AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (2) Noviembre 2014, pp 17 - 32
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Environmental Technical Inefficiency Effects on Estero Real quality water: A Nicaragua Case.

Ariel José, Aguilar
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.
Centro de Investigación en Ciencias Agrarias y Economía Aplicada.
Director del Laboratorio de Fisiología Animal.
Teléfono: 00 (505) 86238835. Email: ajagui2002@yahoo.com

Osorio Urtecho, Katherinne del Rosario
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.
Laboratorio de Fisiología Animal.
Teléfono: 00 (505) 86238835. Email: ajagui2002@yahoo.com

Prado Olivares, Mariela del Socorro
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.
Laboratorio de Fisiología Animal.
Teléfono: 00 (505) 86238835. Email: ajagui2002@yahoo.com

Carlos Alberto, Zúniga González
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.
Centro de Investigación en Ciencias Agrarias y Economía Aplicada.
Teléfono: 00 (505) 84976448 Email: czuniga@ct.unanleon.edu.ni

Rafaela,Dios-Palomares
Universidad de Córdoba.
Grupo de eficiencia y productividad de la Universidad de Córdoba, España.
Teléfono: + 34 957 21 84 79 Email: ma1dipar@uco.es

Pablo, Sierra Figueredo
Instituto de Geofísica y Astronomía, AMA, CITMA. Cuba.
Teléfono: 00 (537)2714331 Email: sierrafp@gmail.com

Olman José Quiros Madrigal
Universidad de Costa Rica
Centro de Investigación en Economía Agrícola y Desarrollo Agroalimentario
Email: olman.quiros@ucr.ac.cr

Recibido: 2 Septiembre 2014 Aceptado: 2 Octubre 2014

ABSTRACT:
At the present study was an empirical application in panel data for environmental stochastic frontier model to measure the Estero Real Nicaragua quality water. The productive path of Bioeconomy where this approach was applied is the Biodiversity Resource Exploitation. The study aim was to measure the level of environmental technical inefficiency over the body water of the Estero Real. We used a frontier stochastic model that it considers the environmental condition with the chemical and physic parameters and the planetary magnetic activity. The environmental inefficiency effects were assumption to be an independent distribution as truncations of normal distributions with constant variance, but means, which are a linear function of observable Sampling Point-specific variables. The results show that environmental inefficiency effects are understandable by inelasticity solar activity (-2.53) that reduce the quality water in 89 %, it imply according to Lynch y Poole (1979) a regular quality.

JEL CLASSIFICATION: Q:20, Q:25, Q: 53, Q:57, Q:58
Keywords: Stochastic Frontier, Solar Activity, Environmental Technical Efficiency, Aquatic Bioeconomy, Biodiversity, Quality water, Data Panel.

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (2) Noviembre 2014, pp 17 - 32
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Efectos de la ineficiencia técnica ambiental en la calidad del agua del Estero Real: Caso Nicaragua.

Ariel José, Aguilar
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.
Centro de Investigación en Ciencias Agrarias y Economía Aplicada.
Director del Laboratorio de Fisiología Animal.
Teléfono: 00 (505) 86238835. Email: ajagui2002@yahoo.com

Osorio Urtecho, Katherinne del Rosario
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.
Laboratorio de Fisiología Animal.
Teléfono: 00 (505) 86238835. Email: ajagui2002@yahoo.com

Prado Olivares, Mariela del Socorro
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.
Laboratorio de Fisiología Animal.
Teléfono: 00 (505) 86238835. Email: ajagui2002@yahoo.com

Carlos Alberto, Zúniga González
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León.
Centro de Investigación en Ciencias Agrarias y Economía Aplicada.
Teléfono: 00 (505) 84976448 Email: czuniga@ct.unanleon.edu.ni

Rafaela,Dios-Palomares
Universidad de Córdoba.
Grupo de eficiencia y productividad de la Universidad de Córdoba, España.
Teléfono: + 34 957 21 84 79 Email: ma1dipar@uco.es

Pablo, Sierra Figueredo
Instituto de Geofísica y Astronomía, AMA, CITMA. Cuba.
Teléfono: 00 (537)2714331 Email: sierrafp@gmail.com

Olman José Quiros Madrigal
Universidad de Costa Rica
Centro de Investigación en Economía Agrícola y Desarrollo Agroalimentario
Email: olman.quiros@ucr.ac.cr

Recibido: 2 Septiembre 2014 Aceptado: 2 Octubre 2014

RESUMEN:
El presente estudio fue una aplicación empírica del modelo de frontera estocástica ambiental en panel de datos para medir la eficiencia técnica ambiental de la calidad del cuerpo de agua del Estero Real, Nicaragua. El sector productivo de la Bioeconomía donde se aplica este enfoque es "Explotación de los recursos de la Biodiversidad". El propósito del estudio es medir el nivel de ineficiencia técnica ambiental del cuerpo de agua del Estero Real. Se utilizó un modelo de frontera estocástica que considera la condición ambiental con los parámetros físicos químicos y la actividad magnética planetaria. Los efectos de ineficiencia ambiental son asumidos para ser independientemente distribuidos como truncaciones de la distribución normal con varianza constante, pero con media, las cuales son una función lineal ambiental de variables observables. Los resultados evidencian que los efectos de ineficiencia ambiental son explicados por la inelasticidad de la actividad solar (-2.53) que redujeron la calidad del agua en un 89 % tipificándola como una calidad regular de acuerdo a Lynch y Poole .

JEL CLASSIFICATION: Q:20, Q:25, Q: 53, Q:57, Q:58
Palabras Claves: Frontera Estocástica, Actividad Solar, Eficiencia Técnica, Bioeconomía acuícola, Biodiversidad, Calidad del agua, Panel de Datos.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (2) Noviembre 2014, pp 17 - 32
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

1. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua son pocos los trabajos que se han realizado en cuerpos de agua costero donde se mide el nivel de degradación de la calidad del agua, que pudiera ocasionar problemas en la salud pública. En tal sentido, el presente estudio aplicado es un esfuerzo por medir la eficiencia técnica ambiental de la Bioeconomía en el sector productivo *Explotación de los recursos de la biodiversidad*[24].

