

**Diversidad específica de pelágicos mayores por efecto del huracán "Linda" al noroeste del Golfo de Ulloa, Baja California Sur, México.**

**Specific diversity of longest pelagic by the influence of hurricane "Linda" in the Gulf of Ulloa Norwest, Baja California Sur, Mexico.**

Carlos Javier Godínez Padilla<sup>1\*</sup>, Rafael Hernández Guzmán<sup>2</sup> y José Leonardo Castillo Géniz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Regional de Investigación Pesquera - Ensenada, INAPESCA. Carretera Tijuana-Ensenada Km 97.5, Parque Industrial Fondepport, El Sauzal de Rodríguez, C.P. 22760, Ensenada, Baja California, México.

<sup>2</sup>CONACYT Research Fellow, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, C.P. 58330, Morelia, Michoacán, México.

Recibido: 31 de agosto de 2017

Aceptado: 25 de octubre de 2017

**RESUMEN**

La evaluación de la variabilidad espacio-temporal de la composición y diversidad de especies en ecosistemas oceánicos no es fácil debido a que es difícil obtener datos suficientes para cuantificar tal variabilidad. En el presente estudio, examinamos indicadores de diversidad de especies pelágicas durante un viaje de pesca comercial de tiburón en septiembre del 2015. Evaluamos la diversidad de la fauna capturada con palangre superficial previo y posterior al paso del huracán Linda, en noroeste del Golfo de Ulloa, Baja California

Sur (BCS), México. Se contó con datos de un lance previo al paso del huracán y se realizó un lance posterior en la misma zona de pesca. En dichos lances se identificaron siete especies congregados en cuatro grupos de peces de pelágicos mayores (tiburones, raya, picudos y dorado), siendo el grupo de tiburones el que obtuvo la mayor densidad de organismos (79.2 %), seguido por los picudos con el 16.7 %. Mediante el índice de Margalef y de Shannon se identificó al lance posterior como la comunidad de mayor biodiversidad con valor de 1.5952 y 0.7681 respectivamente, mientras que el índice de Pielou mostró que la abundancia en ambos lances, son valores cercanos a 1. A pesar de que la diversidad de pelágicos es ligeramente mayor en el lance posterior al paso del Huracán Linda, estos valores no presentaron diferencia significativa entre el lance previo ( $H' = 0.5939 \pm 0.27$ ) y el lance posterior ( $H' = 0.7681 \pm 0.33$ ;  $t = -0.22$ ;  $g.l. = 95$ ;  $p > 0.05$ ), sin embargo, la clorofila influyó aparentemente en la abundancia de las especies de tiburones.

**PALABRAS CLAVE.** Tiburones oceánicos, Teleósteos, Pesca con palangre pelágico, Disturbio natural, Abundancia.

**ABSTRACT**

The assessment of spatio-temporal variability of species composition and diversity in oceanic ecosystems is not easy because it is difficult to obtain sufficient data to quantify such variability. In the present study, we examined indicators of diversity of pelagic species during a commercial shark fishing trip in September 2015. We assessed the diversity of fauna caught with surface longline prior to and following the passage of Hurricane Linda in the northwestern Gulf of Ulloa, Baja California Sur (BCS), Mexico.

Pre-hurricane data were collected prior to the hurricane and a subsequent set was made in the same fishing zone. In these sets, seven species were identified in four groups of large pelagic fish (sharks, rays, billfish and mahi mahi), being the sharks with the highest density of organisms (79.2%), followed by billfish with the 16.7%. The Margalef index and the Shannon index identified the later set as the highest biodiversity community with a value of 1.5952 and 0.7681 respectively, while the Pielou index showed that the abundance in both set are values close to 1. In spite of the values of the pelagic diversity were slightly higher in the set after the Hurricane Linda, this is results did not showed at great difference between the research done previously ( $H' = 0.5939 \pm 0.27$ ) and the subsequent set ( $H' = 0.7681 \pm 0.33$ ;  $t = -0.22$ ;  $g.l. = 95$ ;  $p > 0.05$ ), however, the chlorophyll apparently influenced on the abundance of shark species.

**KEY WORDS.** Oceanic sharks, Teleosts, Pelagic longline fishing, Natural disturbance, Abundance.

## INTRODUCCIÓN

El concepto de diversidad específica en ecología de comunidades ha sido discutido intensamente durante años, derivándose de su utilización algunos problemas de tipo semántico, conceptual, y técnico (Hurlbert 1971). Desde el enfoque de la ecología de comunidades, numerosos índices han sido propuestos para caracterizar la riqueza de especies y la equitabilidad, denominados *índices de riqueza* e *índices de equitabilidad*, respectivamente (Hill 1973). Los índices que combinan tanto la riqueza de especies como la equitabilidad en un solo valor se denominan

*índices de diversidad*. Una de las principales críticas a estos índices es que combinan y, por lo tanto, confunden un conjunto de variables que caracterizan a la estructura de la comunidad: (a) el número de especies (riqueza específica), (b) la abundancia relativa de las especies (equitabilidad), y (c) la homogeneidad y el tamaño del área muestreada (Bouza y Covarrubias 2005).

