

Implementación de un modelo acuapónico para el control y monitoreo mediante herramientas TIC e IOT en un cultivo modular en Villavicencio

Implementation of an aquaponic model for control and monitoring through tic and iot tools in a modular crop in villavicencio

Guillermo Alejandro Sarmiento Guevara

¹Escuela de ciencias Básicas, Tecnologías e Ingenierías – Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD, Acacias, Meta, Colombia

Resumen

El departamento del Meta se encuentra en la región de la Orinoquía, y se caracteriza por tener cultivos extensos de palma de aceite, arroz secano, maíz, soya, plátano y también se producen otros bienes tipo exportación como lo son peces ornamentales, insecticidas, herbicidas, pieles de reptil, productos de cuero y muebles. En el Meta, grandes empresas como Palmeras del llano, Multi-palma, Palmar de San Juan, entre otras, son las que tecnifican sus procesos para de esta manera ser reconocidos en la región y generar trabajo, sin embargo, los pequeños agricultores no tienen el apoyo fuerte de entidades gubernamentales y privadas en cuanto a su financiación para tecnificar los cultivos, lo que hace que muchos cultivos pequeños, pero importantes en la región, no se tecnifiquen y no tengan una adecuada producción y comercialización, esto genera nuevas posibilidades de incursionar con nuevos modelos para aprovechar mejor la calidad del suelo. Aunque los indicadores entregados por el Ministerio de Agricultura de Colombia son prometedores en la región del Meta, un artículo publicado por la revista *Dinero*, denominado “Fallas del sector agropecuario en Colombia” (Dinero, 2018) indica que en Colombia la baja planificación es la que afecta la productividad del país. Según la información anterior, y analizando los diferentes frentes para solucionar la problemática de la productividad en el campo en Colombia, se plantea entonces, un sistema que sea capaz de tomar datos en tiempo real y tecnificar los diferentes cultivos mediante el uso de sensores y actuadores que permitan aumentar los niveles de producción en el cultivo acuapónico desarrollado en Villavicencio.

Palabras clave: acuaponía, seguridad alimentaria, Internet de las cosas.

Abstract

The meta region is characterized by having extensive crops of oil palm, dry rice, corn, soybeans, bananas and export-type products are also grown such as ornamental fish, insecticides, herbicides, reptile skins, leather products, furniture. In Meta, large companies such as palmeras del llano, multi-palma, palmar de san juan, among others, are the ones that make their processes more technologically advanced in order to be recognized in the region and generate work, for small farmers, as they do not have the support The strength of government and private entities in terms of their financing to make crops technic, means that

¹ Ingeniero en mecatrónica. Estudiante 4To semestre Maestría Gestión en TI. Correo: iotcorpsas@gmail.com

many small but important crops in the region are not technified or do not have the precedent of their production and commercialization, the above, generates new possibilities to venture into new models to take better advantage of the quality of the soil. Although the indicators provided by the Colombian Ministry of Agriculture are promising in the Meta region, an article published by the money magazine called "Failures of the agricultural sector in Colombia" (Dinero, 2018) indicates that in Colombia low planning is what affects the country's productivity. According to the above information, and analyzing the different fronts to solve the problem of productivity in the field in Colombia, a system is then proposed that is capable of taking data in real time and making the different crops more technologically advanced through the use of sensors and actuators. that allow to increase the production levels in the Aquaponic Culture developed in Villavicencio.

Keywords: *Aquaponics, Food safet, Internet of Things.*

1. Sistemas acuapónicos

La “acuaponía”, o también llamada acuicultura, es el método usado para cultivar distintas especies de plantas y peces en condiciones controladas, en donde la piscicultura juega un papel importante al aportar los nutrientes necesarios a las plantas dependiendo también del volumen producido, seguida del cultivo de otro tipo de peces como lo son crustáceos y moluscos. (Candarle, 2011). Entre los pros encontramos que, al producir especies en un sistema articulado y controlado, se procura disminuir la pesca indiscriminada en los mares y ríos. Como puntos negativos encontramos la alta demanda de alimentos destinados a los peces cultivados y la necesidad de tratamientos de las aguas utilizadas a fines de minimizar el impacto del sistema para así hacerlo eco sustentable.

Por un lado, la sustancia producida por los desechos de los peces entre los cuales se encuentran nitratos e hidrógeno, entre otras sustancias, ayuda al crecimiento de las plantas y estas a su vez absorben los nutrientes necesarios en un sistema de

realimentación que retorna el agua filtrada a los peces, por lo que se debe realizar este proceso para que haya un filtro natural que no afecte el ecosistema de ninguno de los dos, esta condición se cumple dependiendo de las especies cultivadas, siendo el sistema de recirculación una característica de la acuicultura (Candarle, 2011).

Por otra parte, encontramos la hidroponía, la cual se define como el cultivo de vegetales sin uso del suelo y un sistema de solución nutritiva recirculante (nutrient film technique), aplicando técnicas de absorción de nutrientes para que las raíces estén en contacto con un fluido que brinde nutrientes necesarios para su crecimiento. Según algunos estudios realizados y teniendo en cuenta la evolución que ha tenido la agricultura, se encuentra que existen muchas ventajas en el campo de la producción vegetal, algunas de ellas son:

- Los sustratos pueden reducir el riesgo de contraer pestes no deseadas en el suelo, pueden ser reutilizados, estos sustratos almacenan mejor la humedad y el oxígeno que nutren las raíces.

- Se incrementa las producciones en periodos de tiempos no naturales de distintos productos.

