

Internet de las cosas y microalgas: ¿qué tienen en común?

Arys Carrasquilla Batista*
acarrasquilla@itcr.ac.cr

En la actualidad existe una creciente necesidad en diferentes campos de la investigación, la producción y la industria de agricultura de precisión, de almacenar y procesar datos provenientes de múltiples sensores, muchos de estos ubicados en lugares remotos. El modo usual de recolección de datos implica el uso de equipos separados para cada variable de interés, lo cual dificulta y encarece la integración y el procesamiento conjunto. Así, se visualiza la posibilidad de incorporar la temática del Internet de las cosas con el fin de aprovechar las capacidades computacionales y de procesamiento en la nube para brindar información a los investigadores que les permita tomar decisiones oportunas.

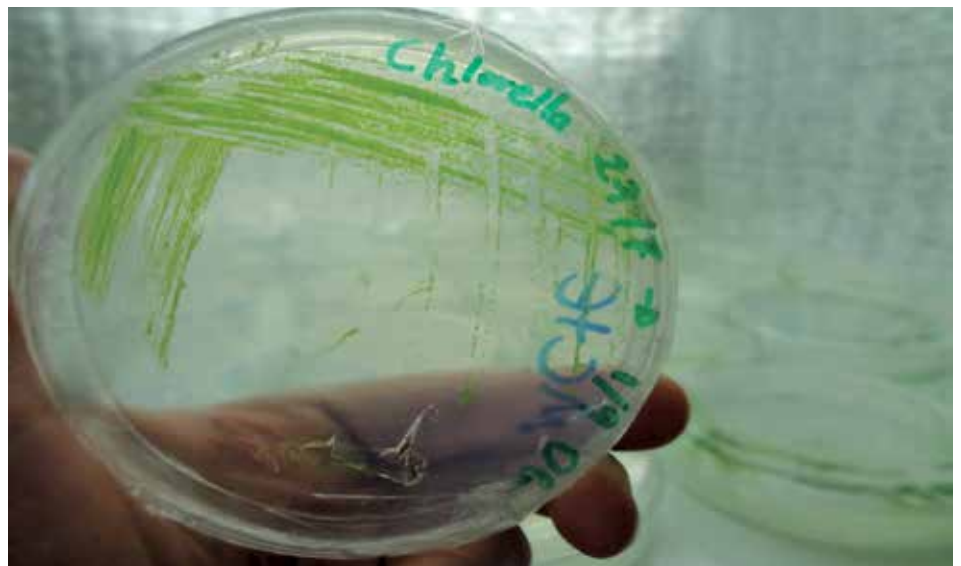


Los humanos convierten los datos en sabiduría (Evans, 2011).

Internet de las cosas (IdC o IoT, por sus siglas en inglés) y microalgas, parecen dos términos de mundos muy diferentes, uno relacionado con tecnología y computación y otro con biología y el medio ambiente. ¿Pero tendrán algo en común? Para poder dar una respuesta es preciso definir inicialmente los términos: Internet de las cosas y microalgas.

Internet de las Cosas (IdC)

El surgimiento de las tecnologías inalámbricas y la telefonía celular 3G y 4G, aunado a la caída en los costos de estos sistemas de co-



Microalga *Chlorella sp.*

municación y el inicio del IdC, ha venido a establecer una pirámide de conocimiento en la que los humanos podemos convertir el conocimiento en sabiduría. Así lo define Dave Evans, experto de la empresa Cisco (Evans, 2011): los humanos tenemos la capacidad de convertir los datos en información, la información en conocimiento y el conocimiento en sabiduría.

¿Cómo se logra esto? Muy sencillo, dándole “inteligencia” a los objetos por medio de Internet; es decir, tomamos objetos, por ejemplo una refrigeradora, y la interconectamos a Internet. ¿Qué importancia o uso puede tener? Una refrigeradora con capacidad de IdC nos puede brindar datos sobre lo que hay dentro de ella; por medio de una cámara podemos visualizar imágenes, se genera un listado sobre faltantes y con el conocimiento apropiado es posible sugerir opciones de menú y, por último, la sabiduría permitirá a los usuarios tomar decisiones oportunas.

El IdC ofrece una solución viable y práctica para la integración de múltiples sensores. Esta sinergia permite explotar las grandes capacidades de procesamiento y almacenamiento disponible por medio de Internet, donde los datos provenientes de múltiples sitios remotos pueden tomar ventaja de técnicas complejas de procesamiento, usualmente conocidas como “fusión de datos de múltiples sensores”, para proveer a los investigadores no solo con un amplio rango de series masivas de datos, sino que además tengan la posibilidad de aplicar procesos predictivos y

de estimación. Por medio del uso de IdC podemos superar las limitaciones más comunes de este tipo de datos en redes inalámbricas convencionales, donde normalmente se tienen altos requerimientos de almacenamiento y de procesamiento computacional para el desarrollo de algoritmos probabilísticos o estadísticos.

Microalgas

El calentamiento global es un resultado de las emisiones de dióxido de carbono y se ha convertido en un término importante relacionado con el ambiente.

Las microalgas son un grupo de organismos unicelulares que crece muy rápidamente y una de las más importantes capacidades que tienen es la habilidad de convertir, muy eficientemente, el dióxido de carbono en biomasa. Algo interesante y ventajoso dentro de este proceso es que las microalgas brindan una mayor tasa de crecimiento y de fijación de dióxido de carbono al compararlas con bosques, agricultura y plantas acuáticas (Borrowitzka, 1999).

Varios estudios relacionados con la fijación de dióxido de carbono (CO₂) por medio de las microalgas han sido descritos en la literatura (Sydney et al, 2010; Wang et al., 2008), donde se logra controlar y mantener las microalgas en condiciones óptimas de crecimiento en un *fotobiorreactor*. El fotobiorreactor es un receptáculo especialmente diseñado para el crecimiento de diferentes cultivos en medios acuáticos, en donde es

posible someterlos a condiciones controladas de luz, oxígeno y dióxido de carbono, entre otras.

Chlorella es una microalga que ha sido certificada como generalmente reconocida como segura (GRAS, por sus siglas en inglés—*Generally Recognized As Safe*) desde el 23 de junio de 1981 (Fox, 1996) y puede ser utilizada como alimento sin tener riesgos para la salud. La *Chlorella* contiene:

- 53% de proteína;
- 23% de carbohidratos;
- 9% de grasa;
- 5% de minerales; y
- 2% de clorofila.

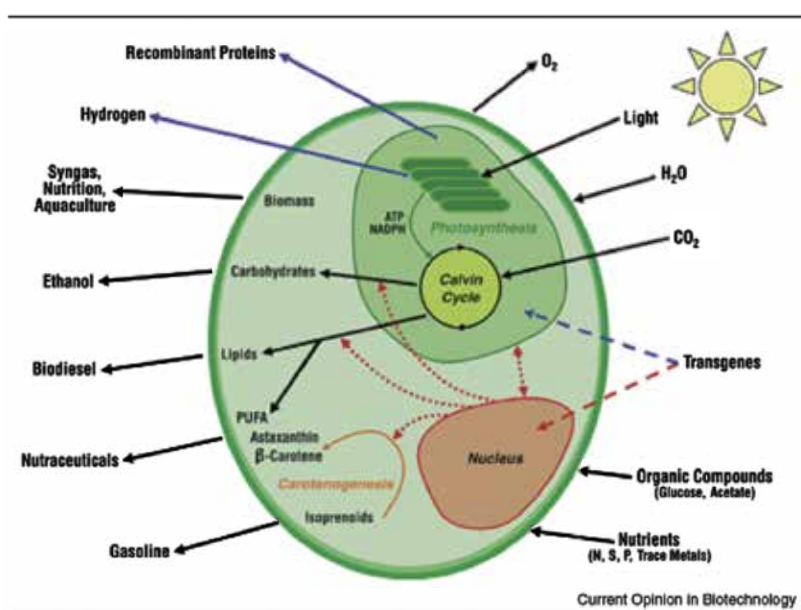
Además, esta microalga es rica en hierro y vitamina B, específicamente B12. Puede ser utilizada para el tratamiento y prevención de la anemia (Henrikson, 1994).

El futuro del Internet de las cosas más el cultivo de microalgas

La importancia de poder integrar el Internet de las cosas más el cultivo de microalgas, es evaluado en la investigación en la cual se pretende explorar sobre métodos estadísticos y algoritmos computacionales con el fin de establecer una metodología para predecir el comportamiento de un cultivo microalgal de *Chlorella sp.* Las variables relacionadas con la dinámica de crecimiento de las microalgas que se integrarían en un modelo matemático y estadístico pueden ser: temperatura, pH, intensidad de luz y oxígeno disuelto, entre otras.

Definitivamente el Internet de las cosas tiene mucho potencial que puede ser explotado y aplicado en el estudio del crecimiento de las microalgas, en conjunto con algoritmos de predicción que requieran alta complejidad y procesamiento. Además, el hecho de poder acceder a la nube de Internet facilita el manejo de los datos para los investigadores y especialistas que requieran información del estado del cultivo.

El Internet de las cosas y las microalgas tienen algo en común; a pesar de las diferencias entre el mundo tecnológico y el mundo biológico, es posible integrar lo mejor de cada uno para aportar un granito de arena hacia el uso de medios informáticos combinados con la electrónica, que puedan ser útiles en



Representación diagramática del proceso microalgal para la generación de sustancias bioactivas. La luz, el agua y el dióxido de carbono están relacionados con la cinemática de crecimiento de las microalgas. Se produce oxígeno durante el proceso de crecimiento (Rosenberg, 2008).

Información básica sobre el proyecto

- Lugar donde se realiza el proyecto: Laboratorio de Bioenergía del Centro de Investigación en Biotecnología (CIB) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Sede Central del TEC, Cartago.
- Actividad a la que se dedica el CIB: es la unidad de investigación de la Escuela de Biología del TEC. Sus objetivos son:
 - o Aumentar la eficiencia en procesos productivos de los sectores agrícola, forestal, ambiental e industrial, mediante la investigación y la aplicación de la biotecnología.
 - o Fortalecer y contribuir con las estrategias regionales y mundiales para la conservación de los recursos genéticos.
 - o Desarrollar estrategias alternativas que brinden al sector de salud pública del país una respuesta para tratar afecciones de la piel.
 - o Capacitar profesionales y técnicos que se desempeñen en el campo del cultivo de tejidos y de técnicas moleculares.

nuestra lucha por conservar el ambiente y minimizar nuestra huella de carbono.

Energías renovables

El proyecto de microalgas se enmarca específicamente en el área de investigación en energías renovables, el cual tiene como objetivo la bioprospección de macro y microalgas y otras oleaginosas (vegetales de cuya semilla o fruto puede extraerse aceite, en algunos casos comestibles y, en otros casos, de uso industrial).

Además, las propuestas generadas en esta temática buscan ser amigables con el ambiente, establecer fuentes generadoras de

biocombustibles y componentes para la industria farmacéutica, agronómica y alimentaria.

La bioprospección (del griego βίω: vida, y del latín prospectio: exploración), como su nombre lo indica, es el estudio de la naturaleza dedicado al hallazgo de organismos y sustancias con posibles usos para beneficio del ser humano que pueden tener un valor comercial significativo en los sectores industrial, alimentario, cosmético y farmacéutico, entre otros. Se entiende entonces como la búsqueda sistemática, clasificación e investigación de nuevas fuentes de compuestos químicos, genes, proteínas, microorganismos y otros productos con valor



Cultivo microalgal en el Laboratorio de Bioenergía del Centro de Investigación en Biotecnología (CIB), del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



Cultivo microalgal en el Laboratorio de Bioenergía del Centro de Investigación en Biotecnología (CIB), del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

económico actual o potencial, que forman parte de la biodiversidad.

Equipo de trabajo

El proyecto de investigación sobre microalgas se desarrolla en el TEC por parte de un equipo interdisciplinario de profesionales. Además de la autora de este artículo, ellos son: Maritza Guerrero Barrantes, bióloga graduada en la Universidad de Costa Rica (UCR). Tiene una maestría en ciencias con énfasis en ecología. Es la coordinadora general del proyecto de microalgas, investigadora del CIB y profesora de la Escuela de Biología del TEC. Karla Meneses Montero, ingeniera en biotecnología graduada del TEC y profesora e

investigadora de la Escuela de Biología y del CIB. Tiene una maestría en sistemas modernos de manufactura. Se desempeña en el área de investigación en biotecnología ambiental. Johnny Valverde Cerdas, químico orgánico de la UCR. Obtuvo su doctorado en ciencias naturales de la Universidad de Zurich, Suiza, con estudios de maestría en nutrición y salud del Instituto Politécnico Suizo, ETH. Se incorporó a la Escuela de Química del TEC en el 2013 y desde ese momento está involucrado en investigación en las áreas de biotecnología ambiental e ingeniería ambiental.

Jaime Quesada-Kimzey, químico industrial e inorgánico graduado de la UCR; obtuvo su

doctorado en física atmosférica, fisicoquímica y química inorgánica en la Universidad Johannes Gutenberg de Maguncia, Alemania. Tiene 11 años de laborar en el TEC y durante ocho de ellos ha enfocado su investigación en energías renovables, con particular interés en energía de biomasa residual. Su interés en las energías renovables estriba en su potencial para mitigar o hasta resolver gran parte de la problemática ambiental más acuciante de la actualidad.

Kattia Núñez Montero, profesora e investigadora de la Escuela de Biología del TEC. Es ingeniera en biotecnología.

Olman Gómez-Espinoza, ingeniero en biotecnología graduado en el TEC, investigador de la Escuela de Biología.

Referencias

- Evans, D., (2011). Internet of Things-How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. White Paper Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG).
- Borowitzka, M.A. (1999). Commercial production of microalgae: ponds, tanks, tubes and fermenters. *Journal of Biotechnology*, 70, 313–321.
- Fox, R. (1996). Spirulina production and potential, France: Edisud, ISBN 2-84744-883-X.
- Henrikson, R. (1994) Microalga Spirulina: Superalimento del futuro, Barcelona: Ediciones S.A. Urano.
- Rosenberg, J., Oyler, G., Wilkinson, J. and Betenbaugh, M. (2008). A green light for engineered algae: Redirecting metabolism to fuel a biotechnology revolution. *Current Opinion in Biotechnology* 19: 430–436.
- Sydney, E., Sturm, W., de Carvalho, J., Thomaz-Soccol, V., Larroche, C. (2010) Potential carbon dioxide fixation by industrially important microalgae. Published by Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.biortech.2010.02.088s.
- Wang, B., Li, Y., Wu, N., Lan, C.Q. (2008). CO₂ mitigation using microalgae. *Applications in Microbiology*. *Biotechnology*. 79, 707–718. ■

*Arys Carrasquilla Batista es profesora de la Escuela de Ingeniería Electrónica del TEC y coordinadora de la carrera de Ingeniería Mecatrónica. Es ingeniera en electrónica y tiene una maestría en computación con énfasis en telemática del TEC.