

**REVISIÓN DE LA APLICACIÓN DEL INTERNET DE LAS COSAS EN LA
ACUICULTURA****STATE OF ART OF THE INTERNET APPLICATION OF THINGS IN
AQUACULTURE**

MSc. Carmen Liceth García Quintero *, **MSc. Alveiro Alonso Rosado Gómez****
PhD. Claudia Marcela Durán Chinchilla***

* **Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña**, Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, Grupo de Investigación Ambiental Agropecuario y Desarrollo Sostenible (GI@DS).

Carrera 34 No 1^a-49 Miradores de la Colina, Ocaña, Norte de Santander, Colombia.
+573106888332.

E-mail: clgarciaq@ufpso.edu.co.

** **Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña**, Facultad de Ingenierías, grupo de investigación en desarrollo tecnológico en ingeniería (GITYD).

Carrera 26 # 4-41 Marabel, Ocaña, Norte de Santander, Ocaña, Norte de Santander, Colombia.

+573153190561.

E-mail: aarosadog@ufpso.edu.co.

*** **Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña**, Facultad de Educación Artes y Humanidades, Grupo de Investigación de la Facultad de Educación Artes y Humanidades (GIFEAH).

Casa 50 Jardín de la Rosa, Ocaña, Norte de Santander, Colombia.

+573168658178.

E-mail: cmduranc@ufpso.edu.co.

Resumen: Este artículo explora la conceptualización de internet de las cosas, en que consiste y como está compuesto, estos elementos son alineados con la aplicación que se puede hacer del mismo en la agricultura y posteriormente como se viene integrando en la acuicultura. Dentro de la revisión se encontró que este paradigma abarca más funcionalidades que el simple monitoreo en la cosecha o cría, ayuda a manejar la trazabilidad completa de los insumos, producción y comercialización de los productos.

Palabras clave: Internet de las cosas IoT, acuicultura IoT, Agricultura digital, TIC.

Abstract: This paper explores the conceptualization of the internet of things, in what it consists and how it is composed, these elements are aligned with the application that can be made of it in agriculture and later as it is being integrated into aquaculture. Within the review it was found that this paradigm covers more functionalities than the basic monitoring in the harvest or breeding, helps to manage the complete traceability of the inputs, production and commercialization of the products.

Keywords: Internet of things IoT, IoT aquaculture, Digital agriculture, ICT.

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura, engloba los elementos necesarios para la cría de plantas y de algunas especies de animales acuáticos. En muchos países esta actividad hace parte de su desarrollo económico y seguridad alimentaria. Para evitar el daño ambiental y el colapso del proceso de producción que genera esta actividad, es necesario hacer un continuo monitoreo de los parámetros, físicos, químicos y biológicos presentes en el agua (Encinas, Ruiz, Cortez, & Espinoza, 2017).

Existen varios ecosistemas acuáticos, dentro de los cuales se pueden encontrar los ecosistemas lenticos. De acuerdo a Arboleda (2006) y Salazar (1995), estos ecosistemas los componen lagos, embalses, lagunas y humedales; en tal sentido, los ecosistemas usados en piscicultura son ecosistemas lenticos, los cuales pueden tener un origen natural formados por lluvias, fallas geológicas o formaciones glaciales entre otros; y ecosistemas artificiales, elaborados por el hombre, es el caso de los estanques, en ellos pueden reproducirse peces sin ninguna estimulación ambiental, tales como tilapias. Ésta especie vive y se reproduce en aguas con temperaturas cálidas, siendo su desarrollo y madurez sexual más rápida dado a su metabolismo.