- Al ser cultivos de manera controlada se incrementa el impacto en la producción de diferentes variables tales como crecimiento, calidad, optimización de la especie, entre otros.

- La recirculación de agua reduce los altos niveles de contaminación y ayuda a que la producción sea de mayor calidad.

De esta manera, la acuaponía es un sistema que permite que los desechos orgánicos de especies acuáticas sean utilizados como abono, donde, sirven como fuente de nutrientes para las plantas.

Estos desechos al ser recirculados en el sistema, permiten limpiar las condiciones del ecosistema de los peces para que mejore así su calidad de vida (Ramírez *et al.*, 2008). La acuaponía es una técnica de producción intensiva en donde algunos autores tales como Mateus (2009), señalan que por cada tonelada de producción tradicional se obtienen 7 toneladas de plantas en sistemas acuapónicos.

Otros autores dicen que la acuaponía permite la sinergia entre peces, plantas y microorganismos producidos en el sistema, los cuales ayudan en la producción, mineralización y nitrificación. Como se muestra en la Imagen 1.

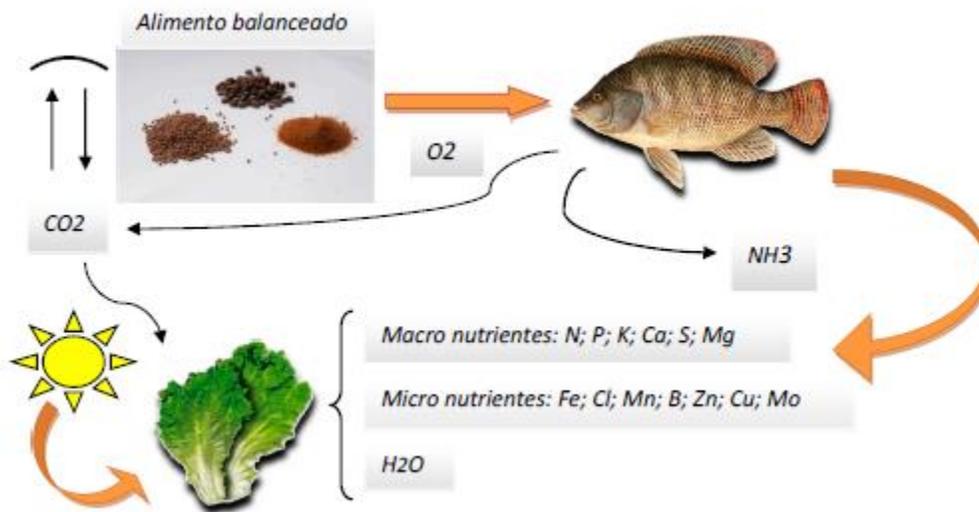


Imagen 1. Participación acumulada en área cosechada. Fuente: Candarle (2011).

2. Sistemas acuapónicos en el mundo

Hace unos años la acuaponía era un tema que solo estaba planteado en documentos como posibles teorías, sin embargo, en el estado de Minnesota, EE.UU., a través de una empresa dedicada a la producción de alimentos orgánicos en la ciudad de St Paul (MN) llamada Urban

Organics, se llamó la atención de Pentair, originaria de Arden Hills (MN). En donde en conjunto se planteó el desarrollo de un mega proyecto el cual contempla una producción de 125 toneladas de pez/año (salmon o trucha) y 180 toneladas/año de cultivos de albahaca, menta, acelga, lechuga y berros orgánicos, en una superficie de 26.500 m², situados en un edificio en pleno St Paul.



Imagen 2. Mega proyecto Pentair y Urban Organics. Fuente: Pentair (2013).



Imagen 3. Mega proyecto Pentair y Urban Organics. Fuente: Minagricultura (2018).

En la ciudad de Chicago (IL) se creó un proyecto de Acuaponía con el fin de satisfacer la demanda de los consumidores de la ciudad, conocida como comida certificada y producida en un entorno sustentable, el cual cuenta con un sistema

de más de 8.000 m², donde reutilizan, de acuerdo con su propia información, el 97% del agua usada en el proceso, de donde obtienen 15 ciclos productivos más que en la agricultura tradicional.



Imagen 4. Proyecto en Chicago, empresa Farmedhere. Fuente: Todd (2013).

En China la apuesta se puede observar en un megaproyecto que cuenta con un área de aproximadamente 4 hectáreas en el lago Taihu, tal proyecto es implementado

por medio de lo que llaman ellos un aqua biofiltro que está diseñado para separar los restos de combustibles de los de las algas.



Imagen 5. Crecimiento de plantas de arroz en los estanques de peces en China. Fuente: Sustan & Lee (2014).

Los británicos incluso fundaron The British Aquaponics Association (BAQUA), entidad que se preocupa de crear una red proactiva basada en los avances de la tecnología, cuyos logros están enfocados en particulares, compañías, comunidades, instituciones de

investigación y universidades, porque todos sus miembros creen que la combinación de acuicultura e hidroponía es un sistema sustentable que jugará un rol en el futuro de la producción global de alimentos.



Imagen 6. BioAqua. Fuente: Baqua (2013).

3. Sistemas acuapónicos en Colombia

Actualmente grupos de investigación de la Universidad Militar Nueva Granada, a través de su proyecto de evaluación

preliminar de sistemas aeropónicos e hidropónicos en cama flotante para el cultivo de orégano, adelantan estudios sobre la posibilidad de implementación de tales sistemas, en este caso para el crecimiento de orégano.



Imagen 7. Estudio implementado por parte de la UMNG a pequeña escala. Fuente: UMNG (2017).



Imagen 8. Deficiencias evidenciadas en el proceso de cultivo. Fuente: UMNG (2017).

En la capital del Magdalena se proponen los sistemas acuapónicos como una alternativa de producir alimentos baratos, tal proyecto pretende generar alimentos a bajo costo y darles a los

pescadores del sector de playa Salguero una opción para mejorar su calidad de vida, tal idea se viene trabajando desde el año 2012.



Imagen 9. Cultivo acuapónico en Santa Marta. Fuente: Brito (2014).

En Colombia la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP tiene como función “Ejecutar la política pesquera y de la acuicultura que señale el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural” y también

“Contribuir con la formulación de la política pesquera y de la acuicultura, y aportar los insumos para la planificación sectorial, la competitividad y la sostenibilidad ambiental del sector”.



Imagen 10. AUNAP. Fuente: AUNAP, 2018.

4. Sistema acuapónico modular propuesto

Se plantea entonces un sistema acuapónico modular de bajo costo, que permita que las personas logren implementar el proceso de una manera casi autónoma y didacta, y, que por medio de

herramientas del internet 2.0 logren tener acceso a dispositivos que se vinculen en la nube y que permita mostrar el tiempo de cultivo de cualquier especie observada. En la Imagen 11 se presenta entonces el modelo tipo prototipo que será implementado:

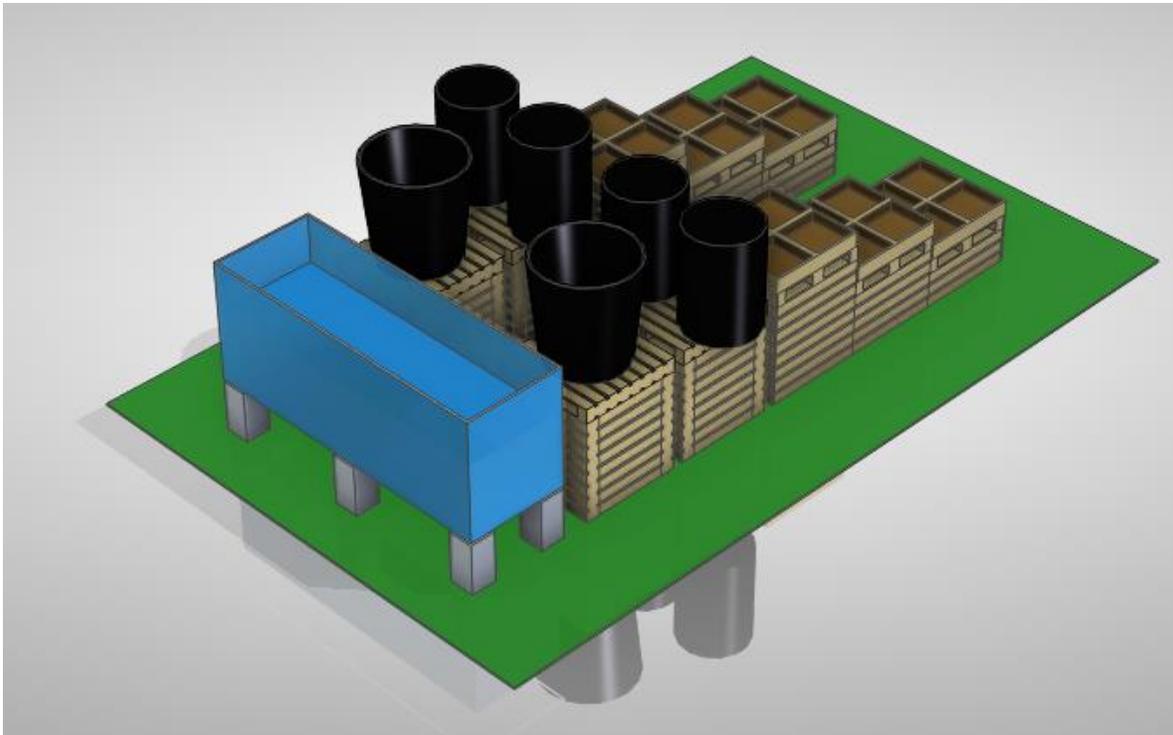


Imagen 11. Sistema acuapónico modular propuesto. Fuente: elaboración propia, SolidEdge ST9.

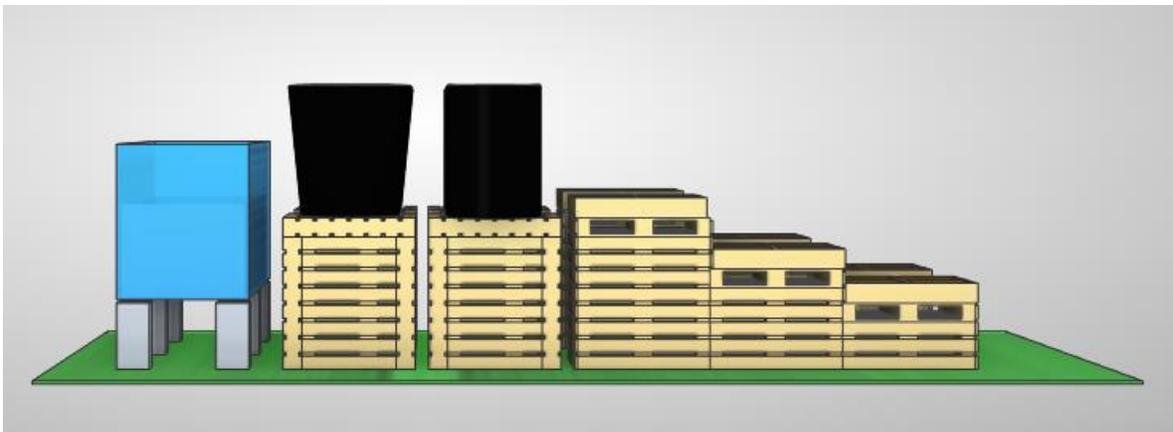


Imagen 12. Sistema acuapónico modular propuesto, vista lateral.

