual. Version April 26, 2012. En línea, marzo 2017: [https://www.zarm.uni-bremen.de/fileadmin/user\\_upload/drop\\_tower/Users\\_Manual\\_0412.pdf](https://www.zarm.uni-bremen.de/fileadmin/user_upload/drop_tower/Users_Manual_0412.pdf)
- [5] The Bremen Drop Tower. En línea, marzo 2017: <https://www.zarm.uni-bremen.de/drop-tower.html>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Costa Rica

<sup>2</sup> Universidad de Costa Rica

## **Sendero peatonal en el Parque Nacional Cahuita**

### **La naturaleza al alcance de todos**

**• Es la primera estructura construida en Costa Rica con avances tecnológicos que minimizan el ataque destructivo de factores bioclimáticos**

**Juan Tuk Durán\***  
juantuk@hotmail.com

La montaña del bosque húmedo tropical, cuyo mayor exponente en la actualidad es la indomable región del Parque Nacional Cahuita, está ahora al alcance de todos: niños, jóvenes, adultos mayores y personas con discapacidad. La nueva pasarela, recién construida por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), y denominada sendero El Cativo, por fin lo hace posible.

Para ejecutar esta obra se necesitó diseñar un sistema estructural que, por su peso, sistema constructivo y materiales empleados, permitiera llevarlo a cabo en condiciones muy difíciles. El suelo es de muy baja resistencia: menos de 4,5 t/m<sup>2</sup>. A esto se suma el hecho de que grandes zonas están permanentemente inundadas a más de 1 m de altura y, además, se presentaron bolsas de material orgánico que se ha venido acumulando por siglos y que complicaron el diseño estructural y la interacción suelo-estructura.

Debido a estas circunstancias escogimos en primer lugar la madera como el material más adecuado para la obra, ya que su peso es el menor entre todos los materiales disponibles, como por ejemplo concreto y metal o sus combinaciones. Pero es lógico pensar “¿cómo es posible hacer esto si la madera se pudre y se la comen los insectos xilófagos?” Pues bien, esto ha sido posible gracias a modernas técnicas que permiten resolver las debilidades de la madera.

En segundo lugar, utilizamos nuevos sistemas de fundaciones prefabricadas que permiten instalar en obra placas que distribuyen el peso, como lo hacen los árboles de mangle

en amplias áreas y de manera eficiente y con poco peso.

Durante gran parte del tiempo de construcción tuvimos lluvia, lo que dificultó el desplazamiento de los obreros y el traslado de materiales a través de la montaña. En la figura 1 vemos la instalación de una placa en medio de un suampo, lo que obligó al uso de un sistema nuevo de fundación. La fijación se hizo con cuatro pines o micro pilotes de tubo galvanizado por cada placa, hincados manualmente y con equipo sencillo y portátil.

El sendero de Cahuita es la primera estructura construida en Costa Rica con avances tecnológicos que minimizan el ataque destructivo de factores bioclimáticos propios de esta zona.

El sistema estructural consta de un pasamano compuesto de madera y cable en la parte inferior, con el objetivo de dar protección a los niños y fotografiar el ambiente con la menor cantidad de obstáculos.

La losa de circulación, por su parte, está compuesta de madera de 33 mm de espesor por 140 mm de ancho y deja 20 mm de separación entre tablas. Esto reduce las variaciones de dimensión por cambios bruscos de humedad y temperatura, lo que minimiza los desplazamientos y curvaturas debidos a estas causas.

El sendero deberá observar ciertos criterios de mantenimiento para garantizar que muchas personas disfruten de esta belleza que la naturaleza nos ha prodigado.

#### **Material natural**

La madera es un material natural cuya variación hace que, hasta el día de hoy, su uso en la construcción de proyectos en zonas marítimo-terrestres fuera muy difícil de conceptualizar. No obstante, en el país contamos ya con sistemas de secado, preservación y diseño, seguidos de métodos de control de calidad, que permiten resolver las debilidades que presenta naturalmente el material.

La circulación sobre la pasarela entre pantanos, arenas movedizas y bolsas de barro orgánico, transmite una sensación de fortaleza estructural que nos hace olvidar las dificultades ambientales.

Construida en menos tiempo de lo previsto, la pasarela desafía los accidentes normales de los cambios violentos de humedad y tempe-



Figura 1. Instalación de una placa en medio del suampo.

ratura causantes de las torceduras y grietas. Es interesante señalar cómo según la hora día y las condiciones meteorológicas, se observan grietas abiertas y abarquillado en tablas de madera que en otro momento no se ven. Por la profundidad de penetración del preservante, estas grietas tampoco influyen en la degradación biótica de la madera a manos de las termitas y los hongos de pudrición; por lo tanto, su efecto es meramente estético.

También debemos llamar la atención sobre el sistema de uniones: hemos utilizado tornillos de alta tecnología los cuales, por su composición química y revestimiento, reducen el ataque corrosivo del ambiente al metal que forma el tornillo. El grado de fijación elimina totalmente holguras en los huecos que, de otra manera, con el uso irían aflojando las uniones.

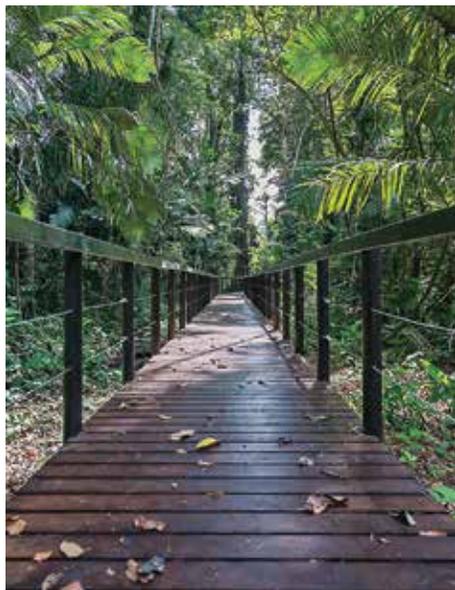
#### **Laboratorio**

El sendero El Cativo del parque Cahuita es, sin duda, un laboratorio en el cual se prueban muchos factores de diseño, combinación de materiales y métodos de cálculo estructural, en beneficio de la comunidad amiga de la naturaleza y para su estudio y disfrute.

El control de calidad del tratamiento químico de la madera incluyó constantes análisis con rayos X de cada lote de madera tratada; fue inspeccionada para medir la retención de los nuevos tipos de preservante micronizado utilizado en la impregnación de la albura de la madera de pino radiata. El pino radiata es

una especie de fácil penetración en la parte de albura y por eso se seleccionaron pilotes que no tuvieran duramen superficial o expuesto. Los pilotes tienen forma cilíndrica de 10 cm de diámetro y hasta 120 cm de longitud. Los cortes se modularon al largo que ofrece el proveedor para eliminar al máximo la pérdida por pequeños recortes. La madera del resto de la estructura también se moduló al largo disponible y el ancho de vía quedó en 160 cm.

Debido a la alta radiación ultravioleta, los cambios violentos de temperatura (frecuentemente entre 20°C y 50°C en un mismo día) y los continuos temporales con gran intensidad de precipitación, se optó por recubrir toda la madera. Este recubrimiento se hizo con resina de tipo acrílico y protector de rayos UV. La incidencia de rayos UV en la madera sin proteger deriva en la destrucción de los enlaces de los polímeros que componen la celulosa y la lignina, principales componentes del material. Ambos productos, usados en la protección de la madera en Costa Rica, son de reciente utilización en nuestro medio. Se trata de productos químicos de muy poca o nula toxicidad para el medio ambiente y eficientes en cuanto a durabilidad de la madera en medios húmedos.



En la preservación de la madera influyen dos factores para asegurar la duración de la obra: penetración total del producto químico en la albura; y retención del ingrediente activo en kg/m<sup>3</sup>; en este caso, la concentración de cobre metálico debe estar en 3,4 kg/m<sup>3</sup>. Estos valores de penetración y retención solo se logran con algunas especies como el pino, no así con especies nativas. (Fotografía de Fabricio Azurdía).

El preservante consiste en una mezcla de cobre micronizado y *Tebuconazole* como cobio-cida. Este preservante se impregnó en forma equivalente y como mínimo a razón de 3,7 kg/m<sup>3</sup> de cobre metálico en el volumen de madera tratada. La penetración observada fue: albura total. Una vez tratada la madera, esta fue secada nuevamente a 19% de contenido, lo que reduce la histéresis de las contracciones por cambios de humedad; no obstante, no se eliminan del todo.

Además, en este ambiente se generan gradientes de humedad en las piezas de piso que provocan deformaciones y reventaduras. La zona bajo la losa puede estar a menor o mayor contenido de humedad que la cara expuesta al cielo, lo que provoca tensiones que desembocan en grietas y acanalado, obligando a los tornillos de fijación a esfuerzos secundarios. Esta es una de las razones por las cuales han fallado senderos en otros lugares como el Parque Nacional Manuel Antonio.

### Guardaparques

La participación de los guardaparques en el proceso fue de gran importancia, pues ellos diseñaron la ruta del sendero. También fueron los encargados de llevar al turista por las zonas de mayor interés, como las que contienen las especies arbóreas, y los lugares de reunión de los muchos grupos de animales que hay en el parque (monos, tigres, perezosos y más).

También fue importante la participación del ingeniero Eduardo Raigoza Tuk, quien diseñó la rasante de la pasarela y supervisó de obra. Este diseño permitió optimizar el largo de los pilotes y en forma eficiente compatibilizó la longitud de los pilotes con el perfil del suelo. La construcción estuvo a cargo de la Arq. Marianela Rojas del Grupo Xilo.

### Conclusiones

El sendero peatonal El Cativo, del Parque Nacional Cahuita, marca un hito en la construcción con madera en zonas marítimo terrestres expuestas a *riesgo de uso tipo 4*, de gran agresividad para el material. Se utilizó el mejor tipo de preservantes disponibles en el mundo para el tratamiento de madera y con mínima toxicidad. Para reforzar lo anterior se aplicó una gruesa capa de barniz con óxidos metálicos transparentes que inhiben la acción de los rayos ultra violeta.



En la construcción de esta obra se utilizó madera de plantaciones certificadas de pino radiata. (Fotografía de Fabricio Azurdía).

En esta obra se utilizó un sistema de uniones de alta tecnología que cohesionan las uniones y sella la interface tornillo-madera. Esto permite reducir la penetración de líquidos y, con ello, la corrosión, así como el efecto de *achinamiento* de huecos, al impedir el golpeteo de los contactos con el metal cuando circula la carga temporal sobre la losa de piso.

Es importante destacar como novedoso el sistema de fundaciones tipo manglar, que se adhiere al suelo ante los cambios de humedad y reptación por causas bio-geológicas. Además, esto permitió reducir el impacto ambiental de preparar concreto in situ dentro del bosque.

Finalmente, se utilizó madera de plantaciones certificadas de pino radiata, que reduce la emisión de gases de efecto invernadero en favor de la mitigación del cambio climático. Y una recomendación: Entre los documentos que se deben tener a mano al visitar el Parque está el libro de Enrique Sánchez, *Flórmula del Parque Nacional Cahuita*, para aprovechar el trabajo realizado por científicos costarricenses sobre esta joya de la naturaleza. ■

\*Ingeniero civil especialista en análisis de estructuras y tecnología de la madera. Estuvo a cargo del diseño estructural y la dirección técnica del proyecto de construcción del sendero El Cativo. Fue el primer profesor catedrático del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), donde también desarrolló los métodos de diseño en los primeros años de creación de esa institución. Obtuvo el Premio Nacional de Ciencia y Tecnología Dr. Clodomiro Picado Twight en 1983.

# **E**scuchar y contar cuentos: estrategia para promover el envejecimiento activo de estudiantes del Programa del Adulto Mayor del TEC

**Olga Solano Córdoba\***  
olsolano@itcr.ac.cr

En 1999 en Costa Rica se publicó la Ley Integral para la Persona Adulta Mayor (Ley No. 7935), la cual plantea los derechos de este sector poblacional así como las respuestas a los retos planteados.

A partir de esta ley, el Consejo Nacional de la Población Adulta (CONAPAM) impulsó la creación de una Política Nacional de Envejecimiento y Vejez (2011-2021) que estimula, mediante cinco líneas estratégicas, el desarrollo de esta población y orienta el envejecimiento activo. Una de esas líneas estratégicas se refiere a la participación social e integración intergeneracional en ámbitos de familia, comunidad y grupos organizados, de manera que se garantice la participación de este sector poblacional en igualdad de condiciones que para el resto de la sociedad costarricense.

En ese sentido, las universidades estatales de nuestro país asumieron un papel activo en el reto que significa, para la sociedad en general, brindar oportunidades a la población adulta de contar con propuestas que procuren respuestas en los diferentes ámbitos.

Desde abril del 2005 funciona en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) el Proyecto Educativo para la Persona Adulta Mayor (PAM), que parte de la necesidad de promover el envejecimiento activo en la población adulta en general, y en particular de Cartago, tomando que en cuenta que a nivel mundial esta va en aumento.

En el caso de Cartago, según el censo del 2011 se contaba con 490 903 personas de 50 a 85 años y más, lo que la colocaba como la tercera provincia con mayor cantidad de población



adulta (en primer lugar estaba San José y en segundo lugar Alajuela).

La Organización Mundial de la Salud (2002) plantea que: “El término “activo” hace referencia a una participación continua en las cuestiones sociales, económicas, culturales, espirituales y cívicas, no solo a la capacidad para estar físicamente activo o participar en la mano de obra.” (pág. 79).

Desde este punto de vista, el apoyo que ofrecen las universidades estatales es fundamental, ya que estas instituciones cuentan con propuestas educativas y culturales que, puestas al servicio de la población adulta costarricense, sin duda contribuyen a potenciar el envejecimiento activo. Para muchas personas adultas se convierte en la posibilidad de asistir a una universidad por primera vez y beneficiarse de un conocimiento construido con el aporte de toda la sociedad costarricense.

Zamarrón (2007) plantea que: “El objetivo es extender la calidad, la productividad y esperanza de vida a edades avanzadas. Además de seguir siendo activo físicamente, es importante permanecer activo social y mentalmente, participando en actividades recreativas, de voluntariado o remuneradas, culturales, sociales y educativas.” (pág. 1-2).

Mediante este programa, el TEC aporta una propuesta educativa que incluyó inicialmente el curso libre “Póngale vida a los años” (el cual se imparte aún) y luego amplió con apoyo de la Escuela de Ciencias del Lenguaje y de otras unidades académicas.

En el año 2009, la Escuela de Ciencias del Lenguaje empezó a colaborar con el PAM, ofreciendo cursos de inglés y otros. Fue en el primer semestre del año 2014 cuando se impartió por primera vez el taller “El arte de contar y escuchar cuentos”, que busca fomentar la habilidad de escuchar y narrar

historias. De esta manera se hace un aporte tanto en el aspecto educativo como en el cultural ya que se genera la posibilidad de desarrollar el hábito de escuchar críticamente, así como rescatar y difundir narraciones en forma oral, provenientes tanto de la tradición oral como de la lectura literaria.

## **El taller**

El objetivo del taller “El arte de contar y escuchar cuentos” es fomentar la habilidad de escuchar y narrar historias. Está dirigido a personas adultas mayores de 55 años y se espera que la población participante ejercite la memoria, la capacidad de narrar, fortalezca la creatividad, promueva el intercambio intergeneracional y aumente la socialización. Se desarrollan las siguientes temáticas:

- La narración oral, una actividad cotidiana
- Narraciones literarias para conversar sobre la vida
- Escritores y escritoras que construyen historias inolvidables
- Taller de cuenta cuentos

Narrar es una actividad cotidiana y sin duda la población adulta mayor tiene muchas historias, vivencias, anécdotas, en fin, conocimientos, un legado cultural que transmitir a las nuevas generaciones. Para algunos es difícil estructurar un relato y comunicarlo oralmente; para otros -la mayoría- no lo es; brota naturalmente de sus labios, de sus recuerdos. Y este taller se convierte en el espacio propicio para dar rienda suelta a todos esos recuerdos. Narrar implica recordar alguna historia personal, familiar, local, o bien, una historia que se haya leído, un cuento, una novela; y organizar esa información para transmitirla. CONAPAM (2013) plantea que: “Estudios

realizados determinan que la memoria que sufre más cambios es la memoria de trabajo, que es la capacidad de ejercer completa una tarea. Por ejemplo, la lectura y la comprensión de la lectura” (pág. 8).

Precisamente, en el taller que se realiza semanalmente durante dos horas, se plantean una serie de actividades a partir de la lectura de cuentos literarios y de tradición oral. Primero se hace una lectura de los cuentos en voz alta, las personas participantes en el taller siguen la lectura y una vez concluida, en forma totalmente libre, participan en una tertulia en la cual se hacen comentarios sobre el texto, qué se entendió, qué les pareció la narración, si les evoca algo de su vida, si les gustaría contar esa historia a otras personas, cómo la narrarían. De esta manera se busca que la persona adulta lectora no solo decodifique sino que se involucre con la lectura y eventualmente la narre ante otro público.

Al respecto, Valenzuela C. y Schelstraete (2008) plantean que: “Leer no es solo decodificar, leer es comprender y comprender significa elaborar una representación mental del sentido del texto; representación que será más rica cuanto el lector más se involucre en procesos constructivos de sentido, aportando su conocimiento (de los textos, del mundo) así como su experiencia personal, sus emociones y vivencias” (pág. 6).

La tertulia, conversación libre posterior a la lectura, contribuye a la construcción de sentido de las diferentes historias al compartir con todo el grupo sus percepciones.

Flecha, García y Gómez (2013) citados por Martín, M. I. y Jiménez, A. (2013) plantean que: “La Tertulia Literaria Dialógica es una medida de éxito que, mediante el diálogo igualitario, permite a los participantes el intercambio de ideas, el gusto por la lectura, la expresión de sentimientos y el fomento del espíritu crítico; además favorece el incremento del nivel de competencia lingüística, acelera el aprendizaje instrumental y mejora la convivencia al promover transformaciones personales, culturales y sociales” (pág. 4).

El taller fomenta la narración oral de todas esas historias y esto trae consigo revisar la dicción, la entonación, el ritmo, el volumen, el uso de la mirada, de la gesticulación, del desplazamiento y la postura para lograr comunicar no solo con las palabras sino también con todo el cuerpo.

### De la tertulia a las tablas

En la primera ocasión que se impartió el taller (primer semestre del año 2014) nos quedamos en el arte de escuchar y contar cuentos, pero en la segunda y tercera ejecución (primer y segundo semestre del año 2016) se logró pasar de la tertulia a las tablas. En abril del 2016 se inició con “La Casa Cuenta”, un espacio que alberga la Casa de Ciudad, programa de extensión cultural del TEC a cargo de la Escuela de Cultura y Deporte. Esto dio cabida a una experiencia de narración oral que busca, como parte del curso “El arte de contar y escuchar cuentos” disponer mensualmente de un espacio donde escuchar narradores y narradoras orales con experiencia y, a la vez, ir abriendo un espacio a los narradores que surgen de la experiencia promovida por el PAM mediante este taller.

A la fecha se han celebrado siete noches de cuentacuentos en el espacio “La Casa Cuenta”; mediante esta experiencia las personas participantes en el taller han podido interactuar con 14 cuentacuentos nacionales y un cuentacuentos internacional; cuatro personas adultas mayores que han participado en el taller, han dado sus primeros pasos como cuentacuentos y cientos de personas cartaginesas han disfrutado de excelentes narraciones orales que han revivido el placer por escuchar y contar cuentos.

En el curso lectivo del 2017 se matricularon 30 estudiantes, entre ellos algunos que asisten desde el 2016. Se continuará con el espacio “La Casa Cuenta” una noche de cuentacuentos que se realiza los terceros miércoles de mes y hay programadas diez noches de cuentacuentos con cuenteros nacionales e internacionales y espacios para que la población adulta que asista al taller dé su primeros pasos en el arte de narrar cuentos.

### Conclusión

A lo largo del taller “El arte de contar y escuchar cuentos” se logra fomentar la lectura entre los adultos mayores participante, resignificar esas lecturas a través de su comprensión, así como construir narraciones orales para compartir con la familia, amigos o comunidad.

De esta manera, el PAM-TEC logra promover el envejecimiento activo de la población adulta cartaginesa que asiste a los talleres, compromiso adquirido por las universidades estatales con la sociedad costarricense, así



como abrir un espacio que rescata la narración oral y brinda la oportunidad a la población adulta de transmitirnos un legado cultural. ■

### Referencias bibliográficas

- Consejo Nacional de la Persona Adulta Mayor. (2013). Política Nacional de Envejecimiento y Vejez 2011–2021. Consultado en <https://www.conapam.go.cr/mantenimiento/POLITICA%20PDF.pdf>
- Martín, M.I. y Jiménez, A. (2013). Las tertulias literarias dialógicas, un desafío para la creatividad y la convivencia. *Revista de Creatividad y Sociedad* No. 21. Consultado en <http://www.creatividadysociedad.com/articulos/21/8.%20Las%20tertulias%20literarias%20dialogicas,%20un%20desafio%20para%20la%20creatividad%20y%20la%20convivencia.pdf>
- Instituto Tecnológico de Costa Rica. (2016). Proyecto Educativo para la Persona Adulta Mayor. Documento sin publicar.
- Organización Mundial de la Salud. (2002). Envejecimiento activo: un marco político. *Rev Esp Geriatr Gerontol*. Consultado en <http://www.imserso.es/InterPresent2/groups/imserso/documents/binario/docintenevejecimiento.pdf>
- Valenzuela C y Schelstraete (2008). Decodificación y comprensión de lectura en la edad adulta: ¿una relación que persiste? *Revista Iberoamericana de Educación* No. 45/5. Consultado en <http://rieoei.org/deloslectores/2384Valenzuela.pdf>
- Zamarron (2007). Envejecimiento activo. Consultado en [http://www.infocop.es/view\\_article.asp?id=1540](http://www.infocop.es/view_article.asp?id=1540)

\*Profesora e investigadora de la Escuela de Ciencias del Lenguaje y del Programa del Adulto Mayor del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Tiene un doctorado en estudios latinoamericanos de la Universidad Nacional.

# Máquinas inteligentes (Smart Machines)

Sonia Mora González  
smora@itcr.ac.cr

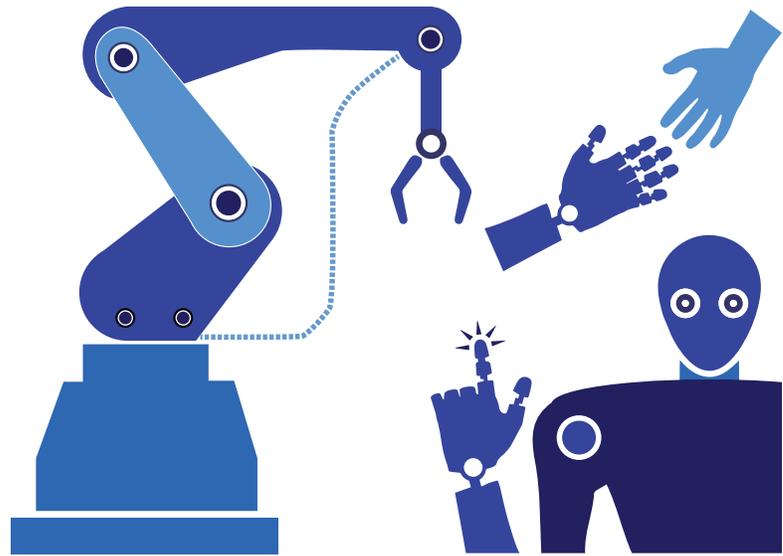
La tecnología actualmente se desenvuelve a un ritmo acelerado, de tal manera que lo que hoy parece ser un producto o servicio acabado, al mes aparece como una nueva tecnología mucho más amplia, mejorada y optimizada. La trayectoria que ha tenido la humanidad para llegar a este nivel de desarrollo tecnológico se encuentra llena de nombres de personas, ideas y conceptos que de manera integrada brindan otro resultado y son tecnologías nuevas y actuales.

Asimismo, se han desarrollado y se continúan desarrollando conceptos tecnológicos que marcan importantes pautas; tal es el caso de las máquinas inteligentes (MI) o *smart machines* -como se conocen en el campo de la informática-. Existen conceptos antiguos que hoy se retoman y amplían en forma presurosa, como es el caso de la inteligencia artificial (IA), la cual es la base del desarrollo de las MI, un área de la computación.

La IA toma como base conocimientos de la psicología y la filosofía, que buscan conocer la estructura, forma y organización por las cuales los seres humanos tienen la habilidad de razonar y tomar decisiones mediante la inteligencia individual. Así, la mejor forma para entender cómo funciona una MI es aprendiendo sobre el comportamiento humano.

El concepto de IA aplicado e implementado en dispositivos ha dado como resultado máquinas capaces de realizar razonamientos lógicos, como es el caso de la máquina *Deep Blue*, capaz de jugar ajedrez; máquinas de diagnóstico de enfermedades; o también, en el ámbito de los negocios, en sistemas de análisis de clientes.

Las MI vienen a optimizar muchas situaciones del mundo actual, por lo que es importante entender su funcionamiento para visualizar su potencial. Como indican los ejemplos, son múltiples las aplicaciones de la IA a las MI, las cuales caben en cualquier campo de la industria y el quehacer humano.



Entonces, técnicamente hablando, una MI es un dispositivo que utiliza la tecnología M2M (*machine to machine*) para intercambiar información y realizar acciones sin asistencia de los seres humanos.

Las MI incluyen robots, vehículos auto-conducidos y otros sistemas de computación cognitiva que son capaces de tomar decisiones y resolver problemas sin intervención humana.

## La era de las MI

Entre 1943 y 1956 hubo importantes tendencias en el área de tecnología, las cuales permitieron la creación del concepto de IA. Alan Turing, creador de la máquina de *Turing*, en uno de sus artículos, "*Computing Machinery and Intelligence*", planteó la pregunta: ¿Pueden pensar las máquinas? Y esto generó una discusión que se mantiene hoy en día y ha permitido el avance de esta área computacional.

El concepto de MI fue propuesto por primera vez por Turing, quien formuló una prueba llamada *juego de imitación*, en el cual una persona conversa con otra y con una computadora, sin saber cuál es cuál, y se debe adivinar quién es la persona y quién es la máquina. Así, según Turing cuando el computador fuese capaz de engañar al interrogador, haciéndose pasar por un humano, se podría decir que se superó el juego de imitación; fue 14 años después que se superó dicha prueba.

En 1956 se realizó una conferencia en Dartmouth y fue allí donde se reunieron los científicos más prestigiosos de la época en las áreas de teoría de autómatas, matemática e ingeniería eléctrica. Al final de esta conferencia nace una nueva rama de la computación, la IA, nombre que se le dio debido a que se presentó

software sobre juegos y razonamiento lógico. Esta área ha ido evolucionando en cuanto a flexibilidad debido a que se han incorporado muchos otros elementos que aportan al mejoramiento de las MI. Tal es el caso de las redes neuronales.

## Máquinas inteligentes

Partiendo de la definición de la Real Academia Española (RAE) sobre IA, esta es la "disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico"; es "la capacidad de entender, de tomar decisiones y de resolver problemas". Las máquinas inteligentes poseen dentro de sus elementos programas o software que se ejecutan internamente en su circuitería, y que tienen la capacidad de imitar algunas de las acciones de un ser humano, procurando igualarlas e incluso excederlas; es decir, intentando emular una parte o la totalidad de la inteligencia humana.

Valga en este contexto, diferenciar -a nivel conceptual- entre una MI y una computadora. Cuando se habla de una computadora se entiende que es un dispositivo que provee la capacidad de realizar actividades u operaciones a una gran velocidad; mientras que las MI -que también son dispositivos o aparatos- pueden realizar las mismas operaciones y, además, aprender, percibir y tomar decisiones.

## Inteligencia artificial

Como se ha dicho, la IA es uno de los componentes importantes de una MI. Otra definición es: "*La ciencia que estudia de manera sistemática el comportamiento inteligente, con el*

*fin de imitar o simular las habilidades humanas mediante la creación y utilización de máquinas y computadoras*” (Daniel Cohen, Enrique Asín, 2014).

Basado en estas definiciones, se describe la “inteligencia” como máquinas con sistemas capaces de entender el comportamiento de las personas en un determinado ambiente e imitar un comportamiento similar al que tendría una persona.

Dentro de las habilidades humanas que podría simular una MI se incluyen el razonamiento, el aprendizaje y las capacidades sensoriales, entre otras.

Asimismo, entre sus objetivos la IA tiene el desarrollo de máquinas con la capacidad de aprender e incluso realizar actividades físicas, coordinadas, así como emular experiencias en las cuales se requiere la toma de decisiones.

La IA, como campo, tiene que ver con las áreas de robótica, simulación sensorial, agentes inteligentes, lógica difusa, redes neuronales, sistemas expertos y lenguajes naturales.

Definiremos cada uno de estos aspectos para una mayor comprensión de los elementos que intervienen en una MI.

**Robótica:** según la RAE, un robot es “una máquina o ingenio electrónico programable, capaz de manipular objetos y realizar operaciones antes reservadas solo a las personas”. La robótica es el campo de estudio que se encarga de la imitación del movimiento humano a través de máquinas, la que es utilizada para apoyar procesos -tales como los que son repetitivos- y realizarlos de manera precisa. Los robots con IA son aquellos autónomos, capaces de tomar decisiones basados en los estímulos recibidos por sus sensores físicos; a estos se les llama MI.

**Simulación sensorial:** la IA utiliza sistemas sensoriales. En el cuerpo humano estos sistemas son los sentidos (tacto, gusto, oído, vista, olfato), los cuales permiten captar los estímulos provenientes del medio ambiente. Los seres humanos puedan adaptarse a su entorno igual que las máquinas inteligentes poseen una serie de receptores físicos que les permiten procesar el entorno y brindar una respuesta adecuada.

**Lenguajes naturales:** es la rama de la IA que se encuentra enfocada en el diseño de soluciones de software, capaces de responder a los usuarios en su lenguaje nativo; es decir, que independientemente del idioma que hable el usuario, la máquina va a ser capaz de entender, interpretar, responder y ejecutar las instrucciones del usuario. Sin embargo, se debe reconocer que esta área de la IA se encuentra en un estado de poco desarrollo.

Lo complejo de esta área es que la máquina comprenda el lenguaje humano, dado que una palabra puede tener diferentes significados según el contexto o tono en el que se utilice, lo cual hace que la interpretación sea un reto.

**Sistemas expertos:** se conocen también como sistemas basados en conocimiento y permiten almacenar y recuperar en bases de datos el conocimiento de un experto en el área.

Hoy, los sistemas expertos son ampliamente utilizados como apoyo a la toma de decisiones, dado que poseen datos recopilados a través de la técnica de indagación y el descubrimiento (heurísticos) y se encuentran disponibles para ser utilizados como entradas para inferir las decisiones tomadas por el sistema.

**Redes neuronales:** las redes neuronales son experiencias de los humanos, las cuales se relacionan entre sí con el objetivo de imitar el

pensamiento humano y permitir que la máquina aprenda. Son llamadas redes neuronales debido a la similitud con la que opera el cerebro humano, en el cual las neuronas se encuentran comunicadas y transmiten información.

**Lógica difusa:** es una de las áreas nuevas de la IA y se encarga de corregir las debilidades de los sistemas expertos, utilizando algoritmos matemáticos para brindar respuestas precisas. Por ejemplo, si un usuario solicita un crédito bancario, se puede evaluar el riesgo y obtener resultados tales como que existe un 80% de seguridad de que pague la deuda. “La lógica difusa es una técnica matemática para el tratamiento de datos imprecisos y problemas que tienen más de una solución” (Alan Freedman).

**Agente inteligente:** son aplicaciones de software que tienen el conocimiento para realizar algunas tareas específicas, las cuales por lo general son repetitivas; el propósito de estos agentes inteligentes es que se les asignan tareas que ellos puedan realizar de manera rápida y eficaz.

Se puede decir una MI es la integración de estos elementos para lograr la simulación o emulación de acciones que realiza el ser humano.

#### Áreas de aplicación de las MI

Son muchos los campos en los cuales las máquinas inteligentes pueden apoyar las actividades de los seres humanos; algunos ejemplos son:

**Juegos:** Fue la primera área en donde se aplicó la IA; en esta se utilizaron algoritmos matemáticos que permitían a los usuarios la toma de decisiones rápida.

**Comunicación oral:** Tecnología que permite tomar la voz y transcribirla a texto escrito; asimismo, provee la posibilidad de entender lo dicho por el usuario y activar funciones en los dispositivos, tal como traducir. En esta área existen importantes aspectos a desarrollar para obtener un mejor provecho, por ejemplo tener una conversación con la computadora.

**Comprensión del lenguaje natural:** El objetivo de esta área es obtener a partir de recursos computacionales una potente herramienta de comunicación. La dificultad de esta área se encuentra relacionada con las descripciones incompletas, ambigüedades, cambios de idioma o cambios de significados por regiones.

**Aprendizaje automático:** Es una de las principales características de la IA, porque el



concepto de inteligencia incluye entender y aprender. En esta área existen diferentes técnicas de aprendizaje como árboles de decisión, razonamiento basado en casos y las redes neuronales, que actualmente se integran para obtener un sistema más completo.

**Visión:** Se utilizan sensores para obtener información de objetos físicos o imágenes con el fin de tomar decisiones. Esta tecnología es aplicada en los robots móviles para la identificación de objetos y moverse sin colisionar. También se utiliza para el análisis de imágenes médicas.

**Planificación:** Existen sistemas de planificación que utilizan la IA para facilitar la programación del trabajo desde una empresa manufacturera hasta misiones espaciales.

**Sistemas educativos inteligentes:** En esta área existen grandes avances, tales como sistemas de tutoriales inteligentes y sistemas de hipermedia adaptativos. La idea de estos sistemas es que se adapten los contenidos y las formas de presentación, según sea el usuario.

**Navegación autónoma:** Se trata de robots que viajan a través de entornos con obstáculos; un ejemplo es el robot llamado *Goliat*, el cual es capaz de crear mapas tridimensionales por medio de un láser y un navegador GPS.

**Reconocimiento de objetos:** Se utilizan redes neuronales para analizar fotografías y reconocer los objetos que se encuentran dentro de las imágenes. Google es una empresa que ha dedicado tiempo al reconocimiento de imágenes.

### Las MI en los procesos de apoyo a la toma de decisiones

Entre los objetivos principales de cualquier organización o negocio se encuentra la automatización de procesos, la cual se convierte en una ventaja competitiva debido a que apoya el proceso de toma de decisiones.

Gran parte del éxito de los negocios depende del proceso de toma de decisiones, el cual en la actualidad se encuentra en manos de la alta gerencia; sin embargo, con el desarrollo de las tecnologías, dicho proceso se puede mejorar por medio de sistemas especializados o sistemas expertos que recaudan información.

Los sistemas expertos tienen como propósito soportar y facilitar la toma de decisiones, brindando información oportuna y confiable.

Un sistema experto se define como “Un sis-



*tema computacional interactivo que permite la creación de bases de conocimiento, las cuales una vez cargadas responden a preguntas, despejan y sugieren cursos de acción emulando/simulando el proceso de razonamiento de un experto para resolver problemas en un área específica del conocimiento humano”* (Daniel Cohen, Enrique Asín, 2014).

Con base en esa definición, se dice que el proceso de toma de decisiones de un sistema experto se basa en una entrada, la cual puede ser un problema o situación a resolver, que ingresa al sistema y este, por medio de una base de conocimiento, genera una solución.

Para que estos sistemas puedan aprender se requiere la interacción con un experto en el área, quien apoya el desarrollo de la base de datos de conocimiento.

Por otra parte, se encuentran los robots autónomos que también son MI, las cuales apoyan la automatización de procesos y permiten una ventaja competitiva. Por medio de robots se pueden automatizar procesos repetitivos, por ejemplo: revisar productos en una cadena de producción y detectar algún error. A diferencia de las personas, las MI pueden estar constantemente trabajando dado que no sufren cansancio y su nivel de eficacia no va a disminuir debido al paso del día; por ello su nivel de precisión puede ser mayor al de un humano.

### MI en los negocios

Cada vez se busca más que las MI adquieran características similares a las del ser humano, principalmente en el proceso de toma de decisiones y el aprendizaje del entorno.

Según indica Gartner en su informe de las tendencias para el año 2016, las MI para el

año 2020 tendrán un auge e impacto importante en los negocios, ya que dado la gran cantidad de tecnologías cognitivas sofisticadas existentes en el mercado, podrían ser capaces de reducir la necesidad de mano de obra humana; sin embargo, la vinculación de estas MI a las necesidades del negocio requiere un profundo conocimiento de las capacidades de estas tecnologías.

Gartner menciona en su estudio del 2015 que un 60% de los directores de tecnología aun consideran las máquinas inteligentes como parte de una fantasía y no creen que esta revolución de la industria es inminente. Por ello, no se encuentran preparados con políticas y lineamientos para este nuevo tipo de fuerza laboral digital.

Además, Gartner menciona que para el 2018, debido a los cambios digitales generados a partir de las inclusiones de las MI, los puestos claves de trabajo relacionados con los negocios digitales, es decir aquellos que utilizan tecnología para generar, almacenar y procesar datos, habrán aumentado en más del 500% en comparación con los modelos tradicionales. Por ello, las empresas deben revisar sus procesos, tecnologías y el entorno digital que poseen hoy en día, para identificar las brechas existentes, con lo que se busca en esta revolución de la industria.

### Pros y contras de las MI

Es indudable el aporte que las MI brindan a cualquier industria, por ejemplo:

#### Permanencia de la información

A diferencia de los seres humanos, las máquinas no pierden facultades; con el pasar de los años más bien mejoran y optimizan sus facultades con sencillas actualizaciones en los

diferentes componentes como las bases de datos, los sensores y el software que ejecuta acciones, entre otros.

El desarrollo de esta máquina puede ser complicado; sin embargo, una vez que se desarrolla puede ser fácilmente “clonada” las veces que se requiera sin mayores inconvenientes.

La rapidez de una máquina para realizar un cálculo matemático es bastante superior a la de un humano, por lo cual pueden obtener información de la base de datos, realizar cálculos sobre esos datos e inferir los resultados de una manera bastante eficiente.

Las máquinas no son afectadas por situaciones externas para la toma de decisiones: los humanos pueden tomar decisiones por motivaciones emocionales o por intuición, sin bases sólidas que los respalden; los sistemas son más fiables y coherentes dado que siempre tomarán la misma decisión ante el mismo caso.

La inversión inicial es normalmente elevada; sin embargo, a mediano y largo plazo se generará una disminución de costos importante, debido a la reducción de los costos en personal y errores cometidos en los procesos. Las MI permiten mejorar la calidad y la eficiencia en los procesos de toma de decisiones y siempre mostrarán la misma respuesta ante las mismas situaciones.

### Limitaciones

Aunque las MI apoyan la mejora de procesos de una organización, constituyen un área relativamente nueva, por lo cual tienen ciertas limitaciones:

No tienen conocimiento sobre el sentido común; para una MI no existe lo obvio, cada decisión debe tener una base.

Mantener una conversación informal es posible con una persona, pero con una máquina la interacción no resulta tan natural; de hecho, el lenguaje natural es una de las áreas de IA que presenta menos desarrollo.

Las personas son capaces de aprender con facilidad de sus errores, experiencias e incluso de experiencias ajenas. Las máquinas pueden aprender también de sus errores (learn machine) pero esto conlleva un complejo proceso de programación de redes neuronales.

Cuando a una persona se le presenta un problema es capaz de verlo con una perspectiva

global, puede distinguir cuáles son los aspectos relevantes y cuáles son secundarios; las MI se enfocan en buscar una solución óptima para el problema visto desde la perspectiva global.

La percepción del ambiente se realiza por medio de los sentidos; en una MI la creación de sensores que imitan los sentidos resulta complicado.

### ¿Dónde están las MI?

Las MI ya están siendo utilizadas en diferentes áreas. Una de estas, donde se presentan todos los elementos expuestos, es el robot *Pepper*, un robot de tipo humanoide, cuya cualidad principal es su capacidad de percibir emociones: es amable, simpático y sorprendente. Es capaz de reconocer las principales emociones humanas y adaptar su comportamiento al estado de ánimo de su interlocutor. Hasta la fecha, más de 140 tiendas de Softbank Mobile en Japón están utilizando a *Pepper* como una nueva forma de proporcionar una bienvenida, informar y entretener a los clientes, según se indica en su página web. *Pepper* también se convirtió recientemente en el primer robot humanoide que se adoptará en los hogares japoneses. Esta máquina inteligente es un claro ejemplo de lo mucho que se puede hacer para empezar.

Otro ejemplo de la aplicabilidad de estos dispositivos se presenta en las tiendas Target. Estas implementaron un robot llamado *Tally*, que recorre los pasillos de las tiendas para verificar si los estantes poseen los productos disponibles y se encarga de comprobar que el precio de los productos sea el correcto, entre otras funciones.

Otra MI que se puede encontrar en el mercado desde hace algunos años son los robots de limpieza, por ejemplo *Roomba*, que hace limpieza de pisos en la casa o la oficina y trabaja con sensores, IA y comunicación M2M, entre otros elementos.

### Conclusión

Aunque se inician en los años 50, cuando Alan Turing las menciona por primera vez, las MI son una tecnología emergente que ha tomado auge en los últimos años; se espera que para el 2020 sean parte de la fuerza laboral de las empresas, según lo predice la consultora Gartner.

Debido a la incorporación de las MI a la fuerza laboral mundial, se requerirá una reestructuración de puestos y políticas para hacer frente a esta nueva necesidad del mercado.

Asimismo, como el área de *big data* ha experimentado un importante auge, se pueden generar, recopilar y gestionar grandes cantidad de datos y convertirlos en conocimiento y así abastecer de información a las MI.

Además, muchas tecnologías cognitivas sofisticadas pueden apoyar la reducción de mano de obra humana en entornos donde esta es demasiado costosa y peligrosa, según el producto; sin embargo, la vinculación de estas MI a las necesidades de los negocios requiere de un profundo conocimiento sobre las capacidades que pueden aportar.

Las MI serán los disruptores digitales debido a los efectos que tendrán en la sociedad, tanto positivos como negativos. En los negocios, son evidentes las ventajas competitivas que estas tecnologías serán capaces de proporcionar para lograr mayores márgenes de utilidad, dado que se tendrán procesos mucho más eficientes. ■

### Bibliografía

<http://inteligenciaartificial1il131.blogspot.com/>  
<http://www.gartner.com/it-glossary/machine-to-machine-m2m-communications>  
<http://searchcio.techtarget.com/definition/smart-machines>  
<http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/machine-to-machine-M2M>  
 [(Natural Computing: DNA, Quantum Bits, and the Future of Smart Machines)] [Author: Cathy Lazere] published on (July, 2010)  
<http://sloanreview.mit.edu/article/just-how-smart-are-smart-machines/>  
<http://www.shoshanazuboff.com/new/books/in-the-age-of-the-smart-machine/>  
<https://www.ald.softbankrobotics.com/en/cool-robots/pepper>  
[http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/actualidad\\_cientifica/noticias/navegacion\\_autonoma\\_vehiculos](http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/actualidad_cientifica/noticias/navegacion_autonoma_vehiculos)  
<http://www.omicrono.com/2014/09/el-nuevo-reconocimiento-de-imagenes-de-google-puede-identificar-todos-los-objetos-de-una-foto/>

\*Profesora de la carrera de Administración de Tecnología de Información del TEC. Tiene una maestría en administración de empresas con énfasis en mercadeo y otra con énfasis en finanzas, así como una especialidad en administración de proyectos.

Trabaja como consultora en el área de las tecnologías de información para el sector público y privado, e imparte cursos en maestría y en diferentes programas del TEC.

## Parque de Desarrollo Humano en Alajuelita

# Fortalecen gestión pública urbano territorial

Tomás Martínez Baldares\*  
tmartinez@tec.ac.cr

Luego de 32 años sin ser actualizado, el Plan de la Gran Área Metropolitana -denominado Plan GAM 2013-2030- fue desarrollado por el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), por designación del Consejo Nacional de Planificación Urbana y del Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH).

El plan apuesta por la consolidación de un modelo urbano que se dirige hacia la distribución más eficiente y equitativa de usos, servicios y equipamiento públicos. Este proyecto fue desarrollado por el TEC y publicado en La Gaceta No. 82, del 30 de abril del 2014 (decreto N° 38145 y decreto N° 38334).

El Parque de Desarrollo Humano “La Lajuelita” es un proyecto que se ajusta al modelo urbano planteado en el Plan GAM y en el cual se formaliza la colaboración del TEC mediante convenio firmado el 22 de junio de 2016 con el Ministerio de Cultura y Juventud. Como parte de la cooperación interinstitucional se han considerado varios aspectos, como la propuesta de un plan maestro para su desarrollo mediante el proyecto de tesis de la estudiante Diana Quirós, de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo, la ejecución de los estudios de suelo y geotectónicos y la asesoría en el proceso de avance mediante la comisión interinstitucional de seguimiento.

Los tiempos y aportes designados por el TEC están considerados en el proyecto de extensión *Fortalecimiento de la gestión pública urbano territorial*, aprobado por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión.

Previamente se identificó la necesidad del sector municipal e institucional de encontrar asesoría y capacitación para el desarrollo de proyectos urbanos territoriales y reorientar y actualizar el enfoque de los planes regulado-

res locales de los 31 municipios que lo componen. También se vio necesario desarrollar competencias organizativas en las unidades técnicas de Gobierno y municipios para la gestión del proyecto urbano y la aplicación de buenas prácticas.

### Acciones territoriales

El Ministerio de Cultura y la Municipalidad de Alajuelita comparten el interés de impulsar la creación de un parque en una zona que presenta uno de los mayores déficits en inversión social a nivel nacional y en espacios de recreación, cultura y formación. Se trata de un Parque Metropolitano en Tejarcillos de Alajuelita, distrito de San Felipe.

El déficit de áreas verdes públicas por habitante en el eje sur de la GAM Alajuelita-Desamparados representa el de mayor impacto en términos de presión y crecimiento demográfico proyectados al 2030; esto hace más relevante la dotación de equipamiento público, formativo y recreativo con fines ambientales, ecológicos, urbanos y especialmente sociales. El crecimiento urbano desordenado y la reducción de suelos urbanizables amenazan, de aquí al 2030, las áreas verdes que rodean a Alajuelita y Desamparados. Se trata de zonas de riesgo social con alto porcentaje de población joven. El proyecto abordará el caso concreto de un nuevo parque metropolitano en Alajuelita, con la participación de varias instituciones.

El terreno de 24 ha en Tejarcillos es el único en su tipo que, por su ubicación, tiene cercanía con equipamientos públicos tales como una escuela, un colegio y un centro de salud, que complementan y facilitan el acceso de la población, ya que los servicios por ofrecer pueden complementar la oferta educativa actual. Además, cuenta con una ruta de buses con cinco paradas contiguas al terreno.

### Metodologías de análisis y necesidades identificadas

Se utilizó el programa *Quantum GIS* para efectuar un análisis de disponibilidad de áreas, de verificación de distancias, de ubicación respecto a la fragilidad ambiental y a las macro zonas urbanas, anillo de contención urbana, relieve y fallas, entre otras variables, por medio de sistemas de información geográfica. Se utilizaron las capas cartográficas del Plan GAM 2013-2030 y del Atlas Digital



El TEC ha desarrollado toda la asesoría, gestión, planificación, cartografía y justificación de localización de manera gratuita, como proceso de extensión. De igual forma, el diseño de plan maestro fue desarrollado mediante una tesis. El estudio de suelos consistió en un proceso de contratación al Centro de Investigación en Vivienda y Construcción (CIVCO), del TEC, por unos 11 millones de colones.

TEC 2014. Los procedimientos fueron verificados y constatados en varias visitas al sitio realizadas entre junio y octubre del 2016, mediante trabajo de campo y con utilización de tecnología GPS.

El cantón de Alajuelita está aumentando la población muy rápidamente debido al saldo migratorio positivo, a que los jóvenes nacidos en las décadas de los 80 y 90 están en edad de tener hijos y al aumento de la esperanza de vida de los adultos mayores. Las proyecciones demográficas estiman que esta tendencia de fuerte crecimiento poblacional continuará hasta el año 2030. El crecimiento más pronunciado se da en el distrito de San Felipe, donde según proyecciones la población se multiplicará por seis en 30 años, pasando de 27 926 habitantes en el año 2000 a 172 441 en el año 2030 (Centro Centroamericano de Población de la Universidad de Costa Rica). Ante esta situación, se verifica una asimetría entre crecimiento demográfico, equipamientos públicos y sociales y áreas verdes de uso público y recreativo. Específicamente en el cantón de Alajuelita, la cantidad de áreas verdes por habitante es de apenas 0,39 m<sup>2</sup> por habitante, muy por debajo del valor recomendado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la cual “... recomienda la existencia de un mínimo de 9 metros cuadrados de áreas verdes y recreativas por habitante” (PNUD, 2013, p. 170).

### Modelo urbano y control de la expansión desordenada

Se identifican varias vulneraciones al anillo de contención urbana, siendo Tejarcillos una de las más grandes y notables. Los terrenos alrededor aún manejan pendientes que se ajustan a la urbanización por lo que se considera que el parque como espacio circundante puede ser un efectivo control a la expansión de la urbanización en este sector.

La identificación del terreno idóneo se analizó a la luz de la afinidad y posibilidades de consolidación del modelo urbano denominado CDI, que se define en el Reglamento del Plan GAM, Decreto N° 38334, de la siguiente forma:

*Artículo 26. Centralidades Densas Integrales. [...] La Centralidad Densa Integral, en adelante CDI, se define como la unidad territorial en la cual se promueve la reconstrucción y fortalecimiento de núcleos urbanos con densidades proporcionales a su capacidad de soporte ambiental, según su fragilidad ambiental, su infraestructura, redes y equipamiento social, con el fin principal de incorporar los usos, servicios y equipamientos sociales de requerimiento básico para la población, a fin de revitalizar física y socialmente zonas urbanas conurbadas y mejorar la calidad de vida.*

Nótese el enfoque que la definición hace al objetivo de incorporar usos, servicios y equipamientos sociales para revitalizar la condición del entorno, que es justamente el fin del parque.

El análisis de equidistancias, que implica ubicar un centroide en el parque y verificar en QGIS y *Google Maps* las distancias de cercanía y de acceso peatonal en el cantón, muestra resultados muy positivos pues el acceso desde el Parque Central de Alajuelita requiere 15 minutos caminando. El alcance de un CDI son 20 minutos caminando y mil metros de distancia. En este caso se accede fácilmente desde cualquier parte del distrito de San Felipe y más allá permite cercanía razonable pues toma 25 minutos llegar a la iglesia de San Josecito de Alajuelita. Además, en 30 minutos se llega peatonalmente al parque desde la Escuela Los Pinos y la Escuela de Concepción abajo. Existen líneas de bus que pasan al frente de los terrenos del futuro parque y que facilitan el acceso.

### Potencial del terreno y programa de usos

Los estudios realizados permitieron identificar que los terrenos disponibles cuentan con condiciones y área para acoger un parque de escala cantonal cuya finalidad es brindar equipamientos culturales, deportivos y de mejoramiento ambiental. Luego de realizar los estudios de suelos o geotécnicos a profundidad (por parte del CIVCO-TEC), se obtuvieron las especificaciones, condiciones y características necesarias a considerar en el desarrollo y construcción de un modelo de parque de bajo impacto ambiental y baja cobertura de suelo con una ocupación no mayor de un 25% (3,5 ha) del área construible (14 ha). Esta área es suficiente para el programa de usos requeridos para la zona y respecto del total de 23,6 ha implica menos de un 10% de cobertura, que es lo permitido por la normativa regulatoria de la GAM.

Para la definición del programa de usos, la estudiante Diana Quirós coordinó los procesos participativos con las comunidades, asociaciones de desarrollo, escuelas de la zona y entrevistas. A partir de estos insumos se planteó un programa que considera, entre otros, aulas de danza, teatro, música, auditorio, gimnasio, aulas convencionales, oficinas, piscina, canchas y senderos.

Paralelamente se está elaborando una propuesta de reforestación y de integración a las zonas de protección circundantes (Cerros de Escazú) para que el parque tenga un efecto en la estructura ecológica metropolitana. Este trabajo se desarrolla con la participación de un equipo de ingeniería forestal vinculado al proyecto.

### Conceptos de diseño

El principio fundamental del diseño del parque es dejar que la naturaleza, el paisaje y el entorno natural sean los protagonistas y que la construcción tenga una huella mínima al

insertarse de la forma más armónica y natural posible.

La primera etapa del proyecto comprende la compra del terreno de 24 hectáreas y se asegura el financiamiento de la primera fase con un costo de más de 147 millones de colones obtenidos de los fondos de Fodesaf, y un estudio de suelo valorado en más de 11 millones de colones, realizado por el TEC a través del CIVCO.

La Asamblea Legislativa aprobó los recursos de Fodesaf considerando que el distrito de San Felipe es uno de los más densamente poblados del cantón de Alajuelita y por su cercanía a localidades de gran vulnerabilidad social, con centros educativos cuya matrícula es de las más altas del distrito.

### Participación del TEC

Por solicitud del Ministerio de Cultura y Juventud y del Despacho de la Primera Dama, mediante el Programa Tejiendo Desarrollo, el TEC tomó parte del equipo del proyecto *Parque de Desarrollo Humano para Alajuelita*, considerado un reto importante por el gran impacto que va a significar en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes.

Para ello, el TEC conformó un equipo técnico interdisciplinario que ha involucrado profesionales altamente calificados y estudiantes avanzados provenientes de distintas Escuelas: Casia Soto, de Ingeniería Forestal, en el área de sistemas de información geográfica y recursos naturales; Carlos Ugalde, de Ingeniería en Construcción y el Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción (CIVCO), con experiencia en vivienda, infraestructura vial, gestión territorial y construcción sostenible; y Tomás Martínez Baldares y David Porras Alfaro, de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo, que imparte la carrera de arquitectura con mayor énfasis en urbanismo del país. ■



En la foto, de izquierda a derecha, David Porras y Tomás Martínez, ambos profesores de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo; Diana Quirós, estudiante de arquitectura y quien está haciendo el proyecto de graduación en el proyecto; y Alonso Poveda y Ángel Navarro, los dos investigadores del CIVCO TEC.

(\*) Tomás Martínez es profesor de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Es arquitecto graduado de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia. Cuenta con una maestría académica en diseño urbano de la Universidad de Costa Rica y una especialización en gestión y revitalización de la ciudad, el paisaje y el territorio, de la Universidad Castilla La Mancha, España. Es el coordinador del proyecto de extensión *Fortalecimiento de la gestión pública urbano territorial*.

## Agricultura de precisión

# Agricultura precisa y exacta en tiempo, lugar y cantidad de insumos utilizados

Natalia Gómez Calderón\*  
ngomez@itcr.ac.cr  
Milton Solórzano Quintana\*  
msolorzano@itcr.ac.cr

A partir de la participación de la Escuela de Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) en el XII Congreso Latinoamericano de Ingeniería Agrícola (XII CLIA), realizado en mayo del 2016 en Bogotá, Colombia, se estableció contacto con el Laboratorio de Agricultura de Precisión (LAP) de la Universidad de Sao Paulo (USP), de Brasil, universidad que ocupa el quinto lugar del mundo en el *ranking* de centros de investigación en agricultura.

El coordinador del LAP, Ph.D. Jose Paulo Molin, ofreció en el XII CLIA un curso de actualización sobre la aplicación de la agricultura de precisión en la ingeniería agrícola, por lo que la Escuela consideró oportuno brindar un curso de educación continua en Costa Rica sobre el tema, llamado “Agricultura de precisión: un enfoque de ingeniería”. El objetivo fue promover el conocimiento técnico y científico de los avances de la ingeniería en la agricultura, promover el uso óptimo de las tecnologías disponibles en el país y ampliar horizontes en investigación y desarrollo en temas relacionados.

### Agricultura precisa y exacta

Según Molin (2017), la agricultura de precisión se refiere a la agricultura precisa y exacta en cuanto a tiempo, lugar y cantidades de insumos utilizados, lo que la convierte en una herramienta de gestión agrícola que ha ido posicionándose en el mundo, para dar pie a una nueva etapa de la evolución de la agricultura, a la que el productor se expone en la mayoría de los casos sin capacitación

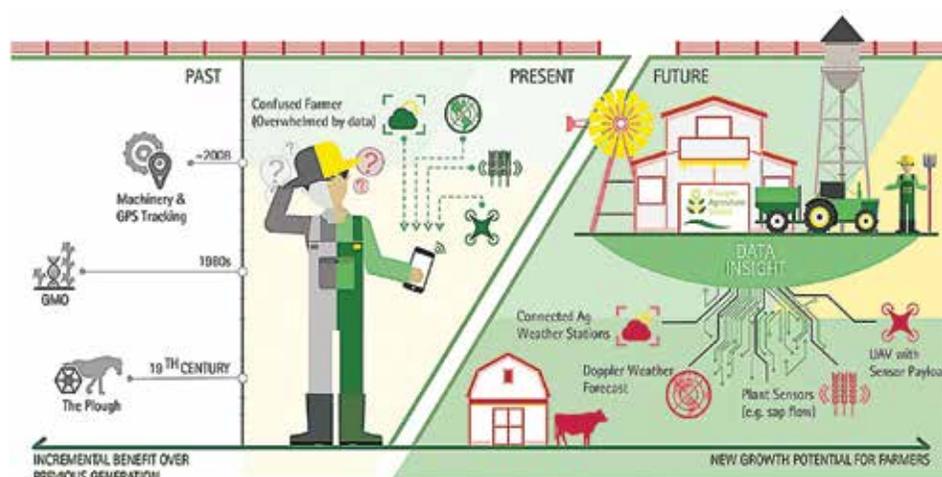


Figura 1. Evolución de la agricultura.

Tomado de: <https://www.accenture.com/mu-en/insight-accenture-digital-agriculture-solutions>

y posibilidades de sacar el máximo provecho (Figura 1).

Aunque hay indicios de agricultura de precisión desde 1920, con publicaciones sobre agricultura de tasa variable en pequeñas extensiones, o ciertos tipos de manejo agrícola, la integración de la tecnología y el desarrollo de la agroindustria de servicios han propiciado un salto hacia una agricultura inteligente, basada en la información, a partir del año 2000. De ahí que la agricultura de precisión sea una convergencia multidisciplinaria de rápido crecimiento y complejidad. Antes de esto, la era de la agricultura moderna (entre los años 1900 y 2000), surgió a partir de la mecanización de las labores (preparación de suelos, siembra, pulverización, cosecha e irrigación) y del desarrollo químico de insumos agrícolas y material genético mejorado. Antes, la agricultura tradicional se basaba en la experiencia.

La información y el conocimiento en la agricultura brindan una mejor aplicación de la agricultura de precisión, la cual aporta herramientas para la toma de decisiones atinadas en las producciones agrícolas y que poco a poco evoluciona hacia una agricultura de predicción y prescripción (inteligencia artificial), conformada de grandes bancos de información (*bigdata*) y de posibilidades de digitalización de las labores agrícolas.

Actualmente, hay empresas “en la nube” que ofrecen servicios de transformación de grandes volúmenes de información georreferenciada de fincas en mapas de rendimiento, zonas de manejo e interpretación de diferentes indicadores a los productores interesados.

### Experto internacional

En junio de 2016, el doctor Molin fue invitado a realizar un curso introductorio a la agricultura de precisión en Costa Rica, organizado por la Escuela de Ingeniería Agrícola del TEC y que involucrara diferentes actores del sector productivo agrícola nacional y académico.

Como parte de la visita, se incluyó una presentación del plan de estudios de la carrera, los proyectos de investigación en ejecución asociados a temas de agricultura de precisión y posibilidades de cooperación para futuras iniciativas conjuntas, pasantías de estudiantes y profesores y posteriores participaciones en actividades desarrolladas en Costa Rica sobre el tema.

También se le invitó como expositor para el XIII CLIA 2018, que es organizado por las escuelas de ingeniería agrícola del TEC y de la UCR y sus respectivas organizaciones gremiales adscritas al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA), que tendrá sede en San José, Costa Rica.

El profesor José Paulo Molin es ingeniero agrícola de la Universidad Federal de Pelotas, máster en ingeniería agrícola de la Universidad Estatal de Campiñas (ambas en Brasil) y doctor en ingeniería agrícola de la Universidad de Nebraska, Estados Unidos.

Es profesor asociado III de la USP y fundador y coordinador del Laboratorio de Agricultura de Precisión de esta prestigiosa universidad. Preside la Comisión Brasileña de Agricultura de Precisión (CBAP) del Ministerio de Agricultura, Pecuaria y Abastecimiento de

ese país, y es uno de los principales referentes en temas relacionados con agricultura de precisión, siendo fundamento de estudios y publicaciones de la *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO). Ha sido generador de conocimiento en agricultura de precisión y sus aplicaciones y motivador de profesionales que se desempeñan con gran suceso como asesores de explotaciones agrícolas en Latinoamérica.

### El curso

Con el fin de brindar en panorama general de la agricultura de precisión, el profesor Molin propuso un contenido amplio de subtemas, cada uno de los cuales puede ser ampliado en futuras capacitaciones mediante los programas de educación continua del TEC, además de constituir un insumo para temas de investigación y desarrollo.

Los subtemas abarcados fueron:

1. Introducción y conceptos.
2. GNSS y sistemas de corrección diferenciales.
3. Los sistemas de guiado, máquinas automáticas de dirección y de automatización.
4. Asignación de la productividad y la utilidad de los mapas de rendimiento.
5. Principios y técnicas de muestreo georreferenciados.
6. Unidades de gestión diferenciadas.
7. SIG para la agricultura.
8. Principios de la geoestadística y la interpolación.
9. Sensado y sensores de suelo.
10. Sensores de plantas.
11. Tratamientos localizados y protección localizada de cultivos.

Al inicio del curso, que se efectuó los días 26 y 27 de enero de 2017, el profesor Molin enfatizó en la existencia de dos grandes vertientes de agricultura de precisión: la variabilidad espacial (desde 1980) y la tecnología relacionada con el GNSS (desde 1990 con la disponibilidad del GPS para uso civil). Ambas vertientes pretenden optimizar o reducir el uso de insumos, aumentar la productividad y mejorar la calidad del producto y de las operaciones, aumentar las ganancias y minimizar los impactos ambientales de la agricultura.

La diversidad de formación y de sector productivo de los asistentes al curso enriqueció las discusiones de los temas e hizo posible vi-



Figura 2. Desarrollo del curso “Agricultura de precisión: un enfoque de ingeniería”.

sualizar oportunidades de mejora en todos los campos, así como nichos de negocios posibles en el país.

La interdisciplinariedad del tema se reflejó en la formación profesional de los asistentes, quienes son ingenieros/as agrícolas, químicos, electrónicos, mecánicos, forestales, topógrafos, agrónomos y en agronegocios, así como geógrafos y especialistas en ciencias computacionales. Los profesionales asistentes a la capacitación, de 16 horas, son investigadores del TEC, la UCR, la Universidad Técnica Nacional (UTN) y la Universidad Estatal a Distancia (UNED), así como gerentes de fincas agrícolas (caña de azúcar y piña) y empresas de diseño de sistemas de riego, oferentes de maquinaria agrícola y servicios de monitoreo de cultivos y suelos (Figura 2).

### Becas y pasantías

Posteriormente, en el encuentro liderado por la vicerrectora de Investigación y Extensión del TEC, Dra.-Ing. Paola Vega, el profesor Molin se refirió a las posibilidades de becas de posgrado que ofrece la USP, a las cuales se tiene acceso gracias al convenio establecido por el TEC con dicha universidad.

Además, explicó que el LAP, que coordina, dispone de una amplia carpeta de proyectos en los cuales puede aceptar pasantes de posgrado y pregrado.

Como parte de las conversaciones con el *staff* de la Escuela de Ingeniería Agrícola sobre la realidad nacional en el tema de agricultura de precisión, el profesor Molin coincide en que en Latinoamérica la tecnología comercial ha ganado más terreno en relación con la generación de conocimiento que permita

una optimización de los recursos tecnológicos disponibles en las fincas agrícolas, así como de un desarrollo de tecnologías de bajo costo. En este sentido, propuso algunas iniciativas de investigación y docencia para que sean maduradas a lo interno de la Escuela de Ingeniería Agrícola. La Escuela ejecuta proyectos de investigación utilizando vehículos aéreos no tripulados (UAV), sistemas de información geográfica, sensores remotos y modelado de la información, que permiten la inclusión de la agricultura inteligente en trabajos finales de graduación de estudiantes de pregrado de diferentes carreras del TEC, realizados en diferentes entornos de producción agrícola.

La visita y el desarrollo del curso se realizaron con el apoyo económico de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) del TEC y de la Asociación Profesional de Ingenieros Agrícolas graduados del TEC (APIATEC). La Escuela de Ingeniería Agrícola continuará trabajando en el desarrollo de este tema en el país. ■

### Referencias bibliográficas

- Gómez-Calderón, N., Solórzano-Quintana, M., & Villagra-Mendoza, K. EN REVISION. La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo. Tecnología en Marcha. Recopilación-Material didáctico, Tecnológico de Costa Rica.
- Molin, J. P. (2017). Curso: Agricultura de precisión, enfoque en la ingeniería. Filminas de presentación, Cartago, Costa Rica: Escuela de Ingeniería Agrícola TEC.

\*Ingenieros agrícolas, docentes e investigadores de la Escuela de Ingeniería Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC).

**Economía circular**

**A**provechamiento de residuos sólidos orgánicos: oportunidad para un sistema alimentario e institución sostenibles

Laura Brenes Peralta<sup>1</sup>  
 Roel Campos Rodríguez<sup>2</sup>  
 María Fernanda Jiménez Morales<sup>3</sup>  
 Marianella Gamboa Murillo<sup>4</sup>

La Escuela de Agronegocios del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) ha venido avanzando en la ejecución de proyectos de investigación y extensión sobre gestión ambiental en agronegocios.

Esta área es necesaria para permitir sistemas agroalimentarios más sostenibles y representa una oportunidad para mejorar el desempeño ambiental de una empresa o institución; pero igualmente significa una opción para avanzar hacia metas de acción ante el cambio climático, la seguridad alimentaria y nutricional, la economía circular y la competitividad empresarial o institucional.

De ahí que el concepto, desde la perspectiva del agronegocio, permite visualizar la realidad técnica de aspectos relacionados con la biología del tratamiento de residuos sólidos orgánicos y su aprovechamiento posterior, así como del flujo de proceso adecuado desde una visión de eficiencia y eficacia y el cierre de ciclos de obtención de alimentos sanos e inoocuos para la población, con posibilidad de reincorporar nutrientes a los suelos que igualmente sostienen la producción de esos alimentos.

**Aprovechamiento de residuos biodegradables**

Basados en conceptos como la economía circular y la gestión ambiental, la Escuela de Agronegocios ha incursionado en proyectos en los cantones de Guácimo de Limón y Alvarado de Cartago, y propiamente en el TEC, con el fin de minimizar y aprovechar los re-



Práctica de agricultura para aprovechamiento de residuos orgánicos composteados en huertas orgánicas, durante uno de los talleres en Guácimo.

sidos de tipo biodegradable que suponen serios retos para su adecuada gestión.

Compartimos un resumen de las actividades más relevantes, en las que la Escuela aportó para que el TEC lograra la máxima calificación en desempeño ambiental en 2016, otorgada por el Programa de Gestión Ambiental Institucional (PGAI) de la Dirección de Gestión Ambiental (DIGECA) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).

Participan en estas actividades los profesores e investigadores Roel Campos Rodríguez, María Fernanda Jiménez Morales y Laura Brenes Peralta, así como Marianella Gamboa Murillo quienes, a su vez, han establecido un vínculo con actores institucionales como Alina Rodríguez, de la Vicerrectoría de Administración y sus dependencias de Gestión Ambiental, el Restaurante Institucional y su coordinador Edgar Altamirano y todo el equipo de colaboradores de esta área, apoyados también por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE).

**Cantón de Alvarado**

En 2013 se ejecutaron dos acciones entre la Municipalidad de Alvarado y la Escuela de Agronegocios, que se concretó mediante un trabajo final de graduación (TFG) de licenciatura en ingeniería en agronegocios y una

actividad de fortalecimiento de la investigación y la extensión inscrita en la VIE.

Años atrás la Municipalidad había iniciado procesos de educación ambiental, por lo que sus habitantes han sostenido la práctica de separación de residuos. También se construyó una compostera municipal para hacer posible el tratamiento de residuos sólidos orgánicos a escala local. Recibieron apoyo de varias instituciones en el proceso de construcción y mediante el TFG del estudiante Fabián Marín Rivas, se iniciaron las primeras pruebas de composteo de los residuos orgánicos de Alvarado, una zona de alta producción agrícola. El trabajo se tituló “Diseño de una estrategia de implementación de un proceso de compostaje para el manejo de residuos sólidos urbanos orgánicos en la Municipalidad de Alvarado, Cartago, Costa Rica”. Esto, a su vez, se constituyó en un mecanismo de aprovechamiento de los residuos para mejorar las condiciones de los suelos de vocación agrícola del cantón y constituir un agronegocio para la Municipalidad respondiendo al manejo responsable de sus recursos.

El proyecto permitió conocer el origen, composición y generación de residuos orgánicos provenientes del cantón de Alvarado. Se establecieron tratamientos experimentales mezclando los residuos orgánicos con baga-

zo en distintas proporciones y se evaluó cada tratamiento de acuerdo con sus características físicas, químicas y administrativas, como tiempos, costos y rendimiento. Como resultado, se sugirió un modelo de compostaje de manera que la estrategia fuera implementada por la Municipalidad. Se determinó el costo de producción del abono y posibles inversiones requeridas para escalar el proceso según el volumen total de residuos recolectados.

Paralelamente, la actividad de fortalecimiento consistió en un estudio de la condición del mercado del abono orgánico en el cantón, lo que permitió que la Municipalidad considerara las posibilidades de comercializar el abono obtenido tras el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos de su localidad. Se estudió, entre otros, el precio, la oferta y la demanda de los abonos orgánicos para direccionar una estrategia de venta. A la fecha, y tras visita en marzo de 2017, se conoció que la compostera municipal opera al 100%; allí se procesan actualmente 13 toneladas de residuos sólidos orgánicos semanalmente y se han iniciado las primeras pruebas y ventas de abono a agricultores locales. En asocio vía convenio y amparado a la legislación nacional en esta materia, se ha concesionado a un microempresario local la recolección y procesamiento del com-

post, en una relación transparente con la Municipalidad y su área de gestión ambiental.

### Cantón de Guácimo

Con la entrada en el 2010 de la Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839, la Municipalidad de Guácimo percibió la necesidad de abordar el tema de gestión ambiental y gestionar adecuadamente los residuos generados en el cantón. Se estableció así el proyecto de tesis doctoral del ingeniero Roel Campos, con el objetivo de proponer un modelo ambiental para la adecuada gestión de los residuos sólidos. Esto permitió a la Municipalidad contar con un diagnóstico de línea base respecto a la gestión integral de los residuos sólidos, un estudio sobre conocimientos, actitudes y barreras, que permitió establecer estrategias de trabajo con los diversos actores involucrados, la realización de un estudio de generación y composición del cantón y el diseño de un plan de acción para la gestión integral de los residuos sólidos.

Además, se visualizó la necesidad de brindar una opción para la utilización adecuada de los residuos sólidos biodegradables y que estos no fueran directo al lugar de acumulación final. En 2014 y 2015 la Escuela de Agronegocios desarrolló un proyecto de aprovechamiento

de estos residuos por medio de compostaje, para ser utilizados en huertas caseras en las diferentes comunidades del cantón. Se realizaron pruebas con distintos métodos de compostaje para determinar la viabilidad técnica, económica y ambiental de métodos como el Takakura y el de uso de microorganismos de montaña.

Posteriormente, los abonos orgánicos obtenidos del tratamiento de residuos sólidos orgánicos se llevaron a campo en parcelas experimentales y se valoró desde una perspectiva técnica y económica la posibilidad de usar estos productos como enmienda al suelo, comparándolos con abonos orgánicos comerciales y un testigo. Se determinó así la viabilidad del uso de estos abonos en huertos caseros.

La siembra de este tipo de huertas tiene como objetivo principal producir alimentos para la familia, aprovechando el espacio disponible que hay en los hogares. Se trata de una actividad que no requiere de técnicas complejas y los insumos necesarios para hacerlas son mínimos, aunque sí se requiere de conocimientos básicos y actitudes positivas hacia el tema. En consecuencia, en la VIE se inscribió el proyecto denominado “Implementación de huertas caseras utilizando residuos sólidos municipales para un grupo piloto de la comunidad de Santa María de Guácimo”. El estudio permitió determinar conocimientos, actitudes, comportamientos y barreras en relación con la implementación del uso de residuos sólidos domiciliarios de carácter biodegradable en la siembra de huertas caseras; además, conocer métodos de compostaje y su uso en huertas.

Partiendo de lo anterior se desarrolló un proceso de capacitación a habitantes del cantón, en el que se ejecutaron talleres sobre gestión ambiental, compostaje y mantenimiento de huertas caseras, para sensibilizar a los habitantes de la localidad. Los resultados de este proyecto se han presentado en espacios de divulgación como el V Simposio Iberoamericano de Residuos Sólidos (2013), VI Simposio Iberoamericano en Ingeniería de Residuos Sólidos (2015), el Congreso Nacional Agronómico 2016 y se estará presentando en el VII Simposio de Ingeniería en Residuos en Cantabria, España, en junio del 2017.

### Gestión ambiental en el TEC

Entre 2015 y 2017, la Escuela de Agronegocios abarcó temas de gestión ambiental me-



Pruebas de campo con siembra de lechuga usando abonos orgánicos, entre ellos el obtenido por el método Takakura.



El desarrollo de estos proyectos implicó la realización de encuestas en el cantón de Alvarado; la capacitación mediante talleres sobre prácticas agrícolas; y la medición de pérdidas y desperdicio de alimentos, entre otras actividades.

dante dos proyectos. Por un lado, ha desarrollado estudios sobre pérdidas y desperdicio de alimentos, pues mantiene la coordinación de la *Red Costarricense para Disminución de Pérdida y Desperdicio de Alimentos*, donde convergen más de 20 entidades públicas, privadas y académicas, con la Secretaría Técnica de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Además, con participación de unidades del TEC como la Oficina de Gestión Ambiental y el Restaurante Institucional, se han venido haciendo mediciones de generación de pérdidas de alimentos, sus causas y valoración de posibles soluciones para disminuirlas. Esta perspectiva permite iniciar acciones de disminución de pérdidas de alimentos como un elemento de minimización de residuos sólidos biodegradables, lo cual constituye parte de las operaciones de preferencia de la jerarquía de la gestión integral de residuos, disminuyéndolos desde la fuente.

Aún con las buenas prácticas detectadas en el Restaurante Institucional y la concientización para disminuir los residuos, siempre existirá una porción de estos que no serán comestibles. Es aquí donde la Escuela de Agronegocios inició la ejecución del proyecto “Alter-

nativas de aprovechamiento de los residuos sólidos biodegradables de la soda institucional del Tecnológico de Costa Rica”. Se están haciendo pruebas para aprovechar estos residuos mediante métodos como la biodigestión, el compostaje y la alimentación animal. Los primeros resultados ya se obtuvieron con aportes de estudiantes de grado y posgrado del Área Académica Agroforestal, y en asocio con gobiernos locales como el de Alvarado, se está iniciando la valoración de instalaciones para el correcto tratamiento y aprovechamiento de este tipo de residuos.

La Escuela de Agronegocios, bajo la visión de su director, profesores, investigadores, estudiantes y colaboradores administrativos, ha pasado por profundos procesos de concientización y mejora continua: tanto en el área experimental de la Planta Piloto Agroindustrial, como en el Campo de Prácticas Docentes e Investigación Agropecuaria, se han hecho cambios hacia una producción más limpia y sostenible con mecanismos de ahorro de agua y energía; separación y tratamiento de residuos; inventario de productos químicos; disminución de uso de agroquímicos e inserción de prácticas de agricultura alternativa; sistemas de riego por goteo; y conservación de

suelos y técnicas de producción hidropónicas con sistemas re-circulantes como el NFT, que promueve un uso más racional del recurso hídrico. ■

<sup>1</sup>Profesora e investigadora de la Escuela de Agronegocios del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Es máster en gerencia y gestión ambiental y sus intereses en investigación se centran en sistemas alimentarios sostenibles, disminución de pérdidas de alimentos, abastecimiento en los agronegocios y seguridad alimentaria y nutricional.

<sup>2</sup>Profesor e investigador de la Escuela de Agronegocios y coordinador de la Maestría en Gerencia de Recursos Naturales y Tecnologías de la Producción del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Es doctor en ciencias naturales para el desarrollo con énfasis en gestión y cultura ambiental, y centra su investigación en temas de gestión ambiental en los agronegocios, residuos sólidos y economía.

<sup>3</sup>Profesora e investigadora de la Escuela de Agronegocios. Es máster en sistemas modernos de manufactura y sus intereses en investigación se centran en gestión ambiental en los agronegocios, suelos, disminución de pérdidas de alimentos, e investigación de operaciones.

<sup>4</sup>Profesora e investigadora de la Escuela de Agronegocios. Es máster en educación técnica, y ha desarrollado su investigación hacia el desarrollo de productos agroindustriales, disminución de pérdidas de alimentos y dietas tradicionales.