Kinkelin (1991) indica que el agua como medio piscícola, se define por su temperatura, pH, conductividad, alcalinidad, oxidabilidad y demanda biológica de oxígeno, así como por su contenido de materiales en suspensión, por su dureza, cloruros, sulfatos, fosfatos y oxígeno. De tal manera, que de acuerdo a Arboleda et al (2006), el rango óptimo de pH conveniente para el desarrollo de especies acuícolas es de 6.5 a 9, ya que si el rango se encuentra fuera de estos parámetros puede generar alteraciones en el metabolismo del pez; desde ese punto de vista Wurtz (2004) indica que si el pH del agua es ácido es porque el suelo aporta iones de hidrógeno al agua, por lo que antes de construir los estanques se requiere realizar un encalado antes de cada cosecha, con el propósito de subir el pH; con relación a ello, Naheed y otros (2011), proponen un sistema relacionado con el monitoreo y el mantenimiento de la claridad del agua y su pH, para lo cual se examina el declive de salinidad en estanques solares. Las principales variables físico – químicas asumidas son la temperatura, la densidad del y la turbiedad del agua, además del pH, la concentración de oxígeno disuelto. Tal y como lo

plantea Restrepo y Fuentes (2012), el pH del agua durante el día debe estar en 7,3 o 7,6 para poder minimizar el H₂S durante la noche y no se perjudique la producción.

En lo relacionado a concentraciones de Oxígeno en los estanques, Saavedra (2006), indica que la tilapia soporta aproximadamente 1 mg/l, valores menores en periodos cortos. Es conveniente manejar valores mayores de 2 ó 3 mg/l, para evitar que exista una reducción en el consumo de alimentos; dado que estas condiciones están relacionadas.

De allí que, los peces pueden padecer cuando el total de oxígeno disuelto en el agua, no cure la demanda que hacen las plantas acuáticas, las bacterias y los mismos peces; esta escasez de oxígeno afecta más a los peces grandes, dado que su demanda de oxígeno es superior (Passani, 2017).

Desde las anteriores perspectivas, se puede afirmar que la calidad sanitaria de un sistema de producción piscícola depende del agua y de lo que ella contenga. Al respecto, Arboleda (2005) indica que de ello depende su producción dado que pueden existir microorganismos capaces de inducir enfermedades, puede ser que los peces no presenten síntomas, pero el patógeno puede estar incubado y ser transmitido a los demás peces, perjudicando de esa manera la vida del animal.

El control de la calidad del agua y de la explotación en sí, exige una vigilancia permanente. Por lo que se hace indispensable utilizar medidas para monitorear la calidad del medio. Generalmente, los instrumentos utilizados son: el termómetro, el oxímetro, el *pHmetro*, el *conductímetro*, el *saturómetro* y un conjunto de medidores químicos (NH₃, NO₂⁻, CO₃, Ca⁺⁺). El potencial de variación de las propiedades del agua, exige que las medidas se tomen permanentemente (Raju & Varma, 2017).

Una de las técnicas para mantener la calidad del agua es el *biofloc* o estanques de geo membrana, como lo expresa Sánchez (2014) citando a Maed, el *biofloc*, es un concentrado de bacterias con algas que ayudan a mejorar la calidad del agua; asimismo sirve como fuente de alimento a los peces; esta técnica es una alternativa para sustentable porque ayuda al ahorro del agua, permitiendo que esta se demore más tiempo en ser reemplazada.

Además, con la fabricación geo membrana en estanques circulares fabricados, se pueden resolver problemas en la retención de agua, ofreciendo una mayor eficiencia en los equipos de aireación mejorando las condiciones en la calidad del agua y por consiguiente mayor productividad y ahorro de energía (Geo Soluciones, 2017).

Mantener la calidad del agua, es relevante en el cultivo de peces; como lo expresaron los autores antes citados, mantener niveles adecuados de las sustancias químicas presentes en el agua influye en la supervivencia y desarrollo del alevino. Uno de los retos que debe afrontar el apicultor es determinar la manera efectiva de monitorear y mantener el equilibrio de estas sustancias, ya sea de forma manual, con elementos visuales (claridad del agua) o medidores que le indiquen si el agua esta con parámetros en rangos óptimos de estas sustancias (Vásquez-Salazar, Pupo-Urrutia, & Jiménez-Aguas, 2014).

Una de las tecnologías que se viene utilizando en la seguridad alimentaria es el internet de las cosas (IoT, Internet of Things), la cual busca conectar a los humanos con las cosas, las cosas con las cosas y los humanos con los humanos, por medio de diversos tipos de conexiones entre diferentes dispositivos. IoT, tiene por objetivos, la comunicación, la automatización y la reducción de costos en su implementación (Sreekantha, 2017). Esta investigación expone la aplicación del IoT, como se viene integrando en la producción agrícola, para posteriormente se abordan los avances que sobre este tema se tienen en la acuicultura.