5. Metodología (o desarrollo del tema, según sea el caso)

La investigación de tipo Startup presenta el siguiente esquema en la metodología utilizada:

Aplicado: debido a que su propósito es práctico y busca implementar conocimientos obtenidos a partir de la toma de decisiones dadas por alertas emitidas por la plataforma, por el

conocimiento adquirido en la maestría en curso y adicional a ello por el conocimiento adquirido por el desarrollo e implementación del módulo acuapónico, con una única finalidad que es la de aumentar los índices de seguridad alimentaria, a partir, de la información obtenida por el desarrollo del proyecto.

Experimental: debido a que controla variables, simula condiciones dependiendo de la natalidad, evolución y mortalidad de cada producto observado.

De campo: debido a que se da en un ambiente seminatural de cada muestra estudiada.

Descriptiva: debido a que busca evidenciar los datos obtenidos del fenómeno estudiado por medio de la implementación de diferentes tecnologías inmersas en TIC e IOT.

5.1 Etapas

La metodología se desarrollará través de las siguientes etapas:

I) Recopilación de información: se llevará a cabo la búsqueda de información bibliográfica a través de bases de datos especializadas de las publicaciones realizada en los últimos 10 años, identificando en cada uno de ellos: título, autor, metodología, resultados, variables y bibliografía.

II) Elaboración de un estado del arte a partir de los análisis de la etapa anterior, se construirá un documento de síntesis de la información.

III) Diseño e implementación de la estructura del invernadero, las camas hidropónicas y el cultivo acuícola.

IV) Conectar el sistema hidropónico y acuapónico mediante el uso de un filtro de agua capaz de analizar los componentes del agua del sistema en general.

V) Desarrollo e implementación de una plataforma web, capaz de interconectar sensores, tarjetas electrónicas y la nube para el almacenamiento de datos.

VI) Informe de actividad y realización de manual de operaciones del sistema dado según la experiencia.

VII) Capacitación y divulgación de los resultados obtenidos por el emprendimiento, así como, la comercialización de los productos obtenidos.

6. Discusión

Colombia cuenta con 114 millones de hectáreas, de las cuales 26 millones tienen posibilidades para la producción agrícola, pecuaria y forestal, y solo se produce en 6,3 millones de hectáreas (24,2%).



Imagen 13 Suelos agropecuarios en Colombia. Fuente: (MinAgricultura, 2018)

Una de las principales problemáticas es que “el 75% de las zonas rurales están a más de cuatro horas de alguna de las 18 principales ciudades del país” (Dinero, 2018) y si a eso le sumamos que en el Meta tenemos una problemática energética, en donde la energía no es estable y que el acceso a muchas de estas zonas es limitado, tenemos entonces que muchos de los cultivos locales rurales, no están tecnificados y que la falta de planeación por parte de los agricultores en la producción de varias especies agrícolas, no es documentado públicamente.

La región del Meta es muy fuerte en cultivos antes mencionados como el arroz, la palma, el maíz, la soya entre otros, pero la gran problemática, al tener tantas hectáreas, es que los agricultores de pequeñas y medianas empresas no tienen como comercializar el producto debido a que no cumplen con algunos requisitos que son solicitados a la hora de vender un producto (Dinero, 2018), uno de ellos es la trazabilidad del cultivo como tal, la falta de transporte y la falta de infraestructura tecnológica necesaria para lograr que gran parte de los cultivos llegue a las cocinas colombianas.

De esta manera se identifica entonces que la falta de planeación y poca

productividad en los cultivos de la región del Meta y la poca información referente a la producción agropecuaria del departamento, la falta de vías de acceso a algunas regiones apartadas de las grandes ciudades, hacen que la región sea muy poco productiva en sus procesos, en comparación con lo que se puede llegar a plantear ¿De qué manera los micro, pequeños y grandes productores pueden lograr su desarrollo e inmersión en el internet 2.0, o más conocido como IOT, para mejorar su producción?

7. Conclusiones

La acuaponía siendo un área multidisciplinar de algunos cultivos a pequeña escala, se puede plantear como un proyecto, que a largo plazo podrá ser implementado en pequeñas extensiones de tierra, y, que a corto plazo, permitirá aumentar la seguridad alimentaria de personas de toda la sociedad, cultura y condiciones ambientales locales. Básicamente el proyecto parte de la premisa “No te doy el pescado, pero te puedo enseñar a pescar”, para que de esta manera a largo plazo logremos generar generaciones capaces y optimas con una educación alimentaria favorable que permitirá de alguna forma trascender en el tiempo y por medio del uso de

herramientas tecnológicas se logre controlar las condiciones ambientales que permitan hacer granjas autosostenibles.

Referencias

Para incluir citas

- Acevedo, Y. V. N., Quintero, J. F. L. & Clavijo, C. C. G. (2016). Recorrido virtual en tercera dimensión de la sede principal en una universidad de Bogotá. *Publicaciones e Investigación*, 10, 83-93.
- Abello Mendoza, E. N., & Bernal Suárez, W. F. (2017). Prototipo para la orientación automática de paneles solares. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/29750>
- Agreda, F. U. P. & Castrillón, J. H. (2017). Aplicación de la técnica smed en el procedimiento de cambio de tintas de la referencia bolsa kraff colanta entera 3c a bolsa kraff amtex tannus 2c. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 113-124.
- Agrilife, S. D. (2018). ¿Qué es acuaponia? https://aggie-horticulture.tamu.edu/vegetable/files/2013/09/que_es_aquaponia.pdf
- Agronet. (26 de diciembre de 2018). Evaluaciones agropecuarias municipales. *Agronet*. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=2>
- Alegría, Y. M., Collazos, C. A., Granollers, T. & Gil, R. (2014). Propuesta de valoración del comportamiento como complemento a la evaluación emocional de los usuarios mientras interactúan con sitios web. *Publicaciones e Investigación*, 8, 185-201.
- Alfaro González, L. (2011). Plan para la creación de una empresa dedicada al cultivo hidropónico de tomate en invernadero. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/>
- Aunap. (19 de diciembre de 2018). Aunap. <https://www.aunap.gov.co/index.php>
- Baqua. (13 de enero de 2013). *The british aquaponic association Baqua*. <https://www.facebook.com/FishPlant/posts/-is-a-community-interest-company-with-the-/456949814360544/>
- Barahona Pimentel, J. A. (2011). Producción de tomate y tilapia en un sistema acuapónico con 50, 100, 150 y 200 ppm de nitrógeno. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4368/1/T3209.pdf>
- Barragán, F. M. M. (2017). Formulación y elaboración de productos de panificación con yacón (*Smallanthus sonchifolius*) como endulzante, para la población con deficiencias en el metabolismo de los disacáridos. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 127-139.
- Bastidas, S. E. C., Cabrera, A. A., Mez, H. E. C. & Cervelion, A. J. (2019). Sistema en tiempo real para el monitoreo de variables médicas en

- pacientes hospitalizadas con redes WSN. *Publicaciones e Investigación*, 13(1), 27-44.
- Bastidas, S. E. C., & Peláez, J. M. L. (2015). Algoritmos de planificación para la transmisión de datos en tiempo real con IEEE 802.15. 4. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1443/1883>
- Bautista, E. A. S., Roa, J. R. V., & Ortega, J. A. T. (2015). Estimación de la huella hídrica para un cultivo de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). *Publicaciones e Investigación*, 9, 135-146.
- Bayona Miramontes, A. E. (2017). Manual de buenas prácticas para la producción de tenguayaca (*Petenia splendida*) con el método de acuaponía. <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/gef/pdf/2.2-3-reconversion-tilapia-siankan-manual-buenas-practicas.pdf>
- Biofish.org, R. (2007). Agricultura sustentable y alternativa: «acuaponía». <http://www.vidaequilibrium.com/acuaponia.pdf>
- Bríñez, J. A. B., Cuevas, M. M. & Torres, M. (2014). Análisis de parámetros objetivos y subjetivos en pre-amplificadores de audio. *Publicaciones e Investigación*, 8, 13-24.
- Brito, P. B. (04 de octubre de 2014). Acuapónicos, alternativa de producir alimentos baratos en Santa Marta. <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-14639395>
- Calderón Medellín, L. A. (2016). Evaluación preliminar de sistemas acuapónicos e hidropónicos en cama flotante para el cultivo de orégano (*Origanum vulgare: Lamiaceae*). <http://www.umng.edu.co/documents/10162/1085012/12.ACUPONICOS.pdf>
- Caló, P. (2011). Introducción a la acuaponía. <http://chilorg.chil.me/download-doc/86262>
- Candarle, P. (2011). Técnicas de Acuaponía. Cenadac. <https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/>
- Castañeda, C. C. C. (2016). Ros-gazebo. una valiosa Herramienta de Vanguardia para el desarrollo de la robótica. *Publicaciones e Investigación*, 10, 145-160.
- Castillo, M. (12 de septiembre de 2016). Cepal Naciones Unidas. https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/01_mario_castillo_-_tecnologias_disruptivas_en_la_era_digital.pdf
- Cerra Escobar, I. L., & Villarreal Padilla, J. E. (2017). State of art: utilizing social network analysis in diverse fields. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), <https://doi.org/10.22490/25394088.2257>
- Cifuentes, A. F. M. & Clavijo, C. C. G. (2015). Marco de referencia para la gestión de TI centrada en la creación de valor compartido, aplicado a una propuesta de formación en maestría. *Publicaciones e Investigación*, 9, 163-176.

- Cruz, A. V., Cordero, L. A. & González, A. P. (2014). Evaluación energética de los generadores de vapor F1-2 y BH-109 de una refinería cubana de petróleo. *Publicaciones e Investigación*, 8, 89-96.
- Contratista, M. J. (2018). Validación de modelos acuapónicos en el Quindío. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/3587/1/acuaponia_quindio.pdf
- Cutiño V. B. (2018). Acuaponía como alternativa productiva social: <http://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/>
- Delgado, Á. D. G., Ruiz, Y. Y. P., Córdoba, L. S., López, L. M., & Kafarov, V. (2014). Experimentación y optimización conjunta de la disrupción celular de microalgas y extracción soxhlet de aceite para alimentación y biocombustibles. *Publicaciones e Investigación*, 8, 127-136.
- Deloitte. (2017). Problemas y oportunidades en empresas privadas. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/risk/Gobierno-Corporativo/2017/Disrupcion-digital-GobCorp.pdf>
- Díaz, J. M. G., Díaz, N. G., & Cuellar, A. M. Q. (2010). Comparación entre los índices de agua potable IAP y los índices de riesgo de la calidad de agua para consumo humano IRCA utilizados para la determinación de la calidad del agua para consumo humano. *Publicaciones e Investigación*, 4, 53-59.
- Egaña, I. D. (2016). Propuesta cooperativa de un sistema acuapónico para proyecto trianual “Conócete, Quiérete, Cuídate” del I.E.S Basoko para la enseñanza transversal de la salud y el medio ambiente. <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/21330/DuqueTFM.pdf?sequence=1>
- Empresariales, A. (21 de noviembre de 2017). Conexión Esan. <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2017/11/business-intelligence-vs-business-analytics-hay-diferencias/>
- Falcon, A. E. (2011). Más vida en el desierto. diasiete.com
- FAO (2017). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2017. <http://www.fao.org/3/a-I7695s.pdf>
- Fernández, M. F. C., Casallas, D. M. D., & Marín, C. E. M. (2015). Análisis de la calidad del agua del río Bogotá durante el periodo 2008–2015 a partir de herramientas de minería de datos. *Publicaciones e Investigación*, 9, 37-50.
- Figueroa, F. L. (2018). Acuaponía: alimentación y desarrollo azul. <http://wwwsp.inia.es/Investigacion/OtrasUni/>
- Financiero, D. (2018). Disrupción digital: tareas que le esperan a Chile. *Diario Financiero*. Santiago- Chile.
- Fisco, J. A., & Sabogal, D. P. (2014). Reconstrucción de atmósferas sonoras tridimensionales. *Publicaciones e Investigación*, 8, 27-33.
- Fuentes, L. F. Q., & Castelblanco, S. G. (2011). Perfil del sabor del clon CCN51

- del cacao (*Theobroma cacao* L.) producido en tres fincas del municipio de San Vicente de Chucurí. *Publicaciones e Investigación*, 5, 45-58.
- Fuentes, L. F. Q., Pinilla, M. G., & Mendoza, L. J. (2014). Estandarización de la fase de fermentación “fase i” en la obtención de un licor de mandarina utilizando levadura “*Saccharomyces cerevisiae*”. *Publicaciones e Investigación*, 8, 139-149.
- Garzón, L. J. R., & Jiménez, V. L. L. (2017). Vulnerabilidad hídrica de la cuenca del río Blanco, en el municipio de La Calera, considerando los escenarios de cambio climático propuestos por la corporación autónoma regional de Cundinamarca-Car. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 77-88.
- Giraldo, R., Vargas, T., & Gil, H. (2009). Mejoramiento del proceso de deshidratación de uchuva. *Publicaciones e Investigación*, 3, 37-49.
- Gualteros, A. C. (2017). Universidad Nacional de Colombia. <http://bdigital.unal.edu.co/57844/1/53012502.2017.pdf>
- Gutiérrez, M. E. (2012). Sistemas de recirculación acuapónicos. http://revistas.sena.edu.co/index.php/in_f_tec/article/download/36/41
- Herrera, O. M. (11 de diciembre de 2014). Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=UScJyzLHMf0>
- Jaramillo, M. I. (31 de mayo de 2016). Guía general de un proceso de arquitectura empresarial. https://www.mintic.gov.co/arquitectura/630/articles-9435_Guia_Proceso.pdf
- Jiménez-García, W. G., & Rentería-Ramos, R. R. (2020). Contributions of complexity for the understanding of the dynamics of violence in cities. Case study: the cities of Bello and Palmira, Colombia (Years 2010-2016). *Revista Criminalidad*, 62(1), 9-43.
- Jiménez, V. L. L., Ramos, J. J. M., & Guio, D. P. A. (2016). Análisis del índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano -Irc- y su relación con variables meteorológicas y ubicación Geográfica para el departamento del Tolima en los años 2012–2013. *Publicaciones e Investigación*, 10, 69-81.
- Laverde, W. E. M., & Bernal, O. A. V. (2015). Herramientas de gestión ambiental para las carreteras de cuarta generación (4g) en Colombia. *Publicaciones e Investigación*, 9, 87-98.
- Lucía, O. (2016). La acuaponía como recurso didáctico transversal. http://www.unex.es/eweb/monfraguere_silente
- Martínez, J., & Pino, F. J. (2016). Definición de un modelo de calidad de servicios soportado por tecnologías de la información (TI). *Publicaciones e Investigación*, 10, 49-67.
- Masso, J., & Pardo, C. (2015). Hacia una ontología para el gobierno de desarrollo

- de software en pymes. *Publicaciones e Investigación*, 9, 99-112.
- McMurtry, M.R, Sanders, D.C, Cure, J.D, Hodson, R.G, Haning, B.C. & St. Amand, P.C. (1997). Efficiency of water use of an integrated fish/vegetable co-culture system. *J World Aquacult Soc.*, 28,420-428.
- Mesa Angulo, O. P., Gabriel, F. J., Ostos Ortiz, O. L., & Rentería, R. R. (2020). Modelo de vigilancia tecnológica e inteligencia estratégica: evaluación de nuevos programas académicos de la Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/28934>
- Millar C, L. (2018). Disruption: Technology, innovation and society. *Technological Forecasting and Social Change*, 129, 254-260. https://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2571/S0040162517314786/1-s2.0-S0040162517314786-main.pdf?_tid=a73ffecf-9cf7-4792-8f7b-3c0481e933c2&acdnat=1528002724_d5a66b40bc79ccfad29be4c203672750.
- Milquez-Sanabria, H. A. A. (2017). Digestión anaerobia en dos fases, hidrólisis y metanogénesis, de la semilla de mango (*Mangifera indica*). *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 91-100.
- Minsalud. (2013). Conpes. Política pública nacional de discapacidad e inclusión social. <https://www.minsalud.gov.co/proteccion-social/promocion-social/Discapacidad/Paginas/politica-publica.aspx>
- Minagricultura. (2018). UPRA. <https://www.upra.gov.co/web/guest/inicio>
- Molina, L. D., & Lozano, L. P. (2016). La desertificación del suelo, aspectos y estrategias de lucha. *Publicaciones e Investigación*, 10, 117-127.
- Montañez Carrillo, L., & Lis Gutiérrez, J. P. (2016). Medición de la madurez de la gestión del conocimiento en la Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería de la UNAD. *Publicaciones e Investigación*, 10, <https://doi.org/10.22490/25394088.1595>
- Moyano, L. G. (2016). Guía de elaboración de un proyecto de investigación. http://www.e-roj.es/biblioonline/revistas/2016/02/54_Guia.pdf?platform=hootsuite
- Ochoa, N. E., Cruz, I. M., Gil, C. E., Chaves, C. C. S., Grajales, S. K., Vargas, L. L. V., & Páez, A. (2015). Estrategias en la construcción de un prototipo como modelo integral en la gestión investigativa orientado hacia el esquema de negocio. *Publicaciones e Investigación*, 9, 113-134.
- Orozco, L. G., & Urrego, A. I. C. (2016). Modelos de ensuciamiento en intercambiadores de calor tubulares en sistemas indirectos en procesos uht en la industria láctea. *Publicaciones e Investigación*, 10, 95-114.
- Ortega, J. A. T., Rubio, O. F. C., & Orozco, I. H. (2017). Análisis de ciclo de vida para una biorefinería derivada de residuos agrícolas de palma aceitera (*Elaeis guineensis*). *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 13-36.

- Ortiz, I. A. L., & Angulo, H. M. (2016). Percepción de los estudiantes sobre la utilización de videojuegos en cursos de la Universidad Nacional Abierta ya Distancia-UNAD. *Publicaciones e Investigación*, 10, 163-175.
- Palma, M. J. (2017). Diseño y construcción de dos sistemas acuapónicos horizontales para la producción conjunta de peces dorados y lechugas. <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/63802/>
- Parra, C. A. C., & Espinal, J. M. M. (2014). Parámetros técnicos de captura en instrumentos musicales percutidos del folclor colombiano para su uso en bancos virtuales de sonidos. *Publicaciones e Investigación*, 8, 35-53.
- Pentair. (2013). Pentair. Aquatic Eco Systems: <https://pentairaes.com/media/docs/aquaponics-general-sell-sheet.pdf>
- Pérez, L. A., & Vera, C. A. (2015). Método para medir indirectamente la velocidad de fase en sensores *surface acoustic wave*. *Publicaciones e Investigación*, 9, 65-72.
- Ramírez-del Rio, D., Soto-Mejía, J. A., & Rentería-Ramos, R. R. (2018). Diseño de un modelo bajo el enfoque de dinámica de sistemas para estudiar comportamiento de la dinámica socioeconómica basada en la atención de primera infancia, infancia y adolescencia. *Investigación Operacional*, 39(2), 220-233.
- Ramírez, D., Sabogal, D., Jiménez, P., & Hurtado Giraldo, H. (2017). La acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 4(1-2), 32-51. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2230>
- Rakocy, J.E., Bailey, D.S., Shultz, K.A. & Cole. W.M. (1997). Evaluation of a commercial scale aquaponic unit for the production of tilapia and lettuce. En K. Fitzsimmons (Ed.). *Tilapia Aquaculture: Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, (pp.357-372). Orlando: Northeast Regional Agricultural Engineering Service
- Rakocy, J.E., Hargreaves, J. A., & Bailey, D.S. (1993). Nutrient accumulation in a recirculating aquaculture system integrated with vegetable hydroponic production. In: J.-K. Wang (Ed.). *Techniques for Modern Aquaculture. American Society of Agricultural Engineers*, (pp.148-158). St. Joseph, MI: FAO.
- Rakocy, J.E. (1984). A recirculating system for tilapia culture and vegetable hydroponics. In: R.C. Smitherman & D. Tave (Eds.). *Proceedings of the Auburn Symposium on Fisheries and Aquaculture*, (pp.103-114). Auburn AL.: Auburn University.
- Reina, C. B., Jiménez, L. N. R., & Pedraza, N. M. (2014). Obtención de biodiesel (etil-éster) mediante catálisis básica a nivel planta piloto derivado de aceites usados de la industria alimenticia. *Publicaciones e Investigación*, 8, 99-116.
- Rentería-Ramos, R. R. & Alfonso, A. V. (2015). Construcción de una red compleja para el estudio de la selectividad de Santiago de Cali por

- parte de las víctimas desplazadas del conflicto armado en Colombia. *Investigación Operacional*, 36(1), 60-69.
- Rentería-Ramos, R.R., Hurtado-Heredia, R., & Urdinola, B. P. (2019). Morbimortality of the victims of internal conflict and poor population in the Risaralda Province, Colombia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(9), 1644.
- Rentería-Ramos, R. R. & Mejía, J. A. S. (2018). Diseño de una sociedad artificial para estudiar la migración forzada por conflicto armado interno en el suroccidente colombiano. *Investigación Operacional*, 39(2), 206-219.
- Renteria-Ramos, R. R. & Soto Mejía, J. A. (2016). Design agent based model to study the impact of social cohesion and victimization in the criminal behavior. *Ingeniería y Ciencia*, <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/11294>
- Rentería-Ramos, R., Velasco Bonilla, A., María Burbano, J., & M Vitale, A. (2017). Construcción de clústeres empresariales en el sector de la salud en Santiago de Cali a través del algoritmo Multivariate Fuzzy C-Means. *Economía y Desarrollo*, 158(2), 129-140.
- Rodríguez, J. F. G., Ramírez, A. A., Pérez, L. M., Meza, J. R., & Rentería-Ramos, R. R. (2019). Relación entre la innovación y la productividad laboral en la industria manufacturera de México. *Investigación operacional*, 40(2), 249-254.
- <http://www.invoperacional.uh.cu/index.php/InvOp/article/view/667>
- Rojas, M. O. A., & Arboleda, L. C. T. (2015). Simulación de redes de sensores inalámbricos: un modelo energético a nivel de nodo-sensor bajo las especificaciones Ieee 802.15. 4tm y Zigbee. *Publicaciones e Investigación*, 9, 13-24.
- Rojas, Y. S. V., Ramírez, L. M. V., & Ortega, J. A. T. (2014). Evaluación de la huella hídrica del lirio japonés (*Hemerocallis*). *Publicaciones e Investigación*, 8, 79-87.
- Sáenz, L. M. B. (2014). Una Visión del sistema de certificación en inocuidad de alimentos. *Publicaciones e Investigación*, 8, 151-159.
- Samper, J. J. C., & Bolaño, M. R. (2015). Seguridad informática en el siglo XX: una perspectiva jurídica tecnológica enfocada hacia las organizaciones nacionales y mundiales. *Publicaciones e Investigación*, 9, 153-162.
- Sanabria, A. E. R., & Pérez, J. R. R. (2015). Catalizadores organometálicos en la industria química. *Publicaciones e Investigación*, 9, 51-64.
- Sánchez, I. C. N., & Alfonso, J. N. M. (2019). Revisión: estimación de deficiencias en la calidad del huevo. *Publicaciones e Investigación*, 13(1), 103-110.
- Sánchez, N. J. Z. (2014). Simulación de un sistema de desodorización de aceite vegetal por medio de un control industrial automatizado. *Publicaciones e Investigación*, 8, 119-125.

- Sarmiento, G. (octubre de 2019). Facebook. https://www.facebook.com/IOTCorp/?modal=admin_todo_tour
- Sarmiento, G. (febrero de 2019). Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=fsk4fq-4WrE>
- Schniederjans, M. J., Schniederjans, D. G., & Starkey, C. M. (2014). *Business Analytics Principles, Concepts and Applications What, Why and How*. New York: Pearson Education.
- Sendoya, D. F. (2013). ¿Qué es el control predictivo y hacia dónde se proyecta? *Publicaciones e Investigación*, 7, 53-59.
- Sierra, G. I. L., & Gonzalez, N. V. Y. (2014). Estudio descriptivo mediante análisis multicriterio de la cadena agroalimentaria de la panela. *Publicaciones e Investigación*, 8, 161-183.
- Sustan, C., & Lee, D. K. (18 de octubre de 2014). El proyecto de Acuaponía más grande del mundo, en el tercer lago más grande de China. <https://csaranjuez.wordpress.com/2014/10/18/el-proyecto-de-acuaponia-mas-grande-del-mundo-en-el-tercer-lago-mas-grande-de-china/>
- Tangarife, J. H., & Acevedo, Y. V. N. (2015). Video juego interactivo mediante Sdk Kinect 1.6 para apoyar la educación básica primaria de niños entre 5 a 10 años de edad. *Publicaciones e Investigación*, 9, 25-36.
- Todd, A. (22 de marzo de 2013). Chicagoist. https://chicagoist.com/2013/03/22/largest_indoor_vertical_farm_in_the.php#photo-4
- Toro, R. O. (2017). Biocompuestos a base de almidón termoplástico, ácido poliláctico y cascarilla de arroz: efecto del aceite epoxidado de soya. *Publicaciones e Investigación*, 11(1), 49-55.
- TVAgro. (2017). Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=FCCLqy70AGMY>
- UMNG. (24 de enero de 2017). La acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible. <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/2230>
- Varela Lema., L. (2008). *Introducción a las revisiones sistemáticas*. https://www.youtube.com/watch?v=x-ZXLb4L_1A&ab_channel=P2PInvestigaci%C3%B3nInnovaci%C3%B3n
- Waltero, H. E. P. (2015). Arquitectura de un laboratorio remoto desde el enfoque de la formación de ingenieros en ead. *Publicaciones e Investigación*, 9, 147-152.
- Zambrano, L. F. (2017). Sistema de producción sostenible de plantas y peces (acuaponía): caso de México. Obtenido de <http://www.unex.es/eweb/monfraguere-silente>
- Zambrano, L. F. (2011). Acuaponia, un sistema innovador en la producción de alimentos.

<https://feriadelasciencias.unam.mx/ant-eriores>

Zambrano, L. F. (2011). Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico automatizado de tipo tradicional y doble recirculación en el cultivo de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus*) y lechuga

crespa (*Lactuca sativa*).

<http://bdigital.unal.edu.co/62310/1/1057592154.2018.pdf>

Zambrano, L. F. (2004). Agro-acuicultura integrada. <http://www.fao.org/3/a-y1187s.pdf>