El proceso de degradación implica el deterioro gradual de la calidad de hábitat (Mortelliti *et al.* 2010) y en el caso de disturbios naturales como los huracanes, el hábitat experimenta una degradación temporal y espacial (Hernández-Díaz *et al.* 2012). Se entiende por disturbio cualquier evento repentino en el tiempo que altera la estructura de los ecosistemas, comunidades y poblaciones, y que cambia la disponibilidad de los recursos, sustrato o medio físico, mientras que una perturbación es el cambio de un estado, conducta o trayectoria de un sistema ecológico (Pickett y White 1985).

La documentación de los efectos de los huracanes y tormentas tropicales en las comunidades de peces ha estado limitado, debido en parte a la falta de datos previos al evento requeridos para comparaciones pre-y posterior a la tormenta (Houde *et al.* 2005). Bajo algunas circunstancias, los huracanes pueden causar mortalidades masivas y destrucción de sus hábitats en ecosistemas costeros y estuarinos (Tabb y Jones 1962). Bajo otras circunstancias, los efectos pueden ser menores (Tilmant *et al.* 1994). La evaluación de la variabilidad espacio-temporal de la composición y diversidad de especies en ecosistemas oceánicos no es fácil debido a que es difícil obtener datos suficientes para

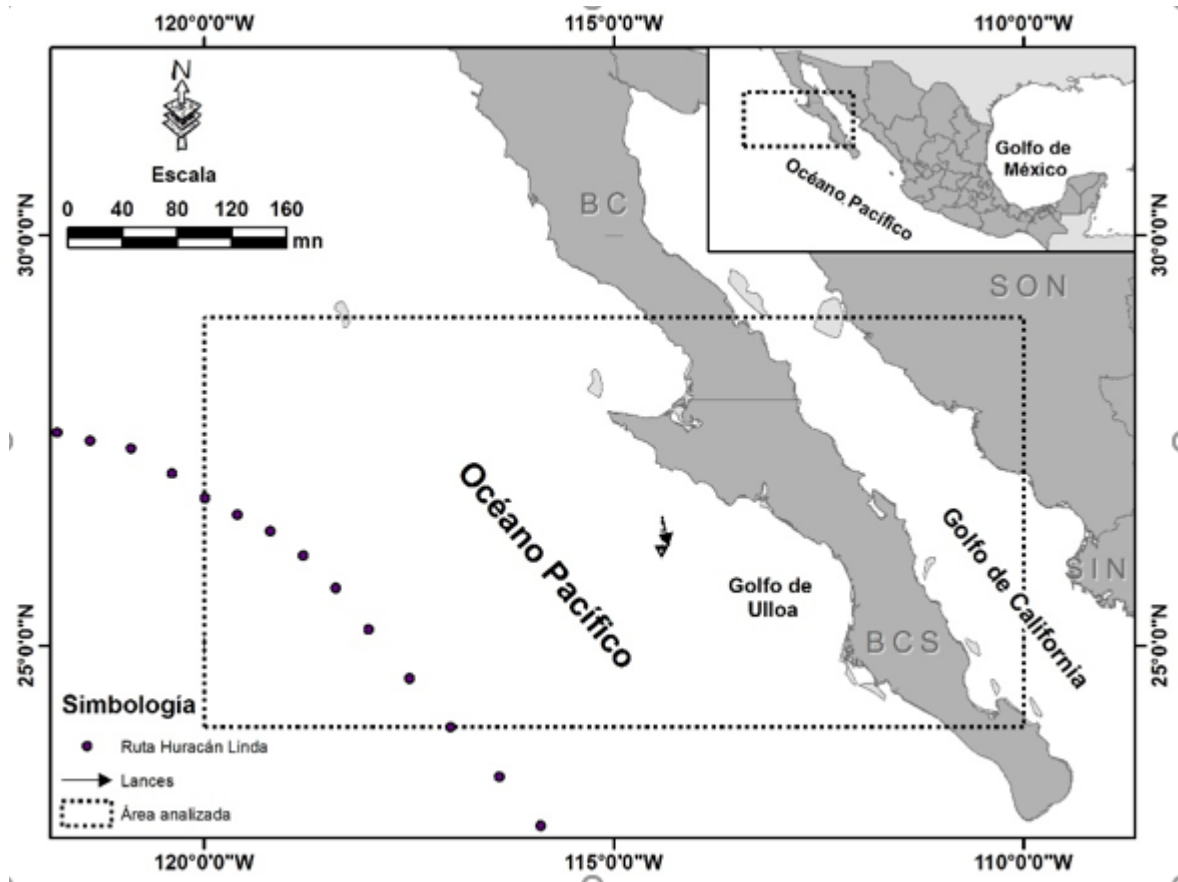
cuantificar tal variabilidad. En el presente estudio, examinamos indicadores de diversidad de especies pelágicas calculados en los lances realizados previo y posterior al paso del huracán Linda en noroeste del Golfo de Ulloa, Baja California Sur (BCS), México.

## METODOLOGÍA

### *Área de estudio y Descripción del Huracán Linda*

El área de estudio se localizó frente a la costa de Punta Abreojos, BCS (noroeste del Golfo de Ulloa) entre las coordenadas 29°0'0" N 120°0'0"

O y 24°0'0"LN 110°0'0"LW (Fig. 1). El huracán Linda inicio el día 7 de septiembre de 2015 al sudoeste de Manzanillo, Colima, intensificándose a categoría tres el día 8 de septiembre cerca del paralelo 21° N con una intensidad de viento de 205 km/h y tuvo un paso frente al área de estudio como categoría uno con rumbo NW el día 9 de septiembre de 2015 con vientos de hasta 176 km/h y una precipitación máxima de 50 mm, mientras que para el día 10 de septiembre se degrado a tormenta tropical (CONAGUA 2015).



**Fig. 1.** Ubicación geográfica de los lances realizados previa y posteriormente del paso del huracán "Linda" en septiembre de 2015 al noroeste del Golfo de Úlloa. (Hernández-Guzmán Rafael, 2017).

*Método de muestreo*

El presente trabajo se deriva de datos colectados a bordo del barco palangrero "Don José" con número de matrícula 02011196235. Se realizaron dos lances de pesca con palangre superficial con fechas previa y posterior al paso del huracán Linda en las coordenadas 26° 34.66' N, 114°25.04' O y 26°34.83' N, 114°24.98' O respectivamente (Fig. 1). El lance anterior al paso de este fenómeno se realizó el día 7 de septiembre de 2015, mientras que el lance posterior fue el día 11 de septiembre de 2015. En cada lance se utilizó un palangre superficial con 36.4 m de profundidad, con una longitud de 43.5 km y 987 anzuelos para el lance previo; mientras que para el post lance fue de una longitud de 51.9 km y 1176 anzuelos. Se obtuvo un tiempo de reposo promedio de 7 h 32 min ± 1 h 12 min para la operación de trabajo del palangre (lapso entre el final del calado e inicio del cobrado del palangre).

La identificación de los pelágicos mayores se realizó a nivel de género y especie por comparación de características morfológicas, mediante el uso de guías oficiales.

*Análisis de los datos*

Los índices empleados en la medición de la diversidad específica fueron:

El índice de Margalef (1958), que permitió estimar la biodiversidad de las unidades de muestreo, pero con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies existentes en los lances analizados, este índice se obtuvo mediante la fórmula:

$$R = \frac{S - 1}{\ln(n)} \quad (1)$$

donde  $S$  = número de especies y  $n$  = número total de individuos observados.

El índice de Shannon-Weaver (1949), que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de  $S$ , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Este cálculo se realizó según la expresión:

$$H' = -\sum_{i=1}^S (p_i \log_2 p_i) \quad (2)$$

donde  $p_i$  = proporción de la  $i$  especie en la muestra. Este índice subestima la diversidad específica si la muestra es pequeña. En la ecuación original se utilizan logaritmos de base 2, las unidades se expresan como *bits/ind*. La precisión en la estimación del índice de Shannon-Wiener puede calcularse mediante la aproximación siguiente:

$$SD_{H'} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^S n_i \log_2 n_i - (\sum_{i=1}^S n_i \log_2 n_i)^2}{(n)^2}} \quad (3)$$

donde  $SD_{H'}$  = desviación estándar del índice de Shannon-Wiener.

El índice de equidad de Pielou (1969) se utilizó para medir la proporción de la diversidad observada en cada lance con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes. El cálculo se efectuó según la siguiente expresión:

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S} \quad (4)$$

donde  $H'$  = índice de Shannon-Wiener y  $\log_2 S =$  es la diversidad máxima ( $H'_{max}$ ) que se obtendría si la distribución de las abundancias de las especies en la comunidad fuesen perfectamente equitativas. Obtenidos los dos índices de diversidad,  $H'_1$  y  $H'_2$ , puede verificarse la igualdad de ambos mediante el test de t-Student con la estimación:

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{\sqrt{SDH'_1 + SDH'_2}} \quad (5)$$

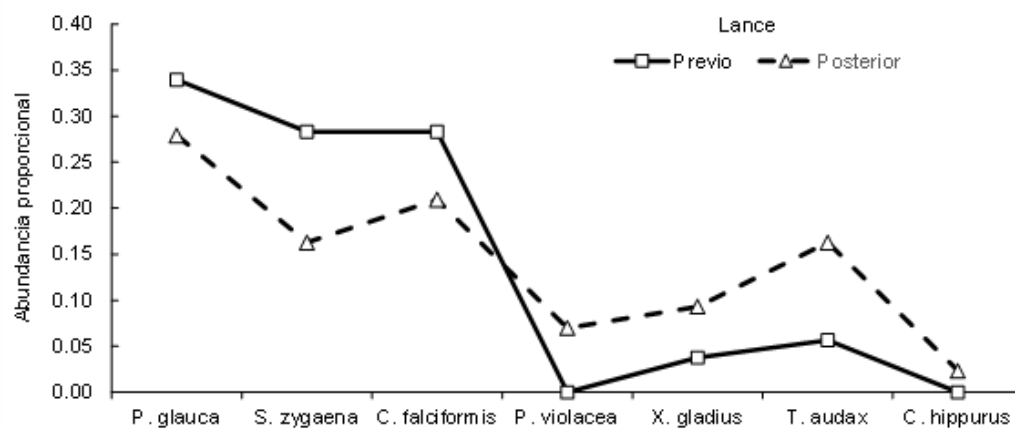
donde  $SD_{H'}$  es la desviación estándar del índice correspondiente.

Finalmente, con el objetivo asociar los índices anteriormente mencionados con parámetros ambientales, se abalizó la variabilidad de la temperatura superficial del mar (TSM) correspondiente a 11  $\mu$  en periodo diurno y la Clorofila (Chl) obtenida mediante algoritmos OCI mediante el procesamiento de las composiciones de ocho días de imágenes del sensor remoto MODIS Aqua (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer on Aqua). Todas las imágenes se descargaron

en formato "hdf" (Hierarchical Data Format) con una resolución espacial de 4 km a través del sitio web del OceanColorWeb de la NASA (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3>). Todas las imágenes fueron procesadas en SeaDAS versión 7.4 (<https://seadas.gsfc.nasa.gov/>).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los lances realizados, se registraron 96 organismos de pelágicos mayores y se identificaron 7 especies congregados en 4 grupos de peces (tiburones, raya, picudos y dorado). El grupo de tiburones obtuvo la mayor densidad de organismos y concentran el 79.2 % de las especies presentes, seguido por los picudos con el 16.7 %. La especie con mayor abundancia proporcional para ambos lances realizados en el estudio fue el tiburón azul (*Prionace glauca*) con un promedio de  $0.31 \pm 0.03$ , mientras que la menor fue el dorado (*Coryphaena hippurus*) con  $0.01 \pm 0.01$  (Fig. 2). La TSM con la que se inició el lance previo al paso del huracán "Linda" fue de 26.3 °C, mientras que el lance posterior presentó una TSM de 27.4 °C.



**Fig. 2.** Curva de orden de abundancia durante los lances realizados en la zona exploratoria por efecto del paso del huracán "Linda" en septiembre de 2015. (Godínez-Padilla Carlos)

La tabla 1 muestra los índices de Margalef (Riqueza específica), de Shannon-Wiener (Diversidad) y de Pielou (Equidad), obtenidos para los lances de pesca realizados como unidades de muestreo. De acuerdo a los valores obtenidos mediante el índice de

Margalef, se logró identificar al lance posterior del paso del huracán como la comunidad de mayor biodiversidad con valor de 1.5952, de igual manera los valores del índice de Shannon indican que dicho lance presenta mejor diversidad con 0.7681.

**Tabla 1.** Índices de riqueza específica, diversidad y equitatividad en los lances efectuados previa-posterior del paso del huracán "Linda", 2015. (Godinez-Padilla Carlos Javier, 2015).

|                              | Comunidad |           |
|------------------------------|-----------|-----------|
|                              | Previa    | Posterior |
| <i>Especies observadas</i>   |           |           |
| <i>P. glauca</i>             | 18        | 12        |
| <i>S. zygaena</i>            | 15        | 7         |
| <i>C. falciformis</i>        | 15        | 9         |
| <i>P. violacea</i>           |           | 3         |
| <i>X. gladius</i>            | 2         | 4         |
| <i>T. audax</i>              | 3         | 7         |
| <i>C. hippurus</i>           |           | 1         |
| <i>Atributos del hábitat</i> |           |           |
| S                            | 5         | 7         |
| R                            | 1.0075    | 1.5952    |
| H'                           | 0.5939    | 0.7681    |
| J'                           | 0.8496    | 0.9089    |
| SDH'                         | 0.2676    | 0.3340    |

Los índices de Pielou muestran que la abundancia de los grupