

Evaluación del desarrollo del sistema de cultivo acuapónico con especies no convencionales I.T.Boca Veracruz, México.

V. Alcántara Méndez^{1*} y G. del C. Góngora Ávalos²

¹Departamento de Ciencia del Mar y ²Departamento Económica Administrativas
Tecnológico Nacional de México Sede Instituto Tecnológico de Boca del Río
Km. 12 Carr. Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Ver. México 94290
*virginiaalcantara@itboca.edu.mx

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se determinó el aprovechamiento acuapónico de la *Moringa oleífera*, con tortugas dulceacuícolas *Trachemys scripta cataspila*. Participaron docentes y estudiantes de Ingeniería en Acuicultura, Gestión Empresarial y Biología. Fue una investigación quasi-experimental con diseño complementario DICO, las fases: 1) Cuantitativa, aplicó ANOVA a 0.05 y prueba Tukey y 2) Cualitativa, triángulos topológicos. Los resultados demostraron que el sistema acuapónico no-convencional con tortugas incrementó el crecimiento de *Moringa oleífera* a 75%; la evaluación del sistema demostró una correlación significativa entre el manejo integral del agua y la conservación de especies en riesgo en un 90%. Se concluye que la investigación es pionera e innovadora ya que contribuyó al desarrollo armónico en la salud de la sociedad, de igual manera aportó una cultura de respeto, conservación de las especies y de la aplicación de la ingeniería en proyectos sustentables.

Palabras clave: Acuaponia, Agua, Conservación.

Abstract

Determined use aquaponics of the *Moringa oleifera*, with turtles freshwater *Trachemys scripta cataspila*. Teachers and students of engineering in biology, business management, and aquaculture participated. It was a quasi-experimental research design complementary DICO, phases: 1) quantitative, applied 0.05 a ANOVA and Tukey test and 2) qualitative, topological triangles. The results showed that the turtles with non-conventional aquaponics system increased growth of *Moringa oleifera* to 75%; the evaluation of the system showed a significant correlation between the integrated management of water and the conservation of species at risk by 90 percent. It is concluded that research is pioneering and innovative because it contributed to the harmonious development in the health of the society, similarly provided a culture of respect, conservation of the species and the application of engineering in sustainable projects.

Key words: Aquaponics, Water, Conservation.

Introducción

El crecimiento acelerado en el sector de la acuicultura ha desencadenado una fuerte competencia por los recursos naturales y como consecuencia se ha producido un incremento en el impacto ambiental [Naylor et al, 2000] por causa de la gran cantidad de desechos descargados en los cuerpos de agua, por el sector de producción animal [Piedrahita, 2003; Tacon y Forester, 2003]. Es por ello que se buscan nuevas alternativas para la mitigación del impacto ambiental y una de éstas son los sistemas acuapónicos.

Según Ulloa et al [2005], menciona que es una biotecnología muy interesante de producción de alimentos que incorpora dos o más componentes (peces y vegetales o plantas) en un diseño basado en la recirculación del agua

[Tyson *et al.*, 2015]. Nelson [2016], Villalobos [2012] citan que en acuaponia el desecho de los peces funciona como una fuente de alimento muy nutritiva para las plantas y esta a su vez actúan como un filtro natural en la que ellos viven lo anterior crea un mini-ecosistema en donde tanto las plantas como los peces pueden vivir y prosperar; por otra parte, la necesidad de tener alimentos de buena calidad.

Las tortugas dulceacuícolas enmarcan el 60% a nivel mundial; presentan la ventaja de incorporar grandes cantidades en forma de biomasa en los flujos correspondientes y ciclos de nutrientes en su hábitat, son componente-biológico y nivel-trófico de sus etapas de vida. Se encuentran en las categorías de mayor amenaza [Moll y Moll, 2014]. Lo anterior es fundamento para que los diseños acuapónicos sustentables sean utilizados para contribuir a la mitigación de la problemática en la desnutrición humana, aientos libres de tóxicos, para mantener una vida de calidad, optimizando espacios reducidos a costos bajos y competitivos.

Descripción de la Innovación

Al unir acuaponia y acuacultura se realiza un binomio en pro de la mejora alimenticia, el manejo de organismos acuáticos, con la oportunidad de diseñar y adaptar sistemas innovadores sustentables que fomenten una cultura de cultivo basada en el concepto de sostenibilidad. En esta intervención las especies acuática seleccionadas juegan un papel medular, al igual que los productos alimenticios, por ello aprovechar las tortugas dulceacuícolas endémicas de la zona para cultivos acuapónicos de *Moringa oleifera* representa una propuesta con enfoques innovadores.

La innovación del desarrollo del sistema de cultivo acuapónico utilizando especies vegetales de interés comercial: *Moringa oleifera* con la especie dulceacuática endémica no convencional *Trachemys scripta cataspila* tortuga verde, contrarresta la problemática de la obtención de alimentos con potencial económico en espacios reducidos, logrando una alta biomasa de producción. El sistema acuapónico mejora la calidad del agua, regula el nivel de nutrientes; mejora el entorno acuático, economiza el uso del agua y las especies vegetales tienen facilidad de manejo y adaptación.

De manera dual la incorporación de la tortuga, presenta ventaja al proporcionar en el sistema grandes cantidades de energía en biomasa, además de evaluar el comportamiento en cautiverio, generar información para su manejo y protección (clasificada en protección especial por la NOM-059-ECOL-1954).

Descripción de la problemática

De acuerdo con la FAO desde 2011, la probabilidad de precios elevados en los alimentos perfila la búsqueda de soluciones eficientes. La demanda de los consumidores en países con economías en crecimiento aumentará al igual que su población y si prosigue la expansión de los biocombustibles el sistema alimentario se verá sometido a demandas adicionales. Para la oferta, los desafíos se enfocan a la creciente escases de los recursos naturales en algunas regiones, a la disminución de la tasa de crecimiento de los rendimientos de los productos básicos y a la volatilidad de los precios en alimentos; debido a la estrechez de los mercados agrícolas, energéticos y perturbaciones por fenómenos meteorológicos.

El propósito de esta investigación es generar la producción de alimentos en menor tiempo, otorgar beneficios competitivos en el mercado y utilizar especies dulceacuícolas endémicas no convencionales, para un desarrollo armónico salud-sociedad conocimientos-competencias y manejo sustentable en el proceso de intervención.

Objetivo General

Evaluuar el desarrollo del sistema de cultivo acuapónico con especies no convencionales, en el ITBoca Veracruz, México durante el primer semestre 2018.

Objetivos Particulares

Determinar la biomasa de producción de *Moringa oleifera* con la especie dulceacuática no convencional *Trachemys scripta cataspila*.

Determinar la relación beneficio-costo del sistema de producción acuapónico.

Metodología

El estudio es una investigación de carácter cuasi-experimental, Cea [1998] y Campbell [1982], con estatus principal cuantitativo y complemento secundario cualitativo, la misma implica un diseño complementario DICO y la forma de implementar los métodos fue secuencialmente: deducción–inducción, explicación–comprensión, holístico–analítico y sincronía–diacronía. Según Villalobos [2005] el tipo de diseño integral llamado Complementación, cuenta con dos imágenes distintas de la realidad social. El diseño nivel mínimo de integración tiene dos estructuras metodológicas (propósitos y resultados diferentes) y da origen a un informe con dos partes: una cuantitativa y una cualitativa o viceversa.

La base experimental se fundamentó en los aspectos observables y susceptibles de cuantificar, por ello se utilizó la metodología empírico-analítica y fue aplicada la estadística para el análisis de los datos ANOVA 95% de confiabilidad [Barrantes, 2004], y una prueba de Tukey para hacer todas las comparaciones múltiples posibles con el tratamiento. El procedimiento estadístico consistió en calcular el valor teórico común o diferencia mínima significativa de los crecimientos de la *Moringa oleifera*, con dosis de 20 mg de nitratos aportados por las tortugas.

Lo cualitativo estudió especialmente los significados de las acciones humanas y de la vida social, utilizando la metodología de la interpretación, centrando el interés en el descubrimiento del conocimiento [Pérez Serrano, 1998]. Por tanto, la investigación se llevó a cabo durante dos momentos: la acción cuantitativa presentó como marco Variable Independiente VI: Evaluar el desarrollo del sistema acuapónico con especies no convencionales. Variable dependiente VD: Determinar el crecimiento mensual de producción de *Moringa oleifera*. Se utilizaron pruebas controladas y sistemáticas para generar la recolección de los datos. La concepción nomotética del fenómeno permitió la orientación hacia explicaciones generales y sus efectos producidos al manipular las variables y comprobar la hipótesis planteada.

Hipótesis Nula H01: La aplicación de la metodología innovadora no logra incrementos en el crecimiento mensual de *Moringa oleifera* con el aprovechamiento acuapónico con tortugas.

Hipótesis Alterna H11: La aplicación de la metodología innovadora logra incrementos en el crecimiento mensual de *Moringa oleifera* con el aprovechamiento acuapónico con tortugas.

La acción cualitativa presentó como marco de referencia el interés del proceso visto desde la conducta humana de los profesores y alumnos; con un marco de referencia desde lo ético, sémico, dinámico y polifacético. El enfoque cualitativo en una investigación se interesa en comprender la conducta humana desde el propio marco de referencia de quien actúa, es decir, maneja una perspectiva desde adentro, y está orientado a los descubrimientos. Campos, S. [2006], Dobles. [2001] y Hernández [2004] describen con mayor profundidad sus características. En las etapas del dato cualitativo, la sensibilización, la descripción, la transcripción, el análisis y la interpretación serán también un papel importante en el contexto el fenómeno por estudiar lo cual pretende promover una conciencia con actitudes, valores y acciones compatibles con la tecnología aplicada.

Resultados y discusión

Evaluación del desarrollo del sistema de cultivo acuapónico con especies no convencionales

Para la evaluación del desarrollo del sistema de cultivo acuapónico, se realizó el análisis para el manejo integral del agua junto con un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) que demostró que la aplicación de sistemas acuapónicos no-convencionales son los indicados en estos procesos. De acuerdo a lo observado en la Tabla 1 se puede inferir que existen fortalezas y oportunidades únicas en los sistemas acuapónicos no convencionales, ya que se trabaja con especies endémicas de la zona, sus desechos aportan una gran energía en forma de biomasa, proporciona bienestar por utilizar agroquímicos, representan un menor gasto de producción y promueve el cuidado y protección de especies en riesgo y peligro de extinción.

Tabla 1. Análisis FODA en la aplicación de sistemas acuapónicos no-convencionales

Acuaponia NO-Convencional	Acuaponia	Hidroponía
Utiliza especies dulceacuícolas animales no convencionales (endémicas)	Utiliza especies dulceacuícolas animales	No utiliza ningún tipo de especie animal
Utiliza nutrientes de los desechos animales con grandes cantidades de energía en forma de biomasa	Utiliza nutrientes de los desechos animales con bajas cantidades de energía en biomasa	Utiliza nutrientes inorgánicos y orgánicos
No utiliza agroquímicos (bienestar animal)	No utiliza agroquímicos (bienestar animal)	Podría utilizar agroquímicos
Menor gasto de producción	Mayor gasto de producción	Mayor gasto de producción
Promueve la protección de animales en riesgo y peligro de extinción	No Promueve la protección de animales en riesgo y peligro de extinción	-----

Determinación de la biomasa de producción de *Moringa oleifera* con tortuga *Trachemys scripta cataspila*

Las tortugas fueron alimentadas cada tercer día con 120 g de alimento balanceado y esparcido en su estanque de cultivo, las mediciones de los parámetros fisicoquímicos fueron óptimas y lo anterior se reflejó en el agua de reciclado del sistema acuapónico. Posteriormente 250 plántulas fueron sembradas en camas y alimentadas con el agua enriquecida de la biomasa de tortugas. Los datos fueron recolectados en bitácoras durante el proceso de investigación, a continuación se presenta en la Tabla 2, la fase cuantitativa conformada por el ANOVA y prueba de Tukey.

Tabla 2. Datos de las pruebas Anova y Tukey con 95% de confiabilidad

Crecimiento (NO ₃) 20 mg/l	Junio Dif. medias	Mayo Dif. medias	Abril Dif. medias	Marzo Dif. medias	Febrero Dif. medias
0	125.8	87.0	61.2	42.1	30.1
30.1	95.7	56.9	31.1	12.0	0
42.1	83.7	44.9	19.1	0	
61.2	64.6	25.8	0		
87.0	38.8	0			
125.8	0				

Cualquier diferencia entre medias que sea mayor o igual a 12 representa crecimientos significativos.

La tabla 2 considera el modelo del análisis de varianza para una distribución completamente al azar, la teoría estadística demostró que en el análisis cada varianza calculada estima las varianzas esperadas. De igual manera se incorpora la Prueba de Tukey para las comparaciones múltiples.

Los crecimientos promedios mensuales se muestran en la Figura 1; los valores son significativos ya que reflejaron un promedio del 70% en un período de febrero a junio, es decir en cinco meses.

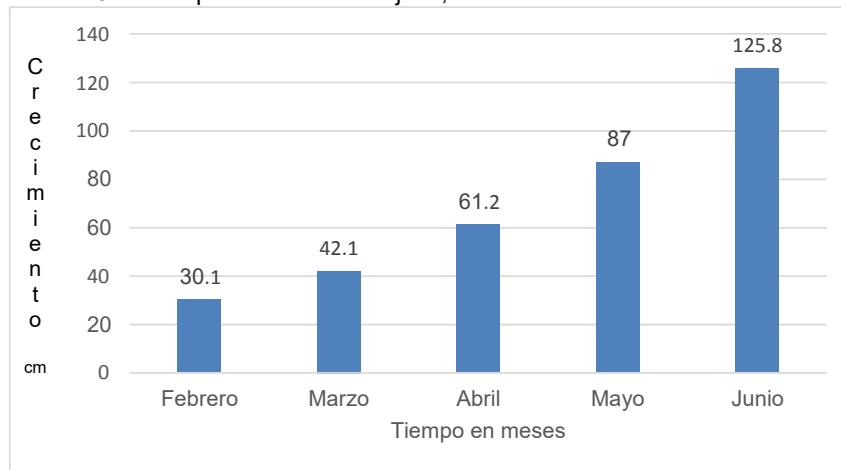


Figura 1. Crecimiento promedio mensual de *Moringa oleifera* con tortuga *Trachemys scripta cataspila*.

Determinación de la relación Beneficio-Costo del sistema de producción acuapónico

Los beneficios esperados de la innovación, impactaron en el desarrollo de especies con potencial económico y su importancia desde el punto de vista de salud y enfoques en la sustentabilidad: limpieza del agua, uso óptimo e implementación de especies no convencionales nativas y en protección por la NOM-059-ECOL-1954; el fácil manejo y fácil adaptación de las especies vegetales y organismos dentro del sistema acuapónico,

De igual importancia se encuentra la producción de plántulas de alimentos que son clasificados como orgánicos, lo que permite una relación costo-beneficio de gran aceptación; con resultados contundentes focalizados hacia el éxito de la propuesta generando un desarrollo armónico entre salud-sociedad, conocimiento-competencias y manejo-sustentable.

Binomio Agua-Conservación

En la fase cualitativa fueron elaborados los triángulos topológicos 1,2 y 3 representados en la Figura 2, los cuales determinaron la correlación del Binomio Agua-Conservación para las categorías: complejidad, desempeño, idoneidad, contextos y responsabilidad. La figura mostró interfaces de acción entre sustentabilidad, valores y tecnología, conciencia ambiental, demostrando la importancia del uso adecuado del agua y la conservación de especies endémicas de la zona que se encuentran en protección

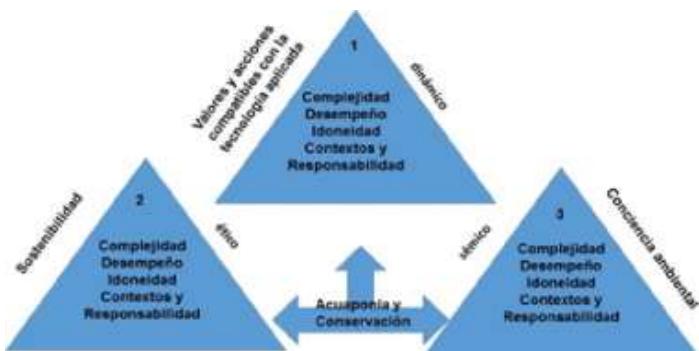


Figura 2. Triángulos Topológicos 1,2 y 3 para la determinación de la correlación del Binomio Agua Conservación.

Trabajo a futuro

Los resultados son alentadores, ya que en esta primera fase se tienen en etapa de crecimiento 250 arbolitos de *Moringa oleifera* que servirán para reforestación en el ITBoca del Río y se espera generar otros 250 arbolitos para la zona aledaña. El proyecto aprobado 6394.18 P por el Tecnológico Nacional de México, se encuentra en su segunda etapa con resultados prometedores para utilizar acuaponia-no convencional con otras especies de interés comercial. En esta sección debe incluirse el trabajo que falta por realizar.

Conclusiones

La aplicación de la metodología innovadora **logra** incrementos en el crecimiento mensual de *Moringa oleifera* con el aprovechamiento acuapónico con tortugas. La innovación favoreció el desarrollo de especies vegetales clasificadas como orgánicos con potencial económico y de salud. Los valores son significativos reflejaron crecimientos promedio mensual del 70% cuando fueron alimentadas con biomasa de tortugas.

El Binomio Agua-Conservación se valida con resultados contundentes cuando son utilizados sistemas acuapónicos no-convencionales. La Sustentabilidad se aporta por el uso integral del agua e implementación de especies no convencionales y en protección por la NOM-059-ECOL-1954 y de igual forma el fácil manejo del sistema acuapónico y fácil adaptación de las especies vegetales y organismo seleccionado permitió un eficiente manejo integral del agua y con alta expectativa por su viabilidad financiera.

Las Fortalezas y Oportunidades del sistema fueron:

- F1. La experiencia y *expertise* para el manejo integral del agua.
- F2. Sistema sostenible; escenarios: económico, social y ambiental.
- O1. Fomento a la investigación: recursos y ser socialmente responsable.
- O2. Nuevos hábitos de consumo, permite elevar la calidad de vida, alimentos libres de agroquímicos.
- O3. Con el sistema se obtiene mayor productividad, en menores espacios y con alta rentabilidad.

Referencias

1. Barrantes, Echavarría Rodrigo. (2009). Investigación: un camino al conocimiento enfoque cuantitativo y cualitativo. San José, Costa Rica: EUNED.
2. Burke, V.; J.E., Lovich; and J.W. Gibbons. (2000).Turtle conservation. Smithsonian Institution Press. Washington 156-179.
3. Campbell, S. y Stanley, J. (1982). Diseños experimentales y cuasi experimentales en la investigación social. Argentina: Amorrortu Editores.
4. Cea, D'Ancona Ma. Ángeles. (1998). Metodología cuantitativa: estrategias y técnicas de investigación social. Madrid: Síntesis.
5. Dobles, Yzaguirre Ma. Cecilia. (2001). Características de las Innovaciones Educativas. San José de Costa Rica: Fundación Omar Dengo, Centro de Innovación Educativa.
6. Hernández, Rodríguez Oscar. (2004). Estadística elemental para ciencias sociales. Costa Rica: Editorial UCR.
7. Moll y Moll (2004). The Ecology, Exploitation, and Conservation of River Turtles. Oxford University Press.
8. Naylor, R.L.; Goldburg, R.J.; Primavera, J.H.; Kautsky, N.; Beveridge, M.C.M.; Clay, J.; Folke, C.; Lubchenco, J.; Mooney, H. and Troell, M. (2000) Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* (405) 1017–1024.
9. Nelson, L.R. (2016) Aquaponics food production. Raising fish and profit. First Edition. 218.
10. Pérez, Serrano G. (1998). Investigación cualitativa: retos e interrogantes. Barcelona: Ariel.
11. Piedrahita, R. H. (2003) Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture* (226) No. 4, 35-44.
12. Tyson, R.V.; Simonne, E.H.; White, J.M. and Lamb, E.M. (2015) Reconciling Water Quality Parameters Impacting Nitrification in Aquaponics: The pH Levels. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* (117) 79-83.

13. Tacon, A. and Forster, I. (2003) Aquafeeds and the environment: policy implications. *Aquaculture* **(226)** 181-189.
14. Ulloa, M.; León, C.; Hernández, F. y Chávez, R. (2005). Evaluación de un sistema experimental de acuaponía. *Avances en investigación agropecuaria* **(9)** No. 1, 1-5.
15. Villalobos, R. S.; Godoy H. H. y Rodríguez, G. A. (2012). Manual sobre la producción de pimiento, pepino y tomate de especialidad bajo condiciones protegidas en Guanajuato. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato, México.
16. Villalobos, Zamora Luis. R. (2005). Guía 5. Elaboración de los capítulos 1 y 2: el problema y el propósito en la investigación y marco teórico en la investigación. Seminario de Graduación 2. Programa de Doctorado Latinoamericano en Educación. San José de Costa Rica: UNED.