



Revista Cubana de Meteorología

ISSN: 0864-151X

ISSN: 2664-0880

Instituto de Meteorología

Domínguez-Hurtado, Ismael María; Soto-Valero, César;  
Machado-Montes de Oca, Amaury; Salmón-Cuspinera, Yindra  
Influencia de factores meteorológicos en la acuicultura de aguas interiores  
Revista Cubana de Meteorología, vol. 25, núm. 2, e13, 2019  
Instituto de Meteorología

DOI: <https://doi.org/opn.to/a/QW9IZ>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=701977489003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UDEM  redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

## Influencia de factores meteorológicos en la acuicultura de aguas interiores

### Influence of meteorological factors in aquaculture of inland waters



<http://opn.to/a/QW9IZ>

Ismabel María Domínguez-Hurtado <sup>1\*</sup>, César Soto-Valero <sup>1</sup>, Amaury Machado-Montes de Oca <sup>1</sup>, Yindra Salmón-Cuspinera <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara, Villa Clara, Cuba

<sup>2</sup>Centro Meteorológico Provincial de Santiago de Cuba, Santiago de Cuba, Cuba

**RESUMEN:** Con el objetivo de caracterizar variables y fenómenos meteorológicos relevantes que afectan la acuicultura de aguas interiores se seleccionaron embalses de la provincia de Villa Clara y Santiago de Cuba. Para determinar la influencia de las variables se estudiaron la temperatura del agua (°C) y la concentración de oxígeno ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) a diferentes profundidades y desde el punto de vista meteorológico, temperaturas extremas del aire (máxima y mínima) (°C), temperatura media del aire (°C), humedad relativa del aire (media diaria, extremos) (%), nubosidad (octavos de cielo cubierto), acumulado de precipitaciones (mm) y velocidad del viento ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Se consideraron los rangos térmicos de las especies comerciales claria (*Claria gariepinus*), tilapia (Géneros *Oreochromys* y *Tilapia*), tenca (*Tinca tinca* L.) y carpa (*Cyprinus carpio* L.). Se observó que los fenómenos meteorológicos con mayores impactos negativos resultaron las lluvias intensas y la sequía. Se presentaron rangos de temperatura del agua adecuados para el desarrollo de las cuatro especies. Además se constató que esta variable tiene una asociación positiva tanto con la temperatura del aire (extremas y medias) como con el acumulado de precipitaciones. También se observó una correlación negativa entre la humedad relativa del aire (extremos y medios) y la velocidad del viento.

**Palabras clave:** Agrometeorología, embalses, estratificación térmica, OD, especies comerciales.

**ABSTRACT:** In order to characterize variables and relevant meteorological phenomena that affect inland aquaculture, reservoirs from Villa Clara and Santiago de Cuba province were selected. To determine the influence of the variables, water temperature (°C) and oxygen concentration ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) were studied at different depths and from the meteorological point of view, extreme air temperatures (maximum and minimum) (°C), average air temperature (°C), relative humidity (average daily, extremes) (%), cloudiness (eighth of covered sky), accumulated precipitation (mm) and wind speed ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ). The thermal ranges of the commercial species clary (*Claria gariepinus*), tilapia (*Oreochromys* and *Tilapia*), tench (*Tinca tinca* L.) and carp (*Cyprinus carpio* L.) were considered. It was observed that the meteorological phenomena with greater negative impacts resulted in heavy rains and drought. Water temperature ranges suitable for the development of the four species were presented. In addition, it was found that this variable has a positive association both with the air temperature (extreme and medium) and with the accumulated rainfall. A negative correlation was also observed between the relative humidity of the air (extremes and means) and the wind speed.

**Key words:** agrometeorology, reservoir, temperature and oxygen.

\*Autora para correspondencia: Ismabel María Domínguez-Hurtado. E-mail: [ismabel.dominguez@vcl.insmet.cu](mailto:ismabel.dominguez@vcl.insmet.cu)

Recibido: 01/08/2018

Aceptado: 24/01/2019

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura (o acuíicultura) es la cría de organismos acuáticos en entornos de agua dulce o salada y es considerada como una actividad agrícola, a pesar de las diferencias. Esta también recibe el impacto de las variaciones en el clima y el tiempo atmosférico. De acuerdo con [Cochrane, et al., \(2012\)](#) el cambio climático, al producir trastornos en las redes tróficas marinas y de aguas dulces, altera la estacionalidad de algunos procesos biológicos. Además, el riesgo de invasiones de especies y la difusión de enfermedades de transmisión vectorial se encuentran identificados como consecuencias de estas modificaciones.

[Mari \(1982\)](#) señala dentro de las problemáticas que afectan la acuicultura en aguas interiores, específicamente dentro de los factores técnicos, que *“los embalses cubanos en su mayoría sirven como control y almacenamiento del agua, por lo que pueden situarse como del tipo multipropósito. El nivel de las aguas fluctúa considerablemente, en dependencia de las condiciones climatológicas propias de la región y de la demanda que existe”*.

Aunque los datos meteorológicos son actualmente usados en cría de peces, sólo se cuentan algunos intentos de organizar las acciones para la adquisición y aplicación de estos de manera tal que también puedan servir como una herramienta para la práctica de dicha actividad y a su vez; se conviertan en parte del entrenamiento de los científicos dedicados a esta rama ([World Meteorological Organization \(WMO\), 2013](#)). Se hace necesario organizar los esfuerzos para definir las relaciones entre los datos meteorológicos y la producción agrícola y acuícola. En la pesca, la mayor prioridad quizás está dada en predecir la influencia que tiene los efectos del cambio climático sobre la producción.

En la acuicultura, el énfasis debe estar orientado a desarrollar mayores conocimientos de las relaciones entre variables meteorológicas, calidad de las aguas y la producción. Algunos temas particularmente importantes incluyen el

efecto de la circulación inducida del viento sobre la calidad del agua; el desarrollo de servicios que pudieran arrojar información sobre modelos de oxígeno disuelto para incorporarlos a la información de pronóstico del tiempo y la aplicación de nuevas tecnologías para medir la biomasa de fitoplancton, tal como imágenes satélite, modelos predictivos de las conductas de alimentación de los peces basados en los datos meteorológicos y la calidad de las aguas, o variaciones a más corto plazo en la temperatura del agua sobre el crecimiento de las especies cultivadas ([World Meteorological Organization \(WMO\), 2013](#)).

A nivel mundial, al igual que en Cuba, si bien existen estudios que vinculen la influencia del tiempo atmosférico y el clima sobre la acuicultura y pesca, estos fundamentalmente se centran en el medio marino. La Sociedad Internacional de Meteorología Agrícola solamente menciona los ejemplos de aplicaciones en la India donde los investigadores de este país afirman que un prolongado fotoperiodo mejora la fertilidad de la hembra adulta Catla (*Catla catla* F. Hamilton, 1822), la carpa india de agua dulce ([International Society of Agriculture Meteorology \(INSAM\), 2015](#)). En Cuba, se encuentran las investigaciones llevadas a cabo por [Fonticiella \(2010\)](#) relacionadas con la evaluación de catástrofes en la acuicultura, para los casos de afectaciones por lluvias intensas y el análisis de [Silveira \(2010\)](#), quien describe la sequía como emergencia ambiental importante, en particular en la acuicultura cubana e ilustra algunos de los efectos que ocasionan eventos intensos de este tipo en la cría de los animales acuáticos. Otras experiencias aplicadas a la maricultura en el ámbito nacional pueden encontrarse en los trabajos de [García \(1976\)](#); [Alfonso et al. \(1955\)](#), [Hernández et al. \(1995\)](#), [Alfonso et al. \(2000\)](#), [Hernández \(2002\)](#), [Puga et al. \(2010\)](#), [Betanzos et al. \(2010\)](#), [Piñeiro y Cobas \(2010\)](#), [Pérez - Santos \(2011\)](#), [Garcés et al. \(2012\)](#), [Alzugaray \(2015\)](#), [Garcés - Rodríguez et al. \(2016\)](#) y [Masjuán et al. \(2017\)](#).

De ahí que se ha planteado que con el conocimiento de las causas y consecuencias de los efectos de los fenómenos y las variables meteorológicas sobre la acuicultura en Cuba, es posible trazar las estrategias y medidas para adaptarse a los mismos. Entonces, el objetivo de este trabajo es caracterizar las variables y fenómenos meteorológicos relevantes que afectan dicha actividad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara y para el mismo se analizaron embalses de esta provincia y de Santiago de Cuba, cuyas características aparecen en la [tabla 1](#).

En la [tabla 2](#) se resumieron los períodos analizados por cada uno de los embalses.

Se presenta a continuación una descripción general de los embalses objeto de estudio. No se tomaron como referentes los sistemas de explotación de agricultura familiar (acuicultura popular), por lo que los análisis se enfocaron hacia áreas de la producción estatal. Las mismas cuentan con las mayores producciones tanto de captura como de rendimientos, presentan las mejores características para el alevinaje, cría

intensiva y extensiva y explotación de las especies que se cultivan en la zona, entre ellas citamos tilapias (*Oreochromis* spp.), tencas (*T. tinca* L.), clarias (*Clarias* spp.), amuras (*Ctenopharyngodon idella*) y carpas (*C. carpio* L.).

## Descripción de las áreas de estudios

### Provincia Villa Clara

#### Embalse Agabama

Se localiza a 14 km al SSE de la ciudad de Santa Clara. Posee un espejo de 0.37 km<sup>2</sup> y un volumen 4 hm<sup>3</sup>. Represa las aguas del río Agabama. Sin referencias respecto a pesca deportiva ([León, 2011](#)).

#### Embalse Hanabanilla

La presa Hanabanilla fue construida en el año 1960. Es el principal suministrador de agua de las provincias de Cienfuegos y Villa Clara. Presenta un área de cuenca de 191.6 km<sup>2</sup>, con un largo de cortina de 0.420 km y un nivel de agua normal de 286 hm<sup>3</sup>. Es considerada una presa de tipo mixta, porque además de abasto de agua se dedica al riego y al cultivo de peces. En ella se localiza además la trucha (*Micropterus salmoides floridanus*) de interés para la pesca deportiva ([Pis et al., 2008](#)).

**Tabla 1.** Embalses seleccionados de la provincia de Villa Clara (Unidad de medida hm<sup>3</sup>)

| No        | Embalse     | Volumen total | Entrega garantizada |
|-----------|-------------|---------------|---------------------|
| 1         | Hanabanilla | 286,00        | 128,500             |
| 2         | Minerva     | 123,00        | 95,000              |
| 3         | Palmarito   | 80,00         | 28,900              |
| 4         | Manicaragua | 4,40          | 3,800               |
| 5         | Agabama     | 3,981         | 6.692               |
| Provincia |             | 1012.331      | 781.920             |

Fuente: Empresa de Aprovechamiento Hidráulicos Villa Clara. Registro Oficial, Balance de Agua 2013. ([Cuba, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente \(CITMA\). Delegación Provincial de Villa Clara, 2013](#)).

**Tabla 2.** Períodos de datos por embalses

| Nombre del embalse | Años   |      | Total |
|--------------------|--------|------|-------|
|                    | Inicio | Fin  |       |
| Hanabanilla        | 2006   | 2016 | 11    |
| Minerva            | 2002   | 2016 | 15    |
| Palmarito          | 2002   | 2016 | 15    |
| Manicaragua        | 2006   | 2016 | 11    |
| Agabama            | 2002   | 2016 | 15    |

#### *Embalse Manicaragua*

Se encuentra situado en la provincia de Villa Clara, a 44 km de la capital de la misma hacia el sur. Abastece de agua a la población del municipio del mismo nombre.

#### *Embalse Minerva*

Se construyó en 1975, con una capacidad inicial de 123 millones de m<sup>3</sup> de agua, que han disminuido considerablemente, debido entre otros fenómenos, al asolvamiento o colmatación del vaso por deposición de sedimentos en su fondo. Se encuentra situada a las afueras y al este de la ciudad de Santa Clara, en la carretera que conduce a Camajuaní, en la provincia de Villa Clara. En las aguas de la presa se hallan tilapias, truchas, carpas, crisoles, tencas, peces gato y barbudos, los cuales incursionan por el río. En este, hay también biajacas. En su centro de observan cayos con restos de bosques, relictos de la inundación del valle por el espejo de agua ([Ameliah, 2015](#))

#### *Embalse Palmarito*

Ubicado en la parte alta de la cuenca en el río Sagua la Grande, en el lugar conocido como Palmarito, a unos 10 km al suroeste de la ciudad de Santa Clara, provincia de Villa Clara. Su objetivo inicial fue el riego de caña, siendo posteriormente modificado como una fuente potencial de entrega en el abasto a Santa Clara con vistas a la desvinculación futura del Sistema de Abasto desde el embalse Paso Bonito proveniente de la provincia de Cienfuegos por estar deteriorado y poseer altos consumo energético y baja eficiencia en el suministro de agua debido a las sistemáticas roturas en las conductoras ([Álvarez et al., 2017](#)).

El embalse posee una cortina de núcleo con 2426 m de longitud y altura máxima de 29.0 m, con una estación de bombeo ubicada en la cola del embalse con un volumen muerto para esta actividad de 25 hm<sup>3</sup> ([Portal, 2017](#); [Álvarez et al., 2017](#)).

### **Provincia Santiago de Cuba**

#### *Embalse Protesta de Baraguá*

Ubicada en el municipio Mella y se alimenta de las aguas del río Cauto. La capacidad total de este embalse alcanza los 250 hm<sup>3</sup>, mientras que su capacidad útil es de 209 hm<sup>3</sup>. Fue terminada en 1980 y su propósito, básicamente agrícola, se

dirige hacia los cultivos de arroz y caña. En ella se localiza la Unidad Empresarial de Base (UEB) ACUINOR Municipio Mella ([Lora, 2018](#)).

#### *Embalse Carlos Manuel de Céspedes*

Localizada en el municipio Contramaestre, recibe aguas del río del mismo nombre. Tiene una capacidad total de 245 hm<sup>3</sup> y útil de 215 hm<sup>3</sup>. Se terminó en 1967 y sus propósitos fundamentales son el abasto a la población y la agricultura ([Lora, 2018](#)).

### **Análisis de los fenómenos meteorológicos**

Se realizó una revisión bibliográfica sobre los antecedentes nacionales e internacionales más actuales, para lo cual se consultaron diferentes fuentes de información (normas, reportes técnicos, revistas especializadas, memorias de conferencias y simposios). Además, se realizaron visitas técnicas a los embalses objeto de estudio.

### **Caracterización de las variables meteorológicas**

#### *Evaluación de las características térmicas*

La caracterización de los perfiles térmicos en los embalses se hizo a partir de los datos de temperatura del agua, para lo cual se tomaron muestras *in situ* en la superficie y a continuación metro a metro hasta el fondo en un perfil ubicado en el punto de toma del embalse.

Para el análisis de la variable se consideraron los rangos térmicos de las especies comerciales claria (*Claria gariepinus*), tilapia (Géneros *Oreochromys* y *Tilapia*), tenca (*Tinca tinca* L.) y carpa (*Cyprinus carpio* L.). El criterio para la selección se sustentó en los volúmenes comerciales declarados por la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI) ([Centro de Gestión de la Información Económica, Medioambiental y Social, 2016](#)).

#### *Evaluación del oxígeno de los embalses*

Se emplearon las variables:

- Año,
- Mes,
- Día,
- Profundidad (m)
- Concentración de oxígeno disuelto (mg·L<sup>-1</sup>)

Para la toma de muestras se siguió el procedimiento anterior y el oxígeno disuelto se determinó por el método *Winkler* <sup>1</sup>. Para la



evaluación de las consecuencias de la concentración del gas sobre los animales se empleó la clasificación propuesta por [Goyenola \(2007\)](#), la cual se muestra en la [tabla 3](#).

Se calcularon los estadísticos descriptivos para cada uno de los embalses

### Relación entre variables meteorológicas

Este análisis se desarrolló utilizando como referencia el embalse Minerva, seleccionado por su proximidad a la estación 78343 ([tabla 4](#)).

Las variables meteorológicas seleccionadas fueron:

- Temperaturas extremas del aire (máxima y mínima) (°C),
- Temperatura media del aire (°C),
- Humedad relativa del aire (media diaria, extremos) (%),
- Acumulado de precipitaciones (mm),
- Nubosidad media (octavos de cielo cubierto),
- Velocidad del viento ( $\text{m s}^{-1}$ ).

La escala temporal de trabajo fue diaria.

Se realizó un análisis de correlación de acuerdo con el coeficiente  $\rho$  de Spearman, que es más robusto y se recomienda si los datos no provienen necesariamente de una distribución normal bivariada. También se hizo un estudio de componentes principales para visualizar la

relación de las variables medidas más correlacionadas.

El análisis de los datos fue desarrollado mediante la herramienta *R* de [R Core Team \(2018\)](#).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales fenómenos meteorológicos que impactan la producción acuícola en Cuba son las lluvias intensas (asociadas o no a ciclones tropicales) y la sequía. Lo anterior coincide con varios autores, quienes reconocen estos fenómenos como peligrosos para la actividad. En la [figura 1](#) aparecen los niveles de captura de las especies de interés en Cuba.

En estudios desarrollados en la India por [Dubey et al. \(2017\)](#), según encuestas, los ciclones fueron los fenómenos que más afectaron la acuicultura de agua dulce; subsecuentemente a estos, las inundaciones costeras y la subida del nivel del mar, que condujeron acumulativamente a la intrusión de la salinidad, seguido por el aumento de las temperaturas y la sequía.

En el primero de los casos, la influencia de las lluvias intensas se manifiesta de múltiples formas en un reservorio que va desde el aporte desmesurado de materia orgánica e inorgánica al embalse, como los asolvamientos que produce y el lavado que hace del volumen total cuyas consecuencias no son fáciles de determinar ([Fonticiella, 2010](#)).

**Tabla 3.** Rangos de concentración de oxígeno disuelto y consecuencias ecosistémicas frecuentes.

| [OD] $\text{mg L}^{-1}$ | Condición     | Consecuencias                                                                                     |
|-------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0                       | Anoxia        | Muerte masiva de organismos aerobios                                                              |
| 0 - 5                   | Hipoxia       | Desaparición de organismos y especies sensibles                                                   |
| 5 - 8                   | Aceptable     | [OD] adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos. |
| 8 - 12                  | Buena         |                                                                                                   |
| > 12                    | Satisfactoria | Sistemas en plena producción fotosintética.                                                       |

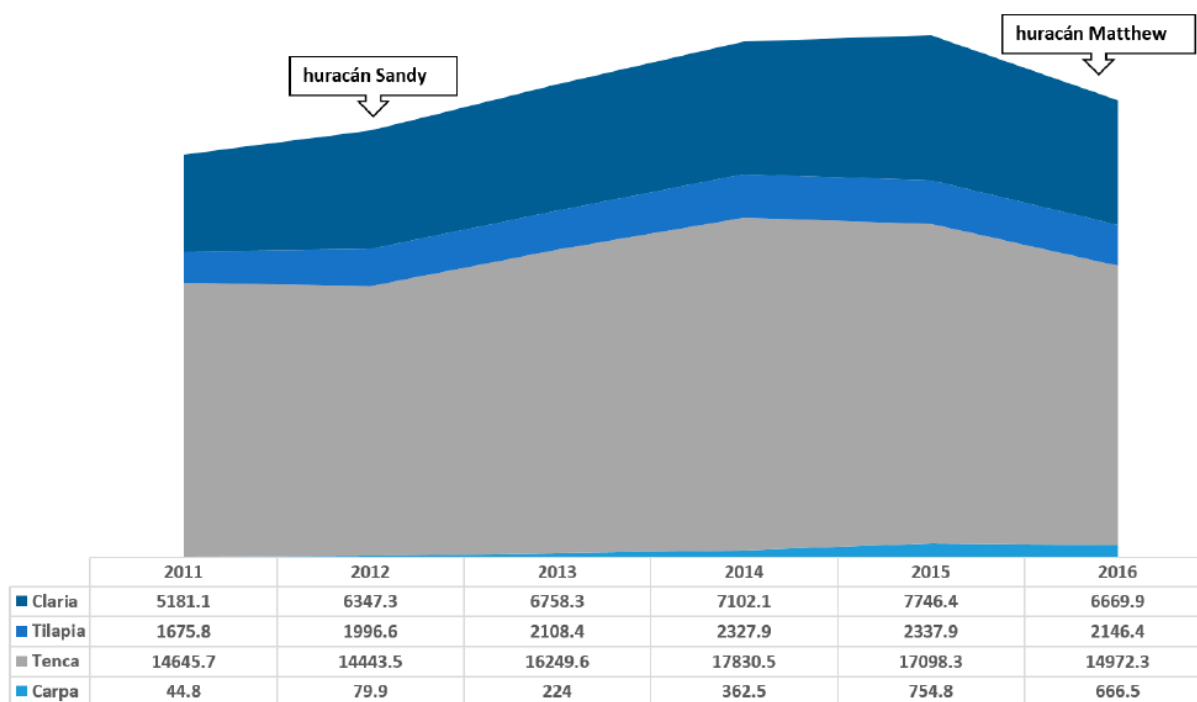
Fuente: ([Goyenola, 2007](#)).

**Tabla 4.** Estaciones meteorológicas de la provincia de Villa Clara.

| Código | Nombre | Municipio   | Latitud    | Longitud   | Altura (m) |
|--------|--------|-------------|------------|------------|------------|
| 78343  | Yabú   | Santa Clara | 22° 27'41" | 79° 59'29" | 116.44     |

Fuente: Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara (2016).

<sup>1</sup>La muestra obtenida se trata con sulfato manganoso ( $\text{MnSO}_4$ ), hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) y yoduro de potasio ( $\text{KI}$ ), estos dos últimos reactivos combinados en una solución única. Finalmente se acidifica con ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Inicialmente se obtiene un precipitado de hidróxido manganoso,  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ , que se mezcla con el OD presente en la muestra para formar un precipitado carnalito de hidróxido mangánico,  $\text{MnO}(\text{OH})_2$ . Con la acidificación, el hidróxido mangánico forma el sulfato mangánico que actúa como agente oxidante para liberar yodo del yoduro de potasio. El yodo libre es el equivalente estequiométrico del OD en la muestra ([Ramos et al., 2002](#)).



**Figura 1.** Niveles de captura de las especies de interés.

De acuerdo con este autor, la fuga de peces de los embalses por el aliviadero cuando ocurren altos vertimientos por intensas lluvias están determinadas en primer lugar por la cantidad de peces de todos los tamaños presentes en el embalse en el momento del evento y en segundo lugar por la intensidad del fenómeno meteorológico en sí, es decir por la cantidad de agua vertida en el tiempo de duración.

Por otra parte, entre los efectos de la sequía en la producción agrícola, la ganadería, la silvicultura y la pesca, que tienen una repercusión económica, se resalta dentro de los indicadores la pérdida de la producción pesquera: daño al hábitat de los peces, pérdida de peces y otros organismos acuáticos debido a la disminución de los flujos de agua ([Ponvert-Delisle y Dámaso, 2016](#)).

Durante intensas sequías, la poca disponibilidad de agua y como consecuencia la pobre calidad de la misma, influye negativamente en la producción de larvas y alevines para la piscicultura. En el caso de los reservorios objeto de estudio, para Agabama (provincia de Villa Clara), los muestreos correspondientes a mayo de 2013 y noviembre de 2016 no se realizaron debido a que este se encontraba deprimido.

La sequía limita las posibilidades de sembrado en embalses y microembalses con bajo volumen

de agua, provoca la muerte de peces por esa causa y propicia la aparición de enfermedades. Se disminuyen en general las condiciones higiénicas, por la escasez de agua, lo que puede atentar con la inocuidad del producto final.

De acuerdo con el [Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO \(2012\)](#), entre los tipos de desastres que afectan al sector pesquero y acuícola, se citan catástrofes naturales tales como tormentas, ciclones con las consiguientes inundaciones y mareas, tsunamis, terremotos, sequías, crecidas y corrimientos de tierras. Específicamente para la región de Latinoamérica y el Caribe, dentro los mayores problemas enfrentados por la actividad se encuentran los de tipo ambiental y al referirse a la escasez o variación de los recursos hídricos, la acuicultura tendría que competir con otros usuarios del agua y del espacio, y en los casos de inundaciones o fenómenos extremos, los riesgos de esta industria se verán exponencialmente aumentados en cuanto a sus instalaciones, así como el escape de especies cultivadas e invasión de otras no deseadas (Rodríguez y Flores, 2014).

En los años analizados, del 2002 en adelante comenzó un periodo de sequía que se extendió hasta el 2004, reconocido como uno de los más intensos ocurridos hasta la fecha. El evento acontecido desde mayo del 2003 a abril de 2005

(24 meses consecutivos), constituye uno de los más intensos que se haya conocido, desde que se dispone de registros confiables de lluvia en el país, el cual tuvo un gravísimo impacto en amplios sectores de la sociedad, la economía y el medio ambiente. Estadísticas oficiales, afirman que los daños directos a la economía, originados por este evento rebasaron los 1.4 mil millones de dólares norteamericanos. El déficit del año hidrológico mayo 2004 - abril 2005, califica como el más significativo desde 1962 para Cuba y en particular para sus regiones central y oriental, mientras que el déficit acumulado en estos dos últimos años fue el más significativo para la región oriental, incluyendo Las Tunas (Ponvert-Delisle y Dámaso, 2016).

El mismo fue interrumpido por el paso de *Dennis* el 8 de julio de 2005, huracán categoría 4 que recorrió el sur de Cienfuegos con movimiento oeste noroeste con abundantes precipitaciones. Igualmente, septiembre y octubre de ese año fueron particularmente lluviosos.

En el 2006, el paso próximo de la tormenta tropical *Ernesto*, no tuvo mayores consecuencias para la actividad. En el 2007 no hubo afectaciones por ciclones tropicales hasta el 2008, donde la temporada fue clasificada como activa. Primeramente en agosto (17 y 18) se recibió la afectación de la tormenta tropical *Fay*, cercana a Matanzas, la cual no provocó reportes de viento notables, pero si lluvias intensas. Posteriormente la proximidad del huracán *Gustav* provocó algunas lluvias, al que le siguió *Ike* con acumulados relevantes. El periodo comprendido entre los años 2009, 2010, 2011 se produjo un proceso de sequía.

Luego, durante mayo de 2012, como evento meteorológico de interés para la acuicultura se produjeron lluvias intensas, no asociadas al paso de ciclón y posteriormente el ciclón *Sandy*, organismo que si bien no afectó directamente a la

provincia de Villa Clara, se unió a los efectos de un frente en disipación al norte de la región central, que se estacionó, seguido por el retorno anticiclónico.

En la [tabla 5](#) se muestran los valores de los estadígrafos descriptivos por embalses para la provincia de Villa Clara.

Esta variable disminuye a medida que aumenta la profundidad y para sus variaciones interanuales el valor de significación de *F* en la tabla de ANOVA (ver [tabla 6](#)) es inferior a 0.001. Entonces, se rechaza la hipótesis de que las medias son iguales, por lo que en todos los embalses estudiados existen diferencias significativas entre los años analizados.

Estas variaciones pueden ser atribuidas a las particularidades descritas en el acápite anterior. De acuerdo con Sánchez (2000) citado por [Comas et al. \(2017\)](#), el embalse Hanabanilla sigue un patrón de distribución térmica de tipo monomítico y si se tienen en cuenta las características físico - químicas del agua, lo clasifica como oligotrófico - mesotrófico.

En la [tabla 7](#) aparecen los rangos de temperatura por especies de interés, los cuales fueron empleados para la evaluación del estrés físico ocasionado por los cambios en esta variable sobre algunas especies de interés comercial.

[Auro y Ocampo \(1999\)](#) mencionan que los efectos de valores de temperatura por arriba o abajo del rango de seguridad en los peces ha sido muy estudiado, aunque es probable que dicha consecuencia se deba a la disminución del oxígeno disuelto en el agua, cuando la temperatura se eleva. Estos autores señalan que el epitelio lamelar de las branquias se presenta encogido y las células pilares colapsadas cuando se expuso a la tilapia, a algunos cyprinodóntidos, a la perca y a la trucha Arcoiris, a temperaturas entre 30°C y 45°C. En el presente caso, las

**Tabla 5.** Estadísticos descriptivos. Temperatura del agua (°C) por embalses, Villa Clara.

| Embalse     | N   | Rango | Mínimo | Máximo | Media  | Desviación estándar |
|-------------|-----|-------|--------|--------|--------|---------------------|
| Agabama     | 236 | 8.0   | 21.8   | 29.8   | 25.319 | 1.7892              |
| Hanabanilla | 284 | 12.0  | 22.0   | 34.0   | 25.686 | 1.8379              |
| Minerva     | 258 | 7.2   | 23.0   | 30.2   | 26.124 | 1.6610              |
| Manicaragua | 112 | 10.2  | .8     | 11.0   | 4.168  | 2.0164              |
| Palmarito   | 133 | 11.0  | 23.0   | 34.0   | 27.503 | 2.3081              |



**Tabla 6.** Tabla ANOVA (Temperatura del agua vs año).

| Embalse     |                         | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Media cuadrática | F      | Sig. |
|-------------|-------------------------|-------------------|--------------------|------------------|--------|------|
| Agabama     | Entre grupos (Conjunto) | 359.957           | 14                 | 25.711           | 14.483 | .000 |
|             | Dentro de grupos        | 392.321           | 221                | 1.775            |        |      |
|             | Total                   | 752.278           | 235                |                  |        |      |
| Hanabanilla | Entre grupos (Conjunto) | 594.934           | 10                 | 59.493           | 44.984 | .000 |
|             | Dentro de grupos        | 361.057           | 273                | 1.323            |        |      |
|             | Total                   | 955.991           | 283                |                  |        |      |
| Manicaragua | Entre grupos (Conjunto) | 400.365           | 10                 | 40.036           | 20.560 | .000 |
|             | Dentro de grupos        | 204.464           | 105                | 1.947            |        |      |
|             | Total                   | 604.829           | 115                |                  |        |      |
| Minerva     | Entre grupos (Conjunto) | 221.117           | 14                 | 15.794           | 7.866  | .000 |
|             | Dentro de grupos        | 487.939           | 243                | 2.008            |        |      |
|             | Total                   | 709.056           | 257                |                  |        |      |
| Palmarito   | Entre grupos (Conjunto) | 510.890           | 14                 | 36.492           | 22.394 | .000 |
|             | Dentro de grupos        | 192.289           | 118                | 1.630            |        |      |
|             | Total                   | 703.179           | 132                |                  |        |      |

especies estudiadas se desarrollan en un rango térmico amplio y para la tilapia, esto concuerda con lo planteado por [Cantor \(2007\)](#), quien clasifica a la especie como euriterma.