La cuenca del río Estero Real muestra serios problemas de erosión hídrica en los sectores oeste y norte del complejo volcánico Chonco-Casitas. Así mismo existen dificultades ambientales relacionadas a la destrucción de manglares y contaminación de las aguas. De tal forma que en la época de lluvia, los ríos arrastran sedimentos contaminados por las actividades agrícolas y las deposita en las partes alta y media de la cuenca, alterando la calidad fisicoquímica del agua, lo cual repercute en un severo daño ecológico (CRM, 2011). Muchas de las sustancias que afectan las fuentes de aguas superficiales y subterráneas son originadas por la erosión de los suelos agrícolas y deforestación de las actividades agrícolas, industriales, domésticas y recreacionales. Curie [9], argumenta que los químicos modernos que están reemplazando a los organoclorados son sumamente tóxicos en su forma concentrada. Igualmente, Gómez y Serrano[14] realizaron un análisis bacteriológico y de plaguicidas organoclorinados; los resultados bacteriológicos reflejaron límites tolerables para coliformes totales y fecales. Y en el caso de los plaguicidas se encontró presencia de Lindano en la zona alta del Estero Real con 10.01 ppb y Hexaclorobenceno (HCB) con niveles de 0.35 ppb en la zona media y 0.05 en la zona baja.

Las cuatro bananeras comerciales representan un total de 850 has. Cuando están en plena producción utilizan extensivamente fungicidas y nematicidas. Counter, un órgano fosforado, se utiliza como insecticida y nematicida en las bananeras. El uso más fuerte de biocidas por parte de las bananeras es especialmente contra el hongo productor de la Sigatoka negra. Til y Bravo 720 (clorotalonil), son los fungicidas de mayor utilización en la época de verano (Sánchez, 1999).

La comunidad de Puerto Morazán es una de las áreas expuestas a mayor contaminación por coliformes y desechos sólidos, debido al fecalismo que afecta la salud y el medio ambiente de la población. De acuerdo al monitoreo realizado por el Ministerio de Desarrollo de la Pesca (MEDEPESCA) a partir de 1994-1996 los resultados de coliformes muestran un nivel alto y varían con la estacionalidad (datos tomados en la superficie). Los niveles más críticos se producen durante los meses de Junio -Octubre, debido a la influencia de la época lluviosa al incrementar la escorrentía superficial. La mayor concentración de coliformes se encuentra en el sector aguas arriba del Puerto Morazán y muestra una tendencia a disminuir a medida que nos acercamos a la boca del Golfo de Fonseca.[14]

[1]Este producto está prohibido en Nicaragua desde 1991 por su alta toxicidad y residualidad.

[2]Las cuatro bananeras ubicadas en las áreas de influencia al estero son: El Paraíso, Candelaria, Relámpago y San Carlos. El Paraíso, Relámpago y San Carlos están retiradas del estero real y ofrecen menos riesgos, pero Candelaria está ubicada relativamente cerca del estero y las avionetas que fumigan sus campos muchas veces comienzan o terminan su sobrevuelo arriba del estero. Esto representa un serio problema ya que los biocidas esparcidos vía aérea caen en ocasiones sobre las aguas del estero.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (2) Noviembre 2014, pp 17 - 32
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Por otro lado, el consultor Velázquez [25] plantea que el afluente de la mina el Limón transporta gran cantidad de contaminantes a las aguas del río Estero Real. En esta mina se procesan grandes cantidades de oro al año y para ello se utilizan unas 75 toneladas de cianuro de sodio (NACN) y aproximadamente 750 toneladas de óxido de calcio (CaO). Además la broza tiene altos contenidos de metales pesados y su pH final, es fuertemente alcalino. Sin embargo se desconoce el grado de contaminación directa sobre el Estero Real.

Unido a esta problemática ambiental se plantea el tema de la medición de la eficiencia técnica en los sectores productivos de la Bioeconomía. En tal sentido, la Red CYTED de Bioeconomía y Cambio Climático, con este estudio hace un esfuerzo por aplicar el enfoque de análisis envolventes de datos con el enfoque de la eficiencia ambiental explicado por Dios Palomares et. al.[12] al sector productivo de la bioeconomía *Explotación de los recursos de la Biodiversidad* con la medición de la eficiencia técnica ambiental del cuerpo de agua en el Estero Real de Nicaragua.

El documento se organizó con una sección que hace una revisión de los instrumentos de medición para el sector productivo de la bioeconomía *Explotación de los recursos de la Biodiversidad*. En la sección 3 hacemos una aplicación de los efectos del modelo de ineficiencia técnica en el cuerpo de agua del Estero Real. En la 4ta sección presentamos los resultados con su respectivo análisis empírico y finalmente, hacemos las principales conclusiones y discusión de los resultados.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

De acuerdo a Packard, et al.[18], el oxígeno disuelto ha sido uno de los constituyentes no-conservativos más estudiados en ecosistemas acuáticos. Es fundamental en la nutrición y esencial para la mayoría de los organismos vivos, nuestro estudio reviste importancia para la actividad de la camaricultura en el puerto Morazán. Además, el oxígeno disuelto es importante en los procesos de fotosíntesis, oxidación-reducción, solubilidad de minerales, y descomposición de la materia orgánica. La distribución del oxígeno en cuerpo de agua está determinada por el intercambio gaseoso a través de la superficie del agua, la producción fotosintética, el consumo respiratorio y por procesos físicos de advección y difusión. Ahora bien, la calidad del agua se puede determinar de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 1: Calidad del agua en función del % saturación de oxigeno	
Calidad	% Saturación de Oxigeno (a la temperatura y salinidad prevalecientes en el ambiente)
Buena	90
Regular	89-75
Dudosa	74-50
Contaminada	< 50

*Datos tomados de Lynch y Poole [15]

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (2) Noviembre 2014, pp 17 - 32
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

La solubilidad de oxigeno es afectada por los parámetros de temperatura, la salinidad y la presión atmosférica. Aumentos de la temperatura traen como consecuencia una disminución en los niveles de oxígeno disuelto. La salinidad implica la presencia de algunos minerales en una solución que reduce la solubilidad de los gases. Las sales disueltas en agua reducen los espacios intermoleculares disponibles para la disolución del oxígeno. La solubilidad de un gas está determinada por su presión parcial (p) [Ley de Henry][3]. A su vez, la presión parcial de un gas es afectada por los cambios en altitud o presión atmosférica. En los cuerpos de agua no contaminados la concentración de oxigeno disminuye con la altitud.

Monerris [16], define a los Estuarios como zonas naturales donde se produce la conexión de un río con el mar. La importancia de su estudio radica en el hecho de que numerosos asentamientos humanos se han realizado en ellos, con el consiguiente impacto ambiental que ello provoca. En la hidrodinámica de estos sistemas es muy importante el efecto de las mareas. Con respecto a la calidad del agua, en los estuarios se distinguen dos zonas: la de intrusión salina y la zona de aguas dulce.

Es importante tener en cuenta cuando planteamos un modelo que en los sistemas naturales se producen simultáneamente procesos de absorción, desorción, disolución, precipitación, oxidación, reducción y formación de complejos, existiendo una influencia mutua entre ellos. Así como la velocidad de estas reacciones. Los factores que influyen en el valor de la concentración de oxígeno en agua son, por orden de importancia, la temperatura del agua, sólidos disueltos (salinidad) y presión atmosférica y presión parcial del vapor de agua.

En la bibliografía existen diversas expresiones empíricas que relacionan la temperatura y la salinidad del agua con la concentración de saturación de oxígeno disuelto. Una de las más conocidas es la de APHA, (1992):

$$ln[O_2]_{sat} = -139.344411 + \frac{1.575701\ 10^5}{T_a} - \frac{6.642308\ 10^7}{T_a^2} + \frac{1.243800\ 10^{10}}{T_a^3}$$

I $$- \frac{8.621949\ 10^{11}}{T_a^4} - S\left(1.7674\ 10^{-2} - \frac{1.0754\ 10^1}{T_a} + \frac{2.1407\ 10^3}{T_a^2}\right) \qquad ec\ (1)$$

[3]La ley de Henry estable la relación que existe entre la concentración de un gas disuelto en un líquido y la presión parcial de dicho gas en la atmósfera en contacto con el líquido cuando se alcanza el equilibrio. Ambas magnitudes, concentración y presión parcial, son directamente proporcionales a través de una constante: la constante de Henry, H_o. $H_oC=P$, donde H_o es la contante de Henry (atm $m^{3/}$mol), c concentración de gas en el agua (mol/m^3), p presión parcial del gas en la atmósfera (atm).

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (2) Noviembre 2014, pp 17 - 32
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

T_a: Temperatura absoluta (k)
S: Salinidad(MT)
$[O_2]_{sat}$: Concentración de oxígeno disuelto (ml/L)

Continuando con la salinidad considerada con la concentración de cloruros (mg/m^3) expresado como sigue:

$$S = 1.80655\,[CL] \qquad \text{ec(2)}$$

La disminución de la concentración de saturación con la altitud es debida a la disminución de la presión atmosférica y, por tanto de la presión parcial de oxígeno en el aire. El estimado de la concentración se puede efectuar considerando que la presión atmosférica desciende en 1 % por cada 82 metros que asciende. Esta aproximación da lugar a la siguiente expresión:

$$ln[O_2]_{sat,z} = [O_2]_{sat,0}\, e^{\frac{z}{8200}} \qquad \text{ec(3)}$$

Donde,
Z: altitud expresada en metros

De tal manera que Zison (1978) desarrolló una expresión lineal:

$$ln[O_2]_{sat,z} = [O_2]_{sat,0}[1 - 0.1148\, z] \qquad \text{ec(4)}$$

Donde z viene expresada en kilómetros.

La medición del sector productivo de la Bioeconomía *Explotación de los recursos de la Biodiversidad* es estimada con instrumentos de economía aplicados a los sistemas de producción que utilizan Biomasa e insumos biológicos. En tal sentido, los modelos econométricos son los más usados. En la región de América Latina, el Centro de Investigaciones biológicas del Nortes S.C (CIB)[4] de México oferta el Programa Interinstitucional Doctorado en Ciencias en Bioeconomía Pesquera y Acuícola donde las investigaciones de sus doctorando promueven modelos Bioeconómicos aplicados a este sector productivo de la Bioeconomía acuícola y pesquera.

En un modelo de calidad de agua se considera que el manejo de la calidad del agua de estanques de cultivo de peces y/o camarones, el oxígeno disuelto es expresado en términos de miligramos por litro o partes por millón y generalmente, está presente en cantidades de 4 a 14 mg/L. Una disminución o la falta de oxígeno disuelto generalmente provocan estrés o muerte en los organismos acuáticos, si es que la exposición es prolongada a menos de 1 mg/L. (Boletin Nicovita) [7] . El análisis bioeconómico constituye una herramienta útil para el manejo acuícola, y tiene su origen en el manejo de recursos naturales renovables (Clark [10]), cuyos principios han sido adaptados para el manejo de recursos acuícolas con distintos propósitos (Allen et al., [3]). En términos de la aplicación de la bioeconomía, el trabajo de Allen et al. [3] constituye el primer intento formal de integrar la teoría Bioeconómica a las actividades acuícolas. Posteriormente, Cacho (1997) realizó una revisión de los trabajos relacionados con la bioeconomía acuícola en el contexto de análisis de sistemas. En dicho trabajo destaca la importancia del modelado bioeconómico aplicado en la acuicultura con la finalidad de simplificar, para efecto de análisis, el sistema constituido por una granja acuícola.

[4] http://www.cibnor.mx/es/investigacion

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (2) Noviembre 2014, pp 17 - 32
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Ruiz [19] construyó un modelo bioeconómico que permitió evaluar el riesgo implicado en la producción intensiva del camarón blanco (Litopenaeus vannamei), utilizando bases de datos aportadas por productores del estado de Nayarit, que incorporaron 86 casos (estanques), en 49 de los cuales se presentó la enfermedad de la mancha blanca. El modelo bioeconómico quedó integrado por varios submodelos: biológico, de variables ambientales y de manejo, tecnológicos y económico. Se analizaron distintos esquemas de manejo, en términos de las variables de manejo implicadas. El riesgo se evaluó mediante el indicador rendimiento por unidad de riesgo. Adicionalmente se llevó a cabo un análisis de sensibilidad para determinar la importancia de las variables y parámetros utilizados.

ENFOQUE DE EFICIENCIA TÉCNICO-AMBIENTAL

Ahora bien, una vez expuesto los elementos fundamentales del modelo bioeconómico para estudiar los cuerpos de agua, es meritorio preguntarnos como este modelo va a medir la eficiencia ambiental de la calidad del agua en el Estero Real. En tal sentido, utilizamos el modelo explicado por Dios Palomares et.al [12] donde evaluamos los problemas medioambientales del cuerpo de agua del Estero Real dentro del análisis DEA, es decir añadiendo variables físicos químicas y de la actividad solar como inputs y outputs y no las variables convencionales. Este modelo se enmarca en el enfoque de eficiencia ambiental, de tal manera que la distancia mide los efectos de ineficiencia de la calidad del agua considerando la actividad magnética planetaria como efecto de ineficiencia y de ahí su relación con los parámetros físicoquímicos para explicar la calidad del cuerpo de agua como variable fundamental para desarrollar la vida de las especies que el hombre utiliza para desarrollar su actividad económica en el sector acuícola. La explicación de este modelo es ampliamente discutido en Dios Palomares et. al [12].

Modelo Frontera de los efectos de Ineficiencia Ambiental para la Bioeconomía Acuícola (Panel Datos)

En nuestro estudio consideramos la frontera estocástica medioambiental para panel de datos ajustada a la Bioeconomía Acuícola.

$$Y_{it} = \exp(X_{it}\beta + v_{it} - v\mu_{it}) \qquad \text{ec(5)}$$

,donde Y_{it} denota la cantidad de Oxigeno que se produce en el cuerpo de Agua del Estero Real en el *t-th* observación $(t=1,2,\ldots\ldots\ldots,T)$ en el *i-th* punto de muestra $(i = 1,2,3\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots N)$; X_{it} es un (1 x k) vector de valores de la función conocidos de los parámetros nutricionales (input de la producción de Oxigeno tales como aminoácidos) y parámetros físicos y químicos (Input ambientales) y de variables de la actividad solar (input de variación del cambio climático) estas variables explicativas asociadas con el *i-th* punto de muestreo y en el *t-th* observado; β es un (k x 1) de parámetros desconocidos para ser estimados; las V_{it} son asumidas para ser una distribución idéntica e independientemente (dii) $N(O,V_v^2)$ de errores aleatorios, distribuidos independientemente de los U_{it}.

Los U_{it} son variables aleatorias no negativas, asociadas con la ineficiencia técnica de la producción (Oxigeno, como elemento fundamental en el sistema de producción en la Bioeconomía Acuícola), la cuales son asumida para ser distribuidas independientemente, tal que el los U_{it} es obtenido por truncación (en cero) de la distribución normal con significado, $Z_{it}\delta$, y varianza, σ^2

Z_{it} es un (1 x m) vector de variables explicativas asociado con la ineficiencia técnica de los puntos de muestreo sobre el tiempo; yδ, es un (m x 1) vector de coeficientes desconocidos a ser estimados.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (2) Noviembre 2014, pp 17 - 32
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

3. APLICACIÓN EMPÍRICA PARA PANEL DE DATOS

En el estudio se utilizaron los datos de la investigación de Osorio y Prado [17] del Laboratorio de Fisiología Animal de la UNAN León, financiada con fondos del CSUCA. Los datos fueron organizados en panel de datos para los 6 periodos de estudio. Un total de 60 observaciones fueron utilizadas para 6 meses (mayo-octubre) del año 2013. Para evaluar la eficiencia técnica ambiental de la calidad del cuerpo de agua del Estero Real, se seleccionaron variables físicos químicas: Temperatura y Salinidad. Al modelo agregamos la variable Actividad Solar que consideramos como una variable importante causante de la variabilidad del cambio climático: Actividad Magnética Planetaria (Ap).

La metodología utilizada es la conocida como frontera estocástica de producción explicada por Dios Palomares et. al., (2014), que se basa en la función Coob Douglas (Battese & Coelli [4,5,6]. Esta es una aplicación del modelo de Battese y Coelli [4].

Se utilizó el programa de computación FRONTIER Versión 4.1 (Battese & Coelli [4,5,6] para obtener una estimación de máxima probabilidad (MLe) del panel de datos seleccionado en cada período de estudio; esta es planteada en la sección revisión de literatura. El modelo utilizado en base a la ec. 1, es el siguiente ec. 8:

Modelo Frontera Estocástica para un sistema de Bioeconomía acuícola

$$ln(O_{2ij}) = \beta_0 - \beta_1 \, ln \, (T_{ij}) - \beta_2 \, ln \, (S_{ij}) + (v_i - \mu_i) \qquad ec\,(8)$$

, donde (O_{2i}) representa la concentración de saturación de oxígeno disuelto en agua. Es indicador principal de la salud en nuestro estudio del Estero Real. El valor de Oxigeno como variable de salida (Output) del cuerpo de agua del Estero Real medido en mg/L en promedio por mes, durante el periodo de estudio y en los puntos donde se tomaron las muestras.

Condición de variabilidad ambiental (Parámetros físicos químicos)

(T_{ij}) Representa la medición de la Temperatura medido en grados Celsius (°C)en promedio por cada punto de toma de muestra, durante el periodo de estudio.
(S_{ij}) Representa la salinidad medido en ppm en promedio por cada punto de toma de muestra, durante el periodo de estudio.
(Vi-μi) El componente del error compuesto V_i Representa variables aleatorias las cuales son asumidas para ser una distribución normal en N (O, σ_v^2) e independiente de μ_i quien representa variables aleatorias no negativa las cuales son asumidas para medir la ineficiencia técnica en la producción, γ es asumida para ser distribuida independiente como truncaciones en cero de la distribución normal N(W_{it} , γ) ec (6). Estas medidas se interpretan como indicadores de la importancia relativa de cada variable en la composición del error compuesto, de tal manera que si gamma toma un valor próximo a 1, se deduce que no hay efectos en el error debido a factores fuera del control del cuerpo de agua en el Estero Real estudiada [11].

(i) Representa los 6 periodos en que se tomaron las muestras: Mayo 2013 a Octubre 2013.

(j) Representa los puntos de toma de muestra en el Estero Real, a continuación se detallan:

[5]No incluido un parámetro intercepto, δ_o , en la media $Zit.\delta$. puede ser resultado en los estimadores para los parámetros δ asociados con las variables Z siendo la tendencia y la forma de la distribución de los efectos de la ineficiencia técnica, U_{it}

[6] Consejo Superior Universitario Centroamericano.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (2) Noviembre 2014, pp 17 - 32
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Entonces, la ecuación (5) especifica la función ambiental para un sector productivo de la Bioeconomía Acuícola, en términos de los valores originales del sistema de Bioeconomía Acuícola en el cuerpo de agua. Sin embargo, para los efectos de la ineficiencia técnica ambiental del cuerpo de agua, los U_{it} son asumidos para ser una función del conjunto de variables explicativas, los Z_{it} un vector de coeficientes desconocidos, δ. Las variables explicativas en el modelo de ineficiencia técnica ambiental pueden incluir algunas variables de la frontera estocástica, aunque no es nuestro caso, indicando que los efectos de la ineficiencia ambiental son estocásticos. Si la primera z-variables tiene un valor 1 y los coeficientes de las otras z-variables son ceros, entonces este caso representa el modelo especificado por Stevenson [21] y Battese y Coelli [5]. Si todos los elementos del vector- δ son igual a cero, entonces los efectos de ineficiencia no están relacionados con las z-variables y así, las distribución media normal originalmente especificada en Aigner, Lovell y Schmit [2], es obtenido. Si la interacción entre las variables de los puntos específicos de muestreo y las variables de entrada del sistema de Bioeconomía Acuícola como z-variables, entonces una frontera estocástica no neutral, propuesta en Huang y Liu [13], sería obtenida. [24]

Los efectos de ineficiencia técnica, U_{it}, en el modelo de frontera estocástica (ec. 1) pudo ser especificado en una ecuación 6:

$$U_{it} = z_{it}\delta + W_{it} \qquad \text{ec(6)}$$

,donde la variable aleatoria, W_{it} es definida por la truncación de la distribución normal con media cero y varianza, σ^2, tal que el punto de truncación es $-Z_{it}\,\delta, i.e., W_{it} \geq Z_{it}\delta$. Estos supuestos son consistentes con U_{it} siendo una truncación de la distribución $N(Z_{it}\delta, \sigma^2)$ no negativa. La función de producción de frontera de ineficiencia representada en ec. 5 y 6 difieren de Reifschneider y Steveson (1991) en que la variable aleatoria no son idénticamente distribuidas o no son requeridas para ser negativas. Además, la media, $Z_{it}\delta$, de la distribución normal, la cual es truncada en cero para obtener la distribución de U_{it} y no requiere se positivo para cada observación, como en Reifschneider y Steveson (1991).

El supuesto que los U_{it} y las V_{it} son distribuidas independientemente para todos los t= 1.2.3……, T, y i=1,2,3,……..,N, es obviamente simplificado, pero condición restrictiva. Modelos alternativos son requeridos para contabilizad las posibles estructuras correlacionadas de los efectos de la ineficiencia técnica y los errores aleatorios en la frontera.

El método de máxima probabilidad (likelihood máximum) es propuesto para estimaciones simultáneas de los parámetros de frontera estocástica y el modelo de efectos de ineficiencia técnica. La función de probabilidad y su derivaciones parciales con respecto a los parámetros del modelo son presentados en Battese and Coelli [4]. La función de probabilidad es expresada en términos de los parámetros de varianza, $\sigma_s^2 \equiv \sigma_v^2 + \sigma^2 \; y \; \gamma \equiv \frac{\sigma^2}{\sigma_s^2}$.

La eficiencia técnica de la producción para el t= 1.2.3……, T, y i=1,2,3,……..,N es definido en la ecuación 3:

$$ET_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp(-z_{it}\delta - W_{it}) \qquad ec\ (7)$$

La predicción de la eficiencia técnica ambiental está basada en su expectación condicional, dado los supuestos del modelo. Este resultado es también dado en el anexo de Battese and Coelli, (1993).

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (2) Noviembre 2014, pp 17 - 32
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

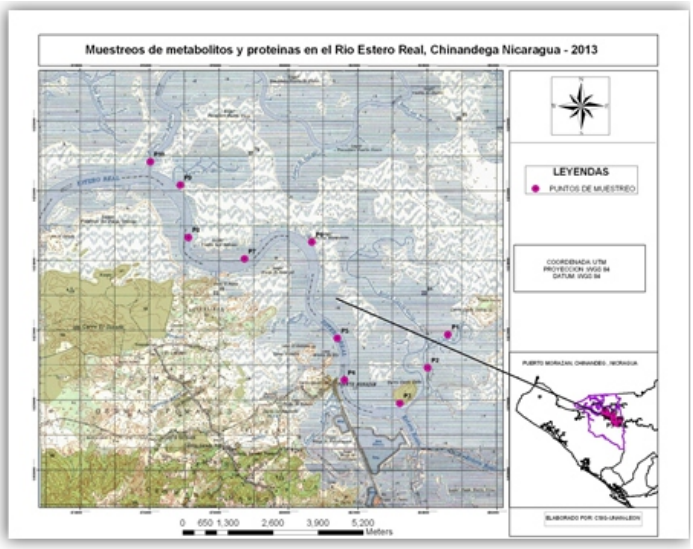


Figura 1. Mapa de Puntos de Muestreo/ Fuente: Osorio y Prado (2014)

Tabla 1. Coordenadas de Puntos de Muestreo en el Río Estero Real

Puntos	Localidades	Longitud	Latitud
P 1	Herrera Membreño	87º08.539'	12º51.730'
P 2	San Martin	87º08.844'	12º51.205'
P 3	Empalme	87º09.235'	12º50.632'
P 4	Puerto Morazán	87º10.193'	12º50.984',
P 5	Carlos Fonseca	87º10.505'	12º51.909'
P 6	Langostino	87º10.695'	12º56.147',
P 7	El Semillal	87º11.740'	12º52.868',
P 8	La treinta	87º12.637	12º53.229'
P 9	Agrimar I	87º12.774'	12º53.993'
P 10	Agrimar II	87º13.252'	12º54.419'

Fuente: Osorio y Prado (2014)

Modelo de Ineficiencia Técnica Ambiental para un sistema de [illegible] ec (9)
el Cambio Climático, en condiciones con y sin sedimentos

$$U_{ij} = \delta_0 - \delta_1(Ap_i) + \omega_i$$

Los efectos de la ineficiencia ambiental en la calidad del cuerpo de agua del Estero Real son asumidos para ser definidos por la ec 9.

,donde U_{ij}, es el término error que mide el efecto de la ineficiencia técnica ambiental en el cuerpo de agua del Estero Real considerando la variabilidad del cambio climático, explicada en la sección anterior.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (2) Noviembre 2014, pp 17 - 32
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Condición de variabilidad del Cambio Climático (Actividad Solar)

(Ap_{ij})[7] Representa un índice de la actividad magnética planetaria medida en promedio para el periodo de estudio, medido en nanoteslas *nT.*). La Actividad Solar y Geomagnética es tenida en cuenta como variable medioambiental con posible influencia en el tema tratado, dados los numerosos reportes que muestran su relación con la biota en general y con la actividad de microorganismos, con la velocidad de reacciones físico-químicas, productividad pesquera y melífera, entre otros procesos biológicos.

(W_{ij}) es la variable aleatoria explicada en la sección anterior.

La hipótesis a comprobar: Si el modelo de ineficiencia es estocástico, entonces la eficiencia técnica del cuerpo de agua (Calidad de agua) en el Estero Real puede ser explicada por el modelo de Frontera Estocástico para un sistema de Bioeconomía Acuícola influenciada por la variabilidad del cambio climático.

En la tabla 2 abajo detallada presentamos la descriptiva de las tomas de muestras en los puntos indicados anteriormente, para el Oxigeno como variable de salida (Output), y la temperatura y la salinidad como input relacionados a la concentración de oxigeno del sistema estuario. La Salinidad puede variar en dirección tanto horizontal como vertical. La temperatura es uno de los factores que hace cambiar la salinidad en un cuerpo de agua, debido a que si es elevada provoca una evaporación intensa y, por ende, un aumento de la concentración de sales. Por el contrario los aportes de agua dulce propicia la dilución del cuerpo de agua, repercutiendo en la disminución de la salinidad de acuerdo a Osorio [17]. En el modelo de ineficiencia identificamos la variable Ap como actividad solar. Esta variable presenta los datos con poca variación y es debido a que en el periodo de estudio las tormentas geomagnéticas no estuvieron presentes. En la tabla se incluyen los valores descriptivos de la media la desviación típica, la varianza de la muestra, el máximo y mínimo. Es importante aclarar que los datos fueron organizados en panel de datos que implica 10 puntos de toma de muestras en un periodo de 6 meses para un total de 60 observaciones. Las altas variaciones de la salinidad obedecen al comportamiento de la marea al momento de la toma de la muestra. En términos generales, los datos son congruentes con las estadísticas descriptivas de estudios anteriores, por consiguiente valoramos conveniente el arreglo del panel de datos a los efectos de valorar los efectos de la ineficiencia ambiental.

Tabla 2: Estadísticas descriptiva de las variables utilizadas en la estimación de frontera estocástica*

	O_2(mg/ L)	T (℃)	Salinidad (ppm)	Ap (nT)
Media	1.99	31.21	15.41	8.85
Mediana	1.80	31.45	15.50	8.89
Desviación estándar	0.61	0.91	12.38	2.25
Varianza de la muestra	0.37	0.82	153.34	5.05
Mínimo	1.10	29.10	1.00	5.27
Máximo	4.10	32.80	39.50	12.63

* Total de observaciones = 60 (10 puntos de muestreo y 6 meses del año 2013 de mayo a octubre.

[7]Ap Index, es un índice geomagnético, también promedio mensual y este si caracteriza la geo efectividad de la Actividad Solar, o sea, el impacto de la misma en el planeta y es muy usado para trabajos de este tipo y sus valores promedios mensuales pueden ir desde casi Cero hasta 100 o más unidades, aunque para valores promedios diarios puede llegar a varios cientos de unidades. Por este índice el mes más activo fue el de junio y el menos activo fue septiembre y noviembre.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (2) Noviembre 2014, pp 17 - 32
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

4- RESULTADOS Y ANÁLISIS EMPÍRICOS

Las estimaciones con los parámetros de errores estándares de la máxima verosimilitud (máximum-likelihood) son calculados con dos dígitos significativos, como se muestra a continuación, de acuerdo a ec. 4 y 5, respectivamente:

Frontera Estocástica:

$$ln(O_2) = 1.96 \quad - 0.22 \quad \ln(T\ ) - 0.19 \quad \ln(S)$$

$$(1.32) \quad (0.39) \qquad\qquad (0.25)$$

Modelo de Ineficiencia:

$$U \quad = 4.86 \; - \; 2.53\; Ap$$

$$(0.85) \quad (0.50)$$

Varianza de los Parámetros:

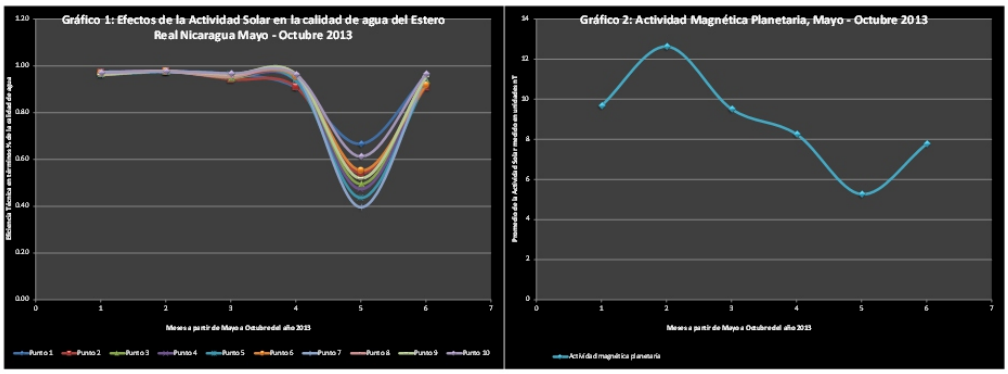
$$\sigma_s^2 = 5.88\ , \quad \gamma = 0.61$$

$$(0.12) \qquad (0.87)$$

$$Log\ (likelihood) = \ 21.02$$

Los signos de los coeficientes de las fronteras estocásticas ambientales fueron como se esperaba. La elasticidad negativa de los parámetros físicos químicos se interpreta como las variaciones de Temperatura y Salinidad para asegurar una buena calidad de Oxigeno. Estos coeficientes resultaron altamente significativos.

El modelo de ineficiencia reviste un particular interés en este estudio. El impacto de la variación climática con las actividades magnéticas planetarias (-2.53 %) explica una tendencia a reducir la calidad del agua, considerando que Ap en el periodo de estudio fue baja situación que nos permite considerar la actividad geomagnética para explicar la calidad del agua. De acuerdo a los resultados de la eficiencia técnica ambiental en promedio geométrico fue de 89 % que representa una calidad regular de acuerdo Lynch y Poole [15,26,23], ver tabla 1.
En las gráficas 1 y 2 se presenta el comportamiento de los índices de la eficiencia técnica ambiental en términos de la calidad de agua del Estero Real comparándola con la actividad solar podemos observar que existe una estrecha relación o influencia para definir la calidad del agua.



UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (2) Noviembre 2014, pp 17 - 32
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

Las estimaciones en los parámetros de varianza, γ, es cercano a uno (0.61), implicando que el análisis de los efectos de la ineficiencia en la calidad del cuerpo de agua del Estero Real, son altamente significativos. Generalizado que los efectos de ineficiencia en la prueba de la hipótesis nula del test likelihood-ratio[1], están ausentes o tienen la distribución más simple, presentados en la tabla 3. La primera hipótesis nula especifica que los efectos de ineficiencia están ausentes del moldeo, es fuertemente rechazada. La segunda hipótesis nula, especifica los efectos de ineficiencia no estocásticos[2], es también fuertemente, rechazada. La tercera hipótesis nula, considerada en la Tabla 3, específica que los efectos de ineficiencia no es una función lineal de la temperatura y salinidad, de Ap. Esta hipótesis nula es también rechazada en el nivel de significancia del 5 %. Esto indica que la los efectos enunciados de estas 2 variables explicativas en la ineficiencia en el cuerpo de agua del estero Real es significativa. Los efectos de ineficiencia en la frontera estocástica son claramente estocásticos y no están relacionados con las observaciones de temperatura, salinidad, y Actividad magnética planetaria. De tal manera, que la función de ineficiencia ambiental de frontera estocástica es una mejora con respecto a la frontera estocástica ambiental que sugiere Dios Palomares et. al.,[12] correspondiente que no implica un modelo para los efectos técnicos ambientales de ineficiencia.

Tabla 3: Test de Hipótesis para Parámetros de la función ambiental de Frontera Estocástica del cuerpo de agua del Estero Real, Nicaragua.

Hipótesis Nula	EMV o LLF (λ)	$\chi^2_{0.95} - valor$ *	Test Estadístico (LR)	Decisión
$H_0 = \gamma = \delta_0 = \cdots \delta_4 = 0$	-3.39	7.82	48.84	Rechaza Ho
$H_0 = \gamma = 0$	2.54	7.82	36.96	Rechaza Ho
$H_0 = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = 0$	-0.99	5.99	44.02	Rechaza Ho

*Un asterisco en el valor del Test estadístico indica que excede el 95vo percentil para el correspondiente distribución de Chi cuadrado (χ^2.)El valor critico para el test se obtuvo de Kodde y Palm (1986).

5- CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

Un modelo de efectos de ineficiencia ambiental en una función ambiental de frontera estocástica fue propuesto para panel de datos, en condiciones ambientales, siguiendo a Dios Palomares et. al [12]. Una aplicación del modelo es presentado usando datos de 10 puntos de nuestros del cuerpo de agua Estero Real de Nicaragua, muestreo tomadas en seis meses. Los resultados indican que el modelo para los efectos de la eficiencia ambiental, involucrando un término constante, temperatura, salinidad, y actividad magnética planetaria que es un componente significativo en la función ambiental de frontera estocástica. La aplicación también ilustra que la especificación del modelo permite la estimación de ambos cambios y la variación de la actividad solar de la ineficiencia ambiental, dado que los efectos de la ineficiencia son estocásticos y tienen una distribución desconocida. Además, es obviamente requerido trabajos teóricos y aplicados en los senderos de la Bioeconomía para obtener mejores y más generalizados modelos de Frontera Estocástica y efectos de ineficiencia ambiental asociados con análisis de panel de datos (Battese [4]; Trigo[24]; Dios Palomares et. al.[12]).

[1]El test estadístico likelihood-ratio, $\lambda = -2\{log[likelihood(H_o)] - [log[likelihood(H_1)]\}$ tiene aproximadamente una distribución x^2 con parámetros igual al número de parámetros asumidos a ser cero en la hipótesis nula, H_o, dado que $H_o$es verdadera.

[2]Si el parámetro, γ es cero, entonces las varianzas en los efectos de ineficiencia es cero y así el modelo se reduce a la función tradicional de repuesta media. En este caso, los parámetros, δ_0 y δ_1, no son definidos. De ahí el valor crítico para el test estadístico para esta seHgunda hipótesis es obtenido de la distribución X_4^2

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (2) Noviembre 2014, pp 17 - 32
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

En promedio geométrico la eficiencia técnica ambiental en condiciones variables del clima fue de 89 % que representa una calidad regular del agua y es fuertemente explicada por la tendencia decreciente o inelasticidad de la actividad solar. Agregamos que durante los meses de estudio la variabilidad de la actividad geomagnética fue baja, haciendo necesario incluir datos donde las variaciones representen tormentas geomagnéticas que implicarían fuertes variaciones.

En tema de la agenda política el estudio evidencia la necesidad de promover la Bioeconomía en los senderos productivos Biorefinerias, Biotecnología, Eco intensificación, principalmente para hacer un tratamiento a los desechos generados por las actividades agrícolas, camaroneras, minas, ganadería, con el propósito de evitar la contaminación del cuerpo de agua del Estero Real.

Referir la gestión de la calidad de agua en el Estero Real con el fin de preservar la salud pública y de limitar en lo posible los impactos ambientales provocados por la contaminación de las aguas es necesario establecer normativas para mantener la calidad en el medio natural. Estas normativas deben ir encaminadas en la fijación de normas de emisión (límites de vertido) con alternativas del uso residual con fines Bioeconómicos y el establecimiento de uno objetivos de calidad.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación ha sido subvencionada por el PRESANCA II-CSUCA a través del proyecto ”Relación entre la Regulación de la Ingesta de Alimentos en Tilapia (*Oreochromis niloticus*) por factores metabólicos y neuroendocrinos y el estrés producido por factores ambientales”.

Los investigadores de la red CYTED de Bioeconomía y Cambio Climático agradecen a las instituciones miembros de la Red y al Programa CYTED por el apoyo financiero para realizar esta investigación. Además, agradecemos, a las empresas CAMANICA-PESCANOVA y Langostinos de Centroamérica por su apoyo con la movilidad en las aguas del río Estero Real.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (2) Noviembre 2014, pp 17 - 32
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

REFERENCIAS

1. APHA (1992). Standard Methods for the examination water and waste water, 18th edition. American Public Health Association, Washintong, D.C

2. Aigner DJ, Lovell CAK, Schmidt P (1977) Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. Journal of Econometrics 6:21-37.

3. AlIen, P.G., L.W. Botsford, A.M. Schuur & W.E. Johnston. (1984). Bioeconomics of Aquaculture. Elsevier, Amsterdam. 351p.

4. Battese, G.E. & Coelli. T. J. (1995). A model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. Empirical Economics, (20), 325-332.

5. Battese, G.E. & Coelli, T. J. (1992). Frontier Production Functions. Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India. Journal of Productivity Analysis, (3), 153-169.

6. Battese, G.E. & Coelli. T. J. (1988). Prediction of Firm-Level Technical Efficiencies with a generalized Frontier Production Function and Panel Data. Journal of Econometrics, (38), 387-399.

7. Boletín Nicovita (2001). EL OXIGENO DISUELTO EN ESTANQUES DE CULTIVO. Volumen 6, Número 3 Marzo, 2001.

8. Cacho, O.J. 1997. Systems modelling and bioeconomic modelling in aquaculture. Aquacult. Econ. & Manage. 1: 45-64.

9. Curie D. (1994). Ordenamiento de la Camaronicultura Estero Real, Nicaragua. Programa Regional de Apoyo al Desarrollo de la Pesca en el Istmo Centroamericano (PRADEPESCA) Nacional de Desarrollo Rural (PNDR). 1997. Diagnóstico del Estero Real. Proyecto uso adecuado y sostenible de los recursos naturales del Estero Real (MARENA/Danida-Manglares). Nicaragua.

10. Clark, C.W. (1974). Mathematical Bioeconomics. Tile Optimal Management of Renewable Resources. John Wiley & Sonso, New York. 313p.

11. Dios Palomares, R. (2002). Análisis de interpretación de los parámetros de relación de varianzas en el modelo de frontera estocástica. Estudios de Economía Aplicada, 20, (II), 365-379.

12. Dios Palomares, Rafaela; Alciade, David; Perrez Diz, José; Jurado Bello, Manuel; Prieto Guijarro, Angel; Zúniga G., Carlos A. (2014). Métodos frontera para la incorporación de aspectos ambientales en el análisis de eficiencia de sistemas agropecuarios. Revista Cientifica de la Facultad de Ciencias Veterinarias, Vol. No ().

13. Huang CJ, Liu J-T (1994) Estimation of a non-neutral stochastic frontier production function. Journal of Productivity Analysis 5:171-180.

UNIVERSITAS (LEÓN)
Revista Científica de la UNAN-León
Vol. 5 (2) Noviembre 2014, pp 17 - 32
ISSN electrónico 2311-6072
ISSN impreso 2071- 257X

14. Gómez, B y Serrano, M. (1997). Estudio Bacteriológico y presencia de plaguicidas organoclorinados en aguas intermedias de toma y drenaje de granjas camaroneras ubicadas en el Estero Real (monitoreo higiénico-sanitario). MAG, DGPSA, Dirección de Salud Animal y Departamento de Sanidad Acuícola. Managua.

15. Lynch, J.M. y N.J. Poole. (1979). Microbial ecology: a conceptual approach. Blackwell Scientific Publications.

16. Monerris, Miguel Martín & Doménech, Paula Marzal (1979). Modelación de la calidad del agua. Universidad Politécnica de Valencia, España. 170p

17. Osorio Urtecho, Katherinne Del Rosario, Prado Olivares, Mariela del Socorro ,(2014). Tesis: Evaluación de la salud del cuerpo de agua, tomando en cuenta como referencia los parámetros físicos y químicos y metabolismo acuático, Estero Real, Nicaragua. Mayo a Octubre, 2013. Tutor Dr. Ariel Aguilar, Responsable de Laboratorio de Fisiología Animal. UNAN León.

18. Packard, T. T. (1969) The estimation of the oxygen utilization rate in seawater from the activity of the respiratory electron system in plankton, Ph.D. Thesis, University of Washington, Seattle

19. Ruiz Velazco Arce, Javier Marcial (2011). Modelo Bioeconómico para el análisis de reisgo del cultivo intensivo de camarón Blanco (Litopenaeus vannamei). Tesis Doctoral del Instituto Politecnico Nacional. Centro interdisciplinario de ciencias marinas. La Paz B.C.S.

20. Sánchez, Jacobo; Marín, Mauricio; Paniagua, Claudia; Sepulveda, Norvin y Valerio, Luis (1999). DE APACUNCA, L. L. A. N. O. S. FICHA INFORMATIVA: DELTAS DEL ESTERO REAL Y. Proyecto Conservación de humedales-Universidad Centroamericana. Proyecto CATIE/OLAFO/DANIDA/Manglares. Proyecto Corredor Biológico Centroamericano.

21. Stevenson RF (1980) Likelihood functions for generalized stochastic frontier estimation. Journal of Econometrics 13:57-66.

22. Reifschneider D, Stevenson R (1991) Systematic departures from the frontier A framework for the analysis of Crm ineOidency. International Economic Review 32:715-723.

23. Tabilo-Valdivieso, E. (1999). El Beneficio de los Humedales en América Central.

24. Trigo E.J., Henry G., Sanders J., Schurr U. , Ingelbrecht I. ,Revel C. , Santana C. , Rocha P., (2013), Towards bioeconomy development in Latin America and the Caribbean, Bioeconomy Working Paper No.2013-01. ALCUE KBBE FP7 Project No. 264266, 15 p.

25. Velásquez Mazariegos S. (1998)[3]. Informe de consultoría de la base de datos del área de Progolfo. PROGOLFO, Proyecto Conservación de los Ecosistemas Costeros del Golfo de Fonseca, Unión Mundial para la Naturaleza, UICN, Oficina Regional para Mesoamérica, San José, Costa Rica.

26. Zison, S. W., Mills, W. B., Deimer, D., Chen, C. W. (1978). Rates, constants, kinetics formulations in surface water quality modelmg. Prepared for the Environmental Research Laboratory, US Environmental Protectional Agency. Athens, G