2. Desarrollo.

Automatizar el control de los parámetros de calidad del agua es un tema de investigación que históricamente se viene desarrollando con dispositivos electrónicos. Dependiendo de la época los instrumentos usados tomaban la tecnología vigente para capturar y tratar las mediciones hechas, las cuales podían ser escritas de forma digital o física dependiendo de la solución. Al respecto, Navarro (2012) construyó un sistema de instrumentación electrónica para la medición de las variables de temperatura, pH y oxígeno disuelto, que actúan en la piscicultura bajo condiciones de estanque artificial, utilizando disposiciones modulares, de fácil calibración e implementación y tecnología de comunicación por puerto USB. El sistema de instrumentación electrónica, permite la

monitoria de algunas de las variables físico-químicas que interceden en los procesos de la piscicultura y se abre la posibilidad de la sistematización y el control de estanques artificiales, por medio de la integración tecnología electrónica al campo de la piscicultura.

Igualmente, Navarro y Padilla (2013), proponen el monitoreo de variables físico – químicas frecuentes en la piscicultura mediante un sistema de instrumentación que actúa en condiciones de estanque artificial y permite medir pH y el oxígeno del agua, con lo cual se logra una mejora en la producción de alevinos.

Como se puede percibir, los autores antes mencionados, hallan un punto de encuentro en la aplicación de tecnologías en el área de la piscicultura; ellos, aplican un sistema de instrumentación capaz de medir y monitorear física y químicamente los niveles de pH y temperatura en estanques artificiales, buscando de esa técnica mejorar la producción. Si bien estas propuestas dan una solución a mantener la calidad de agua, como lo afirman Geetha & Gouthami (2017), no cuentan con aplicaciones que permitan además de monitorear, soportar la toma de decisiones y proporcionar una propuesta tecnológica integral que inicie con la toma de datos y que termine con el procesamiento de la información como soporte a la toma de decisiones.

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations), la producción pesquera en una industria en crecimiento viene generando una dependencia a su consumo cada vez mayor. Estima la FAO que de seguir este auge para el año 2030 se producirá una reducción en la oferta, debido a la falta de ambientes adecuados para la cría de peces (Chen, Sung, & Lin, 2015) y (Parreño-Marchante, Alvarez-Melcon, Trebar, & Filippin, 2014). Para tratar de mitigar este panorama que expone la FAO, se vienen estructurando dos líneas de investigación enfocadas en el mejoramiento de la acuicultura; una de ellas consiste en el mejoramiento genético de las especies y la otra enfocada en mantener la calidad del agua en que se desarrollan (Parrado Sanabria, 2012).

Martínez (2013) afirma que el IoT, es la primera evolución real del internet, ya que da lugar a la revolución de aplicaciones que permiten interconectar personas, cosas, cosas con cosas, etc., crea la necesidad de analizar y distribuir gran

cantidad de datos, los cuales se almacenan en dispositivos y que posteriormente se convierte en información.

IoT, son sensores y dispositivos que ofrecen información, localización y características por medio de redes inalámbricas, lo que requiere que haya una conexión a internet y que por supuesto se presente interacción entre humanos y máquinas o máquinas con máquinas (Taravilla Herrera, 2017). Ampliado esta definición Tejero (2014), lo define como una infraestructura de red que articula objetos físicos y virtuales por medio de capturas de datos y contenidos de comunicación, transferencia de eventos, conectividad a red, para lo cual requiere la interconectividad de internet; en tal sentido, IoT es una red inteligente que puede conectarse a través de tecnologías para comunicarse entre ellas, estas tecnologías como lo señala Sthepenson (2012) están basadas en sistemas de comunicación estándar.

Jaramillo (2017) plantea que el IoT tiene niveles: el instrumentado, es decir el que está conectado al mundo real por medio de sensores físicos y virtuales; el interconectado a través de redes físicas o semánticas; por lo que el IoT requiere de inteligencia colectiva y cultura participativa ayudando así a la toma de decisiones en distintos campos del diario vivir.

Borgia (2014), establece que una solución de IoT está conformada básicamente por tres fases:

La fase de captura: hace referencia a todos los procesos que se llevan a cabo con el fin de obtener físicamente los datos que se están monitoreando; esta captura se realiza por medio de sensores que se encargan de capturar los valores generados y almacenarlos para ser transmitidos.

La fase de transmisión: se encarga de emitir los datos capturados utilizando distintos tipos de dispositivos de conectividad integrados, los datos transmitidos son almacenados en aplicaciones o repositorios establecidos para tal fin. Esta fase como lo manifiesta Nakutis, et al (2016) es importante garantizar una conexión permanente, evitando caídas en la transición y por ende pérdida de datos.

Fase de procesamiento, gestión y utilización: en esta fase los datos son validados y adaptados a las características del aprendizaje o monitoreo que se quiere lograr.

Todas estas fases tienen un elemento en común y es el suministro de energía que alimenta a cada dispositivo que las integran. Dependiendo de la ubicación y de la logística que existe en la granja estos pueden trabajar con energía eléctrica convencional o energías alternativas como la solar (Rajesh, 2016).

El IoT está siendo aplicado en distintos campos, Guzme (2015) indica que, en vivienda, ganadería, agricultura, salud, telecomunicaciones. Para Chen & Jin (2012) y Partha Pratim, Mithun, & Lei (2017), también viene siendo usado con éxito en la agricultura digital, redes inteligentes, logística inteligente, transporte inteligente y monitoreo de desastres. Estas aplicaciones se complementan con las descritas en la tabla 1, la cual muestra los beneficios que según Atzori, Iera, & Morabito (2016), está proporcionando IoT a la sociedad.

Tabla 1: Beneficios de IoT

Necesidades	Contribución del IoT
Salud y Bienestar	Soluciones que permiten el monitoreo de las condiciones físicas de las personas.
Agricultura sostenible	Granjas inteligentes
Producción y transmisión limpia de energía	Redes inteligentes
Transporte inteligente, ecológico e integrado	Administración logística inteligente
Manejo eficiente de los recursos naturales	Gestión inteligente del consumo de energía
Sociedades inclusivas, innovadoras y reflexivas	desarrollo de ciudades inteligentes
	Generar nuevos contextos para crear aplicaciones y negocios de una manera fácil
Seguridad	Detección automática de comportamientos maliciosos

Son muchas las aplicaciones de tecnología que se han venido utilizando, es el caso de la investigación realizada por Santafé, Chaparro y Franco (2012) los cuales realizaron un diseño de detección de patrones característicos con transformadas wavelet en señales electromiográficas del cuádriceps, lo cual busca realizar seguimiento al avance de lesiones cuádriceps y con ello ofrecer una instrumento tecnológica de apoyo a fisiatras.

De la misma manera, Parra y Herrera (2013), realizaron un prototipo o sistema multi-agente el cual ejecuta monitoreo a redes para de esa manera delatar entremetidos que hacen ataques a los sistemas, es decir, es una alerta que produce un

aviso al administrador sobre rarezas en el sistema que se está vigilando.

Otra investigación importante fue la realizada por Bonfante y Castillo (2016) los cuales diseñan un sistema de seguridad informática a partir de un sistema multiagentes reactivos con redes neuronales de aprendizaje, lo cual da lugar a la detección de ataques informáticos.

Igualmente, Rodríguez y Pinto (2013), presentaron un método para realizar un modelado de caja negra de un sistema univariado no lineal, que da lugar a simulación de sistemas dinámicos.

Así mismo, Santos y Flórez (2012), realizaron una metodología de análisis forense a través de un sistema Linux, este sistema permite hacer estudios de la zona comprometida, manipulación de datos, análisis de las evidencias y presentación de resultados. Ésta metodología facilita al forense la entrega de evidencias en cada caso de estudio.

En cuanto a la aplicación de la tecnología en la acuicultura genera beneficios, como hacer una producción más cercana a la demanda, mejorar el control y costos de la gestión ambiental, reducción en los costos de producción y mejorar la calidad de los productos cultivados o criados (Encinas, Ruiz, Cortez, & Espinoza, 2017). En la acuicultura la mayoría de métodos de preaviso se fundamentan en el monitoreo de la calidad del agua, las bacterias, los virus y otros factores, estos mecanismos de medición se enfrentan a un problema que es el reporte y toma de decisiones en tiempo real (Hu, 2016) y (Raju & Varma, 2017).

Según Dolci (2017), la producción de alimentos se encuentra rezaga con respecto a la innovación tecnológica. Aunque a nivel de bioingeniería existen adelantos, solo hasta ahora con la aparición del IoT, se puede hacer uso de los recursos naturales de manera sostenible. La aplicación de IoT, en la agricultura, se fundamenta en la obtención de información del entorno ya sea del aire, agua, suelo, temperatura o presencia de elementos químicos. Los datos son tomados por medio de sensores y estos a su vez se conectan con otros elementos electrónicos que permiten la transmisión y procesamiento de la información. Ésta última ayuda a la toma de decisiones en el momento adecuado ya sea por algoritmos de inteligencia artificial o por humanos (Ray, 2016) y (Liu, Cao, Huang, & Ji, 2016).

La seguridad alimentaria y la agricultura sostenible, tienen como objetivo una explotación de los recursos naturales de forma moderada, segura y con el menor impacto en el medio ambiente. Las granjas inteligentes que son administradas bajo el paradigma IoT, proporcionan los procesos y recursos amigables con el medio ambiente; dado que en una granja inteligente los parámetros que regulan la producción vegetal o animal son continuamente monitoreados. A estos seguimientos se le pueden incluir la sincronización de la producción con la necesidad de los consumidores, esto elimina la generación de desperdicios y de fracasos al momento de vender la cosecha. IoT, también se emplea en la postproducción, mediante el seguimiento a las cadenas de suministros de los alimentos, se ven afectadas por la conservación de los productos y por la distancia que deben recorrer hasta su destino; el constante monitoreo de la temperatura, humedad y del desplazamiento, disminuyen la incertidumbre de pérdidas por condiciones adversas y por demoras en los recorridos (Atzori, Iera, & Morabito, 2016).

La aplicación del IoT en la industria agrícola permite controlar los riesgos que se presentan al explotar los recursos naturales y al tratar de sacar provecho de la producción animal. El IoT, puede generar alertas sobre la proximidad del vencimiento de productos almacenados, también ayuda a la trazabilidad en el monitoreo de los recursos necesarios y del ciclo de vida de la producción; este último eleva el control de la calidad, dado que está presente en todas las etapas del proceso de cría o de cosecha (Liu, y otros, 2014).

Además del monitoreo de variables IoT, también proporciona la tecnología necesaria para almacenar, transformar y visualizar gran cantidad de información que es capturada por los sensores. Dependiendo del tipo de producción que se esté realizando, la generación diaria de datos puede ser considerable. Un ejemplo de esto es la cría de camarones que diariamente necesita de aproximadamente 220 capturas de datos (Piplani, y otros, 2015), este proceso realizado de forma manual restringe considerablemente el análisis y toma de decisiones basados en el comportamiento de las lecturas históricas y actuales (Bárta, Souček, Bozhynov, & Urbanová, 2017).

Otra aplicación del IoT, es el trabajo con imágenes (Kapoor y otros, 2016), específicamente como lo señala Konovalov et al (2017), en la cría de peces,

el IoT permite el monitoreo del tamaño de estos mediante la captura de imágenes, las cuales son analizadas con respecto al tamaño ideal que un pez debe tener de acuerdo a la edad en que se encuentre; esta información permite hacer un seguimiento preciso de la evolución de los peces y la detección temprana de problemas en su desarrollo.

Con el uso masivo de los dispositivos móviles, IoT, permite que las aplicaciones de monitoreo y gestión de la producción se puedan realizar desde smartphones (Huh, 2017). Además de los celulares, la tecnología ligada con el IoT, puede ayudar a segregar los puntos georreferenciados en donde se hace cría y pesca de una determinada especie de pez (Kim, Jeong, & Shin, 2016) y (Usländer, y otros, 2015).

3. CONCLUSIONES

En este artículo se mostró como el IoT, viene siendo usado en la agricultura y como existen investigaciones que buscan el monitoreo y trazabilidad de todo el ciclo de vida de la producción vegetal y animal, iniciando con la adquisición de los suministros y terminando con la entrega final al comprador.

La red inteligente del IoT en la acuicultura se viene aplicando para el monitoreo de sustancias presentes en el agua, con el objetivo de mantener parámetros ideales que no afecten la calidad del agua y la supervivencia y desarrollo de las especies producidas.

REFERENCIAS

- Arboleda Obregón, D. (2006). Limnología aplicada a la Acuicultura. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. núm. 11. tomado de <http://www.redalyc.org/pdf/636/63612653022.pdf>. Febrero 15 de 2017, 1-24.
- Arboleda Obregón. (2005). Calidad del Agua y Mantenimiento de Acuarios. Revista Electrónica de Veterinaria Redvet. Vol 6. Tomado de www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080505.html febrero 16 de 2017, 10-11.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2016). Understanding the Internet of Things: definition, potentials, and societal role of a fast evolving paradigm. *Ad Hoc Networks*, 122-140.
- Barón, B., Bückle, F., Hernández, M., Ledo, A., Solís, R., Pérez, B., & Hernández, A. (2003). Sistema de temperatura, oxígeno y salinidad para la experimentación en ecofisiología. *Revista Hidrobiológica*. Tomado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v13n4/v13n4a5.pdf>. Febrero 16 de 2017, 277-287.
- Bárta, A., Souček, P., Bozhynov, V., & Urbanová, P. (2017). Automatic Multiparameter Acquisition in Aquaponics Systems. *International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering IWBBIO 2017* (págs. 712-725). Granada: Springer.
- Bonfante, Castillo (2014). "Integración de sistema multi-agente, ontologías y procesos de negocios como marco tecnológico de la estrategia "gobierno en línea". *Revista Colombiana de Tecnologías Avanzadas*, ISSN: 1692-7257, Vol. 1, No. 23, 2014.
- Borgia, E. (2014). The internet of things vision: Key features, applications and open issues. *Computer Communications*, 1-31.
- Chen, J. H., Sung, W. T., & Lin, G. Y. (2015). Automated Monitoring System for the Fish Farm Aquaculture Environment. *2015 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics* (págs. 1161-1166). Hong Kong: IEEE.
- Chen, X.-Y., & Jin, Z.-G. (2012). Research on Key Technology and Applications for Internet of Things. *2012 International Conference on Medical Physics and Biomedical Engineering* (págs. 561 – 566). Qingdao: Elsevier.
- Declós, T. (17 de 02 de 2017). elpais.com. Obtenido de http://elpais.com/diario/2007/05/17/ciberpais/1179368665_850215.html
- Dolci, R. (2017). IoT solutions for precision farming and food manufacturing Artificial Intelligence applications in Digital Food. *2017 IEEE 41st Annual Computer Software and Applications Conference* (págs. 384-385). Turin: IEEE.
- Encinas, C., Ruiz, E., Cortez, J., & Espinoza, A. (2017). Design and implementation of a distributed IoT system for the monitoring of water quality in aquaculture. *Wireless Telecommunications Symposium (WTS), 2017* (págs. 1-7). Chicago: IEEE.
- Fundación de Innovación Bankinter. (17 de 02 de 2017). fundacionbankinter.org. Obtenido de https://www.fundacionbankinter.org/system/documents/8168/original/XV_FT

- Geetha, S., & Gouthami, S. (2017). Internet of things enabled real time water quality monitoring system. *Smart Water*, 1-19.
- Geo Soluciones. (Febrero 16 de 2017). Obtenido de Geo membrana: <http://www.geomembranas.com.co/geoproducos/estanques-piscicola/>
- Guzme Rodríguez, F. (2015). *El Internet de las Cosas y las Consideraciones de Seguridad*. Quito: Universidad Católica Del Ecuador.
- Hu, S. (2016). Dynamic Monitoring Based On Wireless Sensor Networks of IoT. 2015 International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences (LISS) (págs. 1-4). Barcelona: IEEE.
- Huh, J. H. (2017). PLC-based design of monitoring system for ICT-integrated vertical fish farm. *Human-centric Computing and Information Sciences*, 1-19.
- Jaramillo, O. (17 de 02 de 2017). Oscar jaramillo. Obtenido de <http://oscarjaramillo.cl/wp-content/uploads/2015/09/La-Internet-de-las-cosas.pdf>
- Kapoor, A., I Bhat, S., Shidnal, S., Akshay, M. (2016). Implementation of IoT (Internet of Things) and Image processing in smart agriculture. 2016 International Conference on Computation System and Information Technology for Sustainable Solutions (CSITSS) (págs. 21-26). Bangalore: IEEE.
- Kim, B., Jeong, M., & Shin, D. (2016). Future technology developments and policy directions for the V-World open platform. *Korean Spatial Information Society*, 323-333.
- Kinkelin, P., Michel, C., & Chittino, P. (1991). *Tratado de la Enfermedades de los Peces*. Editorial Acribia.
- Konovalov, D., Domingos, J., Bajema, C., White, R., & Jerry, D. (2017). Ruler Detection for Automatic Scaling of Fish Images. ICAIP2017 (págs. 90-95). Bangkok: ACM.
- Kubitza, F. (2009). Producción de Tilapias en Estanques Excavados en Tierra: Estrategias Avanzadas de manejo. Tomado de http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/especies/_archivos/000008-Tilapia/100331_Producci%C3%B3n%20de%20tilapia%20en%20estanques%20excavados%20en%20tierra.pdf febrero 16 de 2017.
- Liu, D., Cao, X., Huang, C., & Ji, L. (2016). Intelligent agriculture greenhouse environment monitoring system based on IOT technology. 2015 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (págs. 487- 490). Halong Bay: IEEE.
- Liu, Y., Wang, H., Wang, J., Qian, K., Kong, N., Wang, K., Zheng, L. (2014). Enterprise-Oriented IoT Name Service for Agriculture Product Supply Chain Management. 2014 International Conference on Identification, Information and Knowledge in the Internet of Things (págs. 237-241). Beijing: IEEE.
- Martínez Vargas, D. (2013). *Sistema de Domótica para Control y Supervisión de la Habitación de Manera Remota*. Bogotá: Universidad Javeriana.
- Naheed, M., Abhijit, D., Leblanc, J., Aliakbar, A., & Barry, M. (2011). *Monitoring and Maintining the Water Clarity of Salinity Gradied Solar Pinds*. Australia: RMIT University.
- Nakutis, Ž, Deksnys, V., Jauruševicius, I., Marcinkevicius, E., Ronkainen, A., Suomi, P., Andersen, B. (2016). Remote Agriculture Automation using Wireless Link and IoT Gateway Infrastructure. 2015 26th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (págs. 99-103). Valencia: IEEE.
- Navarro Pérez, A. (2012). *Construcción de un Sistema de Instrumentación de las variables que intervienen en la Pscicultura en condiciones de Estanque Artificial*. Quindío: Universidad del Quindío. Grupo de Investigación en Desarrollo Tecnológico Gidet.
- Navarro Pérez, A., Padilla Bejarano, J., & Prias Barragan, J. (2013). *Construcción de un Sistema de Instrumentación para la Medición de Temperatura PH y Oxígeno Disuelto presente en Pscicultura bajo Condiciones de Estanque Artificial*. Quindío Colombia: Universidad del Quindío.
- Parra Carlos, Herrera Jaime, (2013) *Aplicación de los Sistemas de Detección de Intrusos y la Tecnología de Agentes en el Monitoreo Inteligente de Redes de Datos*. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada ISSN: 1692-7257 - Volumen 2 – Número 22.
- Parrado Sanabria, Y. A. (2012). *Historia de la Acuicultura en Colombia*. Revista AquaTIC, 60-77.
- Parreño-Marchante, A., Alvarez-Melcon, A., Trebar, M., & Filippin, P. (2014). Advanced traceability system in aquaculture supply chain. *Journal of Food Engineering*, 99-109.

- Partha Pratim, R., Mithun, M., & Lei, S. (2017). Internet of Things for Disaster Management: State-of-the-art and Prospects. *IEEE Access*, 18818-18835.
- Passani, M. (16 de febrero de 2017). La vida en el Estanque necesita Oxígeno. Obtenido de http://www.estanques.eu/oxigeno_su_importancia.html
- Piplani, D., Singh, D. K., Srinivasan, K., Ramesh, N., Kumar, A., & Kumar, V. (2015). Digital Platform for Data Driven Aquaculture Farm Management. *India HCI'15* (págs. 95–101). Guwahati: ACM.
- Rajesh, S. (2016). Ubiquitous Energy Efficient Aquaculture Management System. 2016 Intl. Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI) (págs. 1124-1128). Jaipur: IEEE.
- Raju, K., & Varma, G. (2017). Knowledge Based Real Time Monitoring System for Aquaculture Using IoT. 2017 IEEE 7th International Advance Computing Conference (págs. 318-321). Hyderabad: IEEE.
- Ray, P. (2016). A survey on Internet of Things architectures. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, 1-29.
- Restrepo, Gloria, Cuervo Hernán, Mejía, Roberto, Aguerre, Néstor. Monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de Santa Fé de Antioquia, Colombia. *Revista Producción + limpia* Diciembre de 2012. Vol.7, No.2 - 36•51.
- Rodríguez Pinto, Cárdenas (2013) Herramienta ejs 3d/ matlab para el Control del Sistema no Lineal Aplicado al Péndulo Invertido Sobre Carro Deslizante,” *Rev. Colomb. Technol. Av. RCTA*, vol. 1, no. 19.
- Saavedra Martínez, M. (2006). En Manejo de la Tiplapia. Nicaragua: USAID.
- Salazar, A. (1995). Consideraciones generales sobre la Acuicultura. *Fundamentos de Acuicultura Continental*. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Colombia: 1-19.
- Sánchez, V. (2014). Diseño de modelo integral para la Producción de Tilapias. México: Agencia Informativa Conacyt. Tomado de <http://www.conacytprensa.mx/index.php/ciencia/mundo-vivo/591-produccion-de-tilapias> febrero 16 de 2017.
- Santos J Luz Marina, Flórez F. Anderson (2012). Metodología para el Análisis Forense en LINUX. *Revista Colombiana de Tecnología Avanzada*. Universidad de Pamplona. ISSN: 1692-7257 - Volumen 2 – Número 20.
- Sreekantha, D. K. (2017). Agricultural Crop Monitoring using IOT- A Study. 2017 11th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO) Agricultural (págs. 134-139). Coimbatore: IEEE.
- Sthepenson, W. (2012). *SmartStuff: an introduction to the Internet of Things*. Kindle Edition.
- Taravilla Herrera, J. (17 de 02 de 2017). Horizontes de Compromiso 2013. Obtenido de <https://horizontesdecompromiso.files.wordpress.com/2013/01/aqui3.pdf>
- Tejero López, A. (2014). Seguridad en Internet de las Cosas. Madrid: Centro de Apoyo a la Innovación Tecnológica (CAIT Universidad Tecnológica de Madrid).
- Usländer, T., Berre, A., Granell, C., Havlik, D., Lorenzo, J., Sabeur, Z., & Modafferi, S. (2015). The Future Internet Enablement of the Environment Information Space. *International Symposium on Environmental Software Systems ISESS 2015* (págs. 109-120). Melbourne: Springer.
- Vásquez-Salazar, R. D., Pupo-Urrutia, A. C., & Jiménez-Aguas, H. J. (2014). Sistema Energéticamente Eficiente y de Bajo Costo para Controlar la Temperatura y Aumentar el Oxígeno en Estanques de Cultivo de Alevines de Tilapia Roja. *Revista Facultad de Ingeniería*, 9-23.
- Y E. Santafé, B D. Chaparro, J Franco (2012). Detección de Patrones Característicos Con Transformadas Wavelet en Señales Electromiografías de los Cuádriceps. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada* ISSN: 1692-7257 - Volumen 2 – Número 20.
- Wurtz, W., & Masser, M. (2004). Liming Ponds for Aquaculture. *Revista SRAC publications*. EEUU, 6.