Otra característica observada es que la amplitud de la oscilación térmica en los embalses estudiados se encuentra dentro de los intervalos óptimos para el desarrollo de las especies seleccionadas, según las categorías revisadas en la literatura. De ahí que si se atiende a la temperatura del agua, no deben esperarse efectos meteoro - trópicos negativos sobre los animales y por tanto, sobre los indicadores productivos.

En la [tabla 8](#) aparecen los estadígrafos descriptivos para la disponibilidad de oxígeno por embalses.

En general, se observó al explorar la relación entre la cantidad de oxígeno con las demás variables que existe correlación significativa entre el gas y la profundidad a medida que se descende en profundidad disminuye la cantidad del mismo. Respecto a la temperatura hay correlación positiva con la cantidad de oxígeno. No obstante las características comunes, existen particularidades por embalses.

Para el embalse Agabama, la media de esta variable es de  $3.40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  con una desviación típica de  $2.02 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , oscila desde los 0.20 hasta los  $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  y respecto a la profundidad de la presa esta se encuentra entre los 0 hasta los 26 m.

Mayo resultó el mes más favorable de acuerdo con la evaluación de la disponibilidad de oxígeno. Se observa una concentración de situaciones de hipoxia mayor en los meses de noviembre respecto los meses de mayo, en detrimento de las buenas condiciones. No se notaron eventos de anoxia en ninguno de los periodos analizados.

La presa Hanabanilla muestra una media de  $4.82 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  con una desviación típica de  $2.18 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . Esta variable oscila desde los 0 hasta los  $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  y respecto a la profundidad de la presa esta se encuentra entre los 0 hasta los 32 m.

Es este embalse el único de los analizados donde se observaron tres eventos de anoxia ([tabla 9](#)), todos ocurridos durante el mes de mayo.

De acuerdo con la literatura, dentro de las causas posibles de anoxia en la mayoría de los casos, el oxígeno no puede llegar a los niveles más profundos por una barrera física.

Desde el punto de vista meteorológico, el día 12 del mes citado ocurrieron aislados chubascos en el interior y sur de las regiones occidental y oriental, más escasos en el resto del territorio. Esta situación estuvo en correspondencia con los procesos convectivos asociados al calentamiento diurno y a la convergencia de las brisas, por lo que no ofrece elementos a los cuales pueda atribuirse la situación descrita; sin embargo, de acuerdo con el estado general, durante el día 20

**Tabla 7.** Rangos de temperaturas por especies comerciales.

| Nombre vulgar | Nombre científico                | Temperaturas para el desarrollo |                           |         | Fuente                                                                                  |
|---------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|               |                                  | Mínimo                          | Óptimo                    | Máximo  |                                                                                         |
|               |                                  | 18                              | 29                        |         | <a href="#">Cantor (2007)</a>                                                           |
|               | <i>Oreochromis spp.</i>          |                                 | 26 - 29                   |         | Pompa y Green (1990)<br>citados por <a href="#">Marcillo (2015)</a>                     |
|               |                                  |                                 | 25 - 30                   |         | <a href="#">Meyer (2015)</a>                                                            |
|               |                                  | 21                              | 25 - 30 (Desove)          |         | <a href="#">Cantor (2007)</a>                                                           |
|               |                                  | 14                              | 28 - 32                   | 34 - 36 | <a href="#">Saavedra (2006)</a>                                                         |
|               | <i>O. aureus</i>                 |                                 | 23 - 28<br>(reproducción) |         |                                                                                         |
|               |                                  | 8 - 9<br>(cultivo)              | 25 - 30 (Cultivo)         |         |                                                                                         |
| Tilapia       | <i>O. niloticus</i>              | 11 (cultivo)                    | 25 - 30 (cultivo)         |         |                                                                                         |
|               |                                  |                                 | 25 - 29<br>(reproducción) |         | <a href="#">International Center for Aquaculture and Aquatic Environmental (2012)</a>   |
|               |                                  | 8 - 12                          | 31 - 36                   | 42      |                                                                                         |
|               | <i>O. mossambicus</i>            |                                 | 23 - 28<br>(reproducción) |         |                                                                                         |
|               |                                  | 10 - 12<br>(cultivo)            | 25 - 30 (cultivo)         |         |                                                                                         |
|               | <i>T. rendalli</i>               |                                 | 25 - 30<br>(reproducción) |         |                                                                                         |
|               |                                  | 12 - 13                         | 28 (cultivo)              |         |                                                                                         |
| Tenca         | <i>T. tinca</i> (Linnaeus, 1758) |                                 | 18 - 20 (22 - 28, larvas) |         | González (2015)                                                                         |
|               |                                  |                                 | 18 - 20<br>(reproducción) |         | <a href="#">Rodríguez et al. (2006)</a>                                                 |
| Claria        | <i>C. gariepinus</i>             |                                 | 25 - 30                   |         | <a href="#">Peteri (2004)</a>                                                           |
| Carpa         | <i>C. carpio L.</i>              | 14                              |                           | 35      | <a href="#">Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2004)</a> |
|               |                                  | 17                              |                           | 24      |                                                                                         |

Fuente: Tabla elaborada por los autores.

**Tabla 8.** Estadísticos descriptivos. Disponibilidad de oxígeno ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) por embalses, Villa Clara.

| Embalse     | N   | Rango | Mínimo | Máximo | Media  | Desviación estándar |
|-------------|-----|-------|--------|--------|--------|---------------------|
| Agabama     | 233 | 9.8   | .2     | 10.0   | 3.397  | 2.0224              |
| Hanabanilla | 283 | 10.0  | .0     | 10.0   | 4.821  | 2.1918              |
| Manicaragua | 116 | 14.5  | 23.5   | 38.0   | 27.203 | 2.2933              |
| Minerva     | 258 | 9.4   | .4     | 9.8    | 4.719  | 2.1131              |
| Palmarito   | 133 | 6.0   | 3.4    | 9.4    | 5.702  | 1.0334              |

de 2013 se reportaron lluvias asociadas al calentamiento vespertino, la convergencia de brisas en la tarde y estimuladas por el alto contenido de humedad en los niveles bajos de la troposfera. Dadas las diferencias, no se puede ser

concluyente respecto a la vinculación entre la situación meteorológica y los eventos anóxicos.

Los estadísticos descriptivos para la presa Manicaragua muestran una media de  $4.17 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  con una desviación típica de  $2.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , esta

**Tabla 9.** Resumen de casos de anoxia. Embalse Hanabanilla.

| Fecha |      |     | Profundidad (m) |
|-------|------|-----|-----------------|
| Año   | Mes  | Día |                 |
| 2009  | mayo | 12  | 26              |
| 2013  | mayo | 20  | 20              |
| 2013  | mayo | 20  | 22              |

variable oscila desde los 0.80 hasta los 11  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , respecto a la profundidad de la presa; esta se encuentra entre los 0 hasta los 12 m. Respecto a la evaluación de la variable, al igual que sucede con los envases anteriores, predominan las condiciones de hipoxia en los dos momentos del año mostrados en la figura (mayo y noviembre). Específicamente en el quinto mes del año se favorecen las condiciones evaluadas como aceptables en comparación con el mes de noviembre. También en este embalse puede distinguirse que en ambos periodos del año existen buenas circunstancias en cuanto a la disponibilidad de oxígeno en el agua.

La media de la disponibilidad de oxígeno es de 4.72  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  para el caso de la presa Minerva, con una desviación típica de 2.11  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , esta variable oscila desde los 0.40 hasta los 9.80  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , respecto a la profundidad de la presa, que se encuentra entre los 0 hasta los 28 m.

Desde el punto de vista de evaluación de condiciones mediante esta variable, para el caso del envase Minerva se observa un predominio de condiciones aceptables. Para este reservorio, las condiciones de hipoxia disminuyen en el mes de noviembre respecto al mes de mayo y aumenta las evaluadas como buenas.

La media de la cantidad de oxígeno es de 5.7  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  con una desviación típica de 1.03  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , esta variable oscila desde los 3.40 hasta los 9.40  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , respecto a la profundidad de la presa esta se encuentra entre los 0 hasta los 12 m.

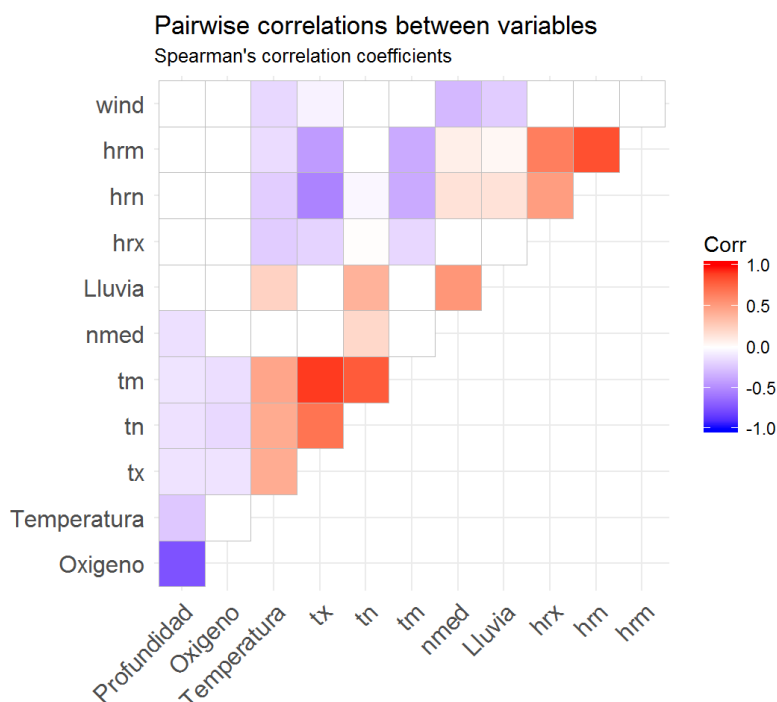
Para el caso del embalse Palmarito, la distribución por rango de la concentración de oxígeno disuelto mantiene las buenas condiciones en los meses de mayo y noviembre. En este último mes se observa un incremento de las condiciones de hipoxia y la desaparición de las buenas condiciones si se compara con los meses de mayo.

Resultados similares obtuvieron [Betancourt et al. \(2009\)](#) en el análisis de los patrones de distribución temporal de algunas variables físicas

y químicas en el embalse Paso Bonito, Cienfuegos, Cuba.

Otro indicador del estado trófico del sistema lo constituye la concentración de  $\text{O}_2$ . En aguas eutróficas poco profundas, el oxígeno no suele decaer peligrosamente en profundidad ya que la turbulencia producida por el viento es capaz de distribuir este gas por toda la capa de agua, aunque el sedimento permanezca anóxico. En lugares con diferencias térmicas marcadas entre el día y la noche el transporte vertical de  $\text{O}_2$  puede hacerse durante la noche cuando las aguas oxigenadas de la superficie se enfrían y descienden hacia el fondo. Sin embargo, cuando aumenta la profundidad, el riesgo de formación de un hipolimnion anóxico estable también aumenta. En los sistemas hipereutróficos el oxígeno se encuentra sobresaturado en superficie, pero la acumulación de materia orgánica y su respiración en el fondo es tan elevada que se puede llegar a valores críticos de anoxia, incluso a unos pocos metros de profundidad ([Alonso, 1984](#)).

El efecto de la temperatura sobre el consumo de  $\text{O}_2$  mostró una relación directamente proporcional, es decir, a mayor temperatura del agua se presentó mayor consumo de  $\text{O}_2$  ([Valbuena y Cruz, 2014](#)). La temperatura del agua puede afectar la obtención de  $\text{O}_2$  por parte de los peces de tres diferentes formas: (i) Provocando un aumento del metabolismo y por lo tanto de los requerimientos de  $\text{O}_2$ ; (ii) Disminuyendo la solubilidad del gas de forma que los animales deban bombear más cantidad de agua a través de las branquias para obtener la misma cantidad de  $\text{O}_2$  y, (iii) Afectando negativamente la afinidad de la hemocianina por el  $\text{O}_2$ , lo cual incrementa la necesidad de  $\text{O}_2$  en el torrente circulatorio del pez ([Sastre et al., 2004](#)).



**Figura 2.** Matriz de correlación Spearman  $\rho$ .

### Relación con variables meteorológicas

El grado de asociación entre variables resultante del análisis de correlación se muestra en la [figura 2](#).

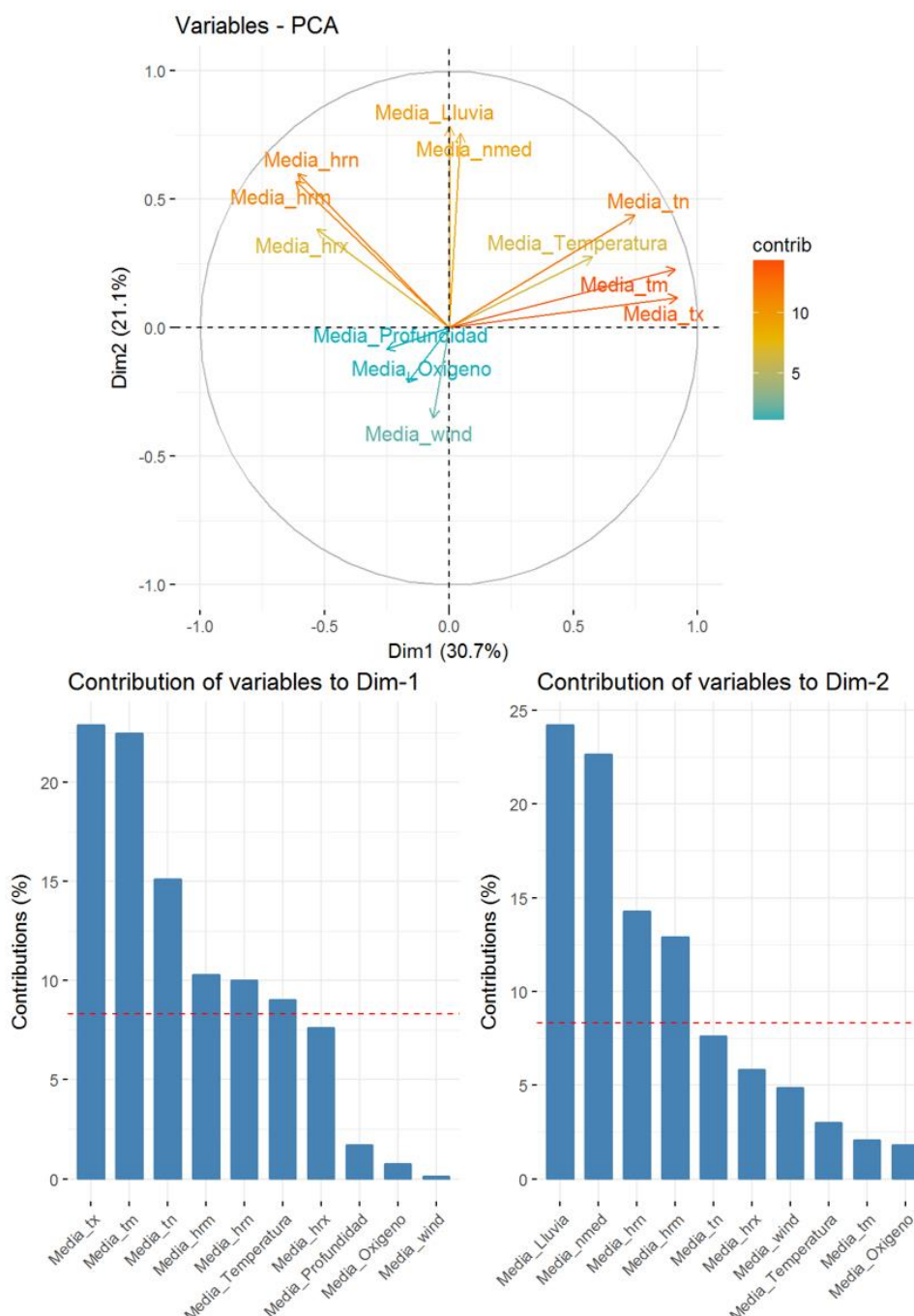
Las asociaciones obtenidas son bajas; debe tenerse en cuenta que las variables fueron obtenidas en condiciones naturales. Las relativas al embalse muestran asociaciones negativas con la profundidad, mucho más manifiesta en el caso del oxígeno disponible. Tales observaciones coinciden con [Ramírez \(2000\)](#), quien plantea, refiriéndose a la transferencia calórica, que en cuerpos de agua poco profundos, debido a que la mayoría del calor es absorbido en las aguas epilimnéticas, una buena parte del mismo es rápidamente devuelto a la atmósfera durante la noche, mas que mezclado en las capas profundas y retenido, determinando así las cargas calóricas anuales; mientras que las aguas profundas tienen una limitada participación, sobre todo en lagos profundos.

La temperatura del agua se encuentra positiva y fuertemente relacionada con la temperatura del aire, tanto en sus valores extremos como medios. En menor grado, también se relaciona positivamente con el acumulado de precipitaciones. La humedad relativa del aire en sus valores extremos conjuntamente con la velocidad del viento tiene correlaciones negativas

débiles con la temperatura del agua. Con la nubosidad media no se observó asociación alguna.

Por otra parte, la concentración de oxígeno en el agua solamente muestra débiles asociaciones con la temperatura del aire (extremas). Estas variables son inversamente proporcionales, lo cual ha sido observado por varios autores como [Massol \(2002\)](#) y [Paredes et al., \(2013\)](#). No obstante, la relación inversa entre temperatura y la concentración de oxígeno disuelto puede verse alterada en ambientes naturales por efecto de los procesos de fotosíntesis y respiración. El oxígeno disuelto es un gas muy relevante en dinámica del agua, su solubilidad, es función de varios factores: temperatura, presión, coeficiente de solubilidad, tensión de vapor, salinidad y composición fisicoquímica del agua, también reportó que el porcentaje de saturación del oxígeno de una agua, depende de la turbulencia, de la superficie de contacto entre el gas y el agua ([Álvarez et al., 2008](#)).

Además, los cambios estacionales generan alteraciones significativas en la temperatura de los cuerpos de agua. Dichas modificaciones en temperatura tendrían a su vez, un efecto sobre los niveles de oxígeno disuelto. Aumentos en la temperatura del agua traen como consecuencia una disminución en los niveles de oxígeno disuelto.



**Figura 3.** Diagrama de componentes principales.

La visualización del análisis de componentes principales aparece en la [figura 3](#). Además, se muestran las contribuciones por dimensiones (factores) en los gráficos de barra a continuación. En la representación, las variables (simbolizadas como vectores desde el origen, rematados en flecha) correlacionadas positivamente se agrupan juntas, mientras que las variables negativamente correlacionadas se ubican en lados opuestos del origen de la trama (cuadrantes opuestos). Al mismo tiempo, la distancia entre las variables y el origen mide la calidad de las variables en el mapa

de factores. El nivel de contribución varía de acuerdo con los colores de las variables.

La línea roja discontinua en los gráficos de barras (Dim - 1, Dim - 2) indica la contribución promedio esperada. Si la contribución de las variables fuera uniforme, el valor esperado sería  $1 \text{ longitud variables} = 1 \text{ } 10 = 10\%$ . Para un componente dado, una variable con una contribución más grande que este límite podría considerarse como importante para contribuir al componente.

Se emplearon dos componentes principales que explican el 51.8% de la variabilidad total de los datos. La componente principal I (Dim - 1) fue la que explicó la mayor proporción de variabilidad (30.7%), para un 21.1% de la Dim - 2.

En la dimensión 1 (Dim - 1), las variables con las mayores contribuciones son la temperatura máxima, mínima y media del aire, conjuntamente con la humedad relativa mínima y media del aire. En la dimensión 2 (Dim - 2) contribuyen mayormente el acumulado medio de precipitaciones, la nubosidad media, la humedad relativa y media mínima del aire.

Los resultados obtenidos desde el criterio práctico para la acuicultura en embalses o presas, pueden contribuir a la mejora en los procesos de planificación, específicamente los planes de producción. Aunque la producción acuícola puede afectarse por disímiles causas de carácter natural, tecnológico o sanitarios, desde el punto de vista agrometeorológico, el énfasis debe estar orientado a desarrollar mayores conocimientos de las relaciones entre variables meteorológicas, calidad de las aguas y la producción.

### CONCLUSIONES

1. Los principales fenómenos meteorológicos que impactan la producción acuícola en Cuba son las lluvias intensas (asociadas o no a ciclones tropicales) y la sequía.
2. Durante los periodos estudiados, en todos los embalses la temperatura de agua no constituye un factor limitante para el desarrollo de las especies seleccionadas, pues se encuentra dentro de los rangos adecuados para las mismas.
3. Solo en un embalse de los analizados, la concentración de oxígeno disponible no supera los  $11.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . Además se observó prevalencia de condiciones de hipoxia en tanto en Manicaragua como en Agabama; mientras que en el resto (Minerva, Palmarito y Hanabanilla) predominan las buenas condiciones. Solamente en Hanabanilla se observan condiciones de anoxia.
4. La temperatura del agua tiene una asociación positiva tanto con la temperatura del aire (extremas y medias) como con el acumulado de precipitaciones; mientras que se observó una correlación negativa entre los valores de la humedad relativa del aire (extremos y medios) y la velocidad del viento. La nubosidad, aunque muestra asociaciones positivas con la temperatura del agua y la concentración de oxígeno, no fue estadísticamente significativa.
5. El análisis multivariado mostró que la temperatura del aire a escala diaria, tanto en sus valores medios como extremos, la humedad relativa del aire fueron las variables más significativas para explicar la variabilidad en el embalse estudiado.

### REFERENCIAS

- Alfonso, I., Frías, M. P. & Baisre, J. E., 2000. Distribución larval de la langosta comercial *Panulirus argus* en relación con algunos factores hidrometeorológicos al Sur de Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 21(1-3), pp. 23-32.
- Alfonso, I., Frías, M. P., Baistre, J. & Hernández, B., 1995. Distribución vertical de filosomas de langosta (*Panulirus argus*) y su relación con algunos factores hidroclimáticos al sur del Golfo de Batabanó. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 19(7), pp. 67-72.
- Alonso, M., 1984. Cuba. Potencial productivo en embalses, s.l.: s.n.
- Álvarez González, M., Álvarez Gil, L. & Vázquez Rodríguez, R., 2017. Visualización científica de datos geodésicos en presas de tierra, caso Embalse Palmarito. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, enero-marzo, Volumen 38, pp. 86-100.
- Álvarez, J. P., Panta, J. E., Ayala, C. R. & Acosta, E. H., 2008. Calidad Integral del Agua Superficial en la Cuenca Hidrológica del Río Amajac. *Información Tecnológica*, 19(6), pp. 21-32.
- Alzugaray, R., 2015. Efectos de los ciclones tropicales sobre el reclutamiento de la langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en el golfo de Batabanó, Cuba, La Habana: s.n.



- Ameliah Maphika, M., 2015. Análisis del Comportamiento Hidráulico y Golpe Ariete en la Conectora Ochoita-Dos Hermanas, Santa Clara: s.n.
- Auro de Ocampo, A. & Ocampo Camberos, L., 1999. Diagnóstico del Estrés en Peces. *Veterinaria Mexicana*, 30(4), pp. 337-344.
- Betancourt, C., Suárez, R. & Toledo, L., 2009. Patrones de distribución temporal de algunas variables físicas y químicas en el embalse Paso Bonito, Cienfuegos, Cuba. *Limnetica*, 28(1), pp. 23-34.
- Betanzos, A. & Arencibia, G., 2010. Tensores naturales y antrópicos al norte de Villa Clara, Cuba, efectos en la producción de ostión (*Crassostrea rhizophorae*, Guilding, 1828). [En línea] Available at: <http://www.oceandocs.org/handle/1834/3628> [Último acceso: 14 Julio 2016].
- Cantor Atlatenco, F., 2007. Manual de producción de tilapia. Puebla: Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla.
- Centro de Gestión de la Información Económica, Medioambiental y Social, 2016. Panorama uso de la tierra: Cuba 2015, La Habana: s.n.
- Cochrane, K., de Young, C. & Bahri T Soto, D. edits., 2012. Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos. s.l.:FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura.
- Comas González, A. A., Labaut Betancourt, Y. & Peraza Escarrá, R., 2017. Ocurrencia de *Limnorphis robusta* (Parakutty) Komárek et al. (Oscillatoriales, Cyanobacteria) en el embalse Hanabanilla (Cuba Central). *Anales de Biología*, pp. 1-6.
- Delegación Provincial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) en Villa Clara, 2013. Estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos por sequía en Villa Clara, Santa Clara: s.n.
- Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO, 2012. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012. En: s.l.:FAO, pp. 117-162.
- Dubey, S. K. y otros, 2017. Farmers' perceptions of climate change, impacts on freshwater aquaculture and adaptation strategies in climate change hotspots: a case of the Indian Sundarban Delta. *Environmental Development*, Marzo, Volumen 21, pp. 38-51.
- Fonticiella, D. W., 2010. Evaluación de catástrofes por lluvias intensas en la acuicultura. *REDVET Revista electrónica de Veterinaria*, marzo, Volumen 11, pp. 86-100.
- Garcés-Rodríguez, Y. y otros, 2016. Evaluación de sitio para cultivo de peces marinos en Boca Ambuila, región sur-central de Cuba. *CICIMAR Oceanides*, 31(2), pp. 1-6.
- García, C., 1976. Utilización de un pronóstico de temperatura para las operaciones pesqueras en el norte del Banco de Campeche. *Revista de Investigaciones Pesqueras*, 2(2), pp. 126-132.
- Goyenola, G., 2007. Guía para la utilización de las Valijas Viajeras: Oxígeno Disuelto. [En línea] Available at: [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso\\_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf) [Último acceso: 22 Junio 2017].
- Hernández, B., 2002. El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y los frentes fríos que arriban a la región occidental cubana. *Investigaciones Marinas Valparaíso*, 30(2), pp. 3-19.
- Hernández, B. R. y otros, 1995. Transport, turbulence and hypothetical ocean shelf coupling mechanism in Punta del Este, southwestern, Cuba. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 19(3), pp. 67-72.
- International Center for Aquaculture and Aquatic Environmental , 2012. Introducción al cultivo de la tilapia, Alabama: s.n.
- International Society of Agriculture Meteorology (INSAM), 2015. Two examples showing agrometeorology, s.l.: s.n.
- León Almeida, I., 2011. Guía de embalses cubanos de pesca, s.l.: s.n.

- Lora Borrero, B., 2018. [En línea] Available at: [http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/publicaciones/cyted\\_2005/PDF/articulos/08\\_Lora.pdf](http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/publicaciones/cyted_2005/PDF/articulos/08_Lora.pdf)
- Marcillo, E., 2015. Tecnología de producción de alevines monosexo de tilapia. [En línea] Available at: <http://slideplayer.es/slide/3186479/> [Último acceso: 14 Julio 2018].
- Mari Díaz, A., 1982. Manejo y explotación acuícola de embalses de agua dulce en América Latina y el Caribe. En: s.l.:s.n.
- Masjuán, Y. y otros, 2017. Zonas con potencialidad para cultivo de peces en jaulas flotantes. Golfo de Ana María, Cuba. Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras, 34(1), pp. 1-6.
- Massol, A., 2002. Manual de ecología microbiana. En: s.l.:Departamento de Biología. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, p. 15.
- Meyer, D. E., 2015. Tecnología para el cultivo de la tilapia en pequeña escala. s.l.:s.n.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2004. Inventarios nacionales [en línea]. En: s.l.:s.n., pp. 187-189.
- Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero, OLDEPESCA, 2009. La acuicultura y sus desafíos. En: s.l.:s.n.
- Paredes, J., Rubio, C., Solera, A. & Andreu, J., 2013. Modelación de la dinámica térmica de embalses mediterráneos: El caso del embalse de Amadorio (Alicante, España). Tecnología y ciencias del agua, Volumen 4, pp. 5-25.
- Pérez-Santos, I., 2011. Variabilidad espacio-temporal del viento superficial en la Cuenca de Yucatán, Mar Caribe y sus implicaciones dinámicas: observaciones y modelos numéricos, s.l.: s.n.
- Peteri, A., 2004. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. En: Roma(): s.n.
- Piñeiro, R. & Cobas, S., 2010. Dinámica del océano y mares de la plataforma suroccidental de Cuba: variabilidad interanual. Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras, 27(1), pp. 33-40.
- Pis Ramírez, M. A., Lezcano León, M. M. & Serrano Piñeiro, P., 2008. Metales pesados en trucha (*Micropterus salmoides floridanus*) de la presa Hanabanilla, Cuba. Revista AquaTIC, pp. 1-9.
- Ponvert-Delisle, B. & Dámaso, R., 2016. Algunas consideraciones sobre el comportamiento de la sequía agrícola en la agricultura de Cuba y el uso de imágenes por satélites en su evaluación. Cultivos Tropicales, Septiembre, Volumen 37, pp. 22-41.
- Portal Carvajal, Y., 2017. Cálculo de roturas de presas. [En línea] Available at: <http://www.monografias.com/trabajos101/calculo-rotura-presas/calculo-rotura-presas.shtml>
- Puga, R. y otros, 2010. La pesquería de la langosta espinosa, conectividad y cambio climático en Cuba, La Habana: Instituto de Oceanología.
- R Core Team, 2018. R: A language and environment for statistical computing, Vienna: s.n.
- Ramírez R., J. J., 2000. Variación diurna y estacional del contenido calórico, la estabilidad y el trabajo del viento en una laguna tropical. Acta Limnológica Brasileña, Volumen 12, pp. 39-54.
- Ramos Olmos, R., Sepúlveda Márquez, R. & Villalobos Moreno, F., 2002. Método de muestreo (Método Winkler). En: El agua en el ambiente: muestreo y análisis. Mexicali: Plaza y Valdés, pp. 104-106.
- Rodríguez Sáinz, R. y otros, 2006. Estudio sobre caracterización y análisis de los procesos productivos empresariales de diversificación del cultivo de la tenca, s.l.: s.n.
- Saavedra Martínez, M. A., 2006. Manejo del cultivo de la tilapia, Managua: s.n.
- Sastre, O., Hernández, F., Casallas, G. & Cruz, P. E., 2004. Influencia del peso corporal y de la temperatura del agua sobre el consumo de

- oxígeno de la Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, Volumen 17, pp. 11-16.
- Silveira Coffigny, R., 2010. La sequía en la acuicultura cubana. REDVET Revista electrónica de Veterinaria , marzo, Volumen 11, pp. 1-7.
- Valbuena Villarreal, R. D. & Cruz Casalllas, P. E., 2014. Efecto del peso corporal y temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de tilapia roja (*Oreochromis sp*). Orinoquia, Volumen 20.
- World Meteorological Organization (WMO), 2013. Application of agrometeorology to aquaculture and fisheries. En: Guide to Agrometeorological Practices. Geneva: World Meteorological Organization (WMO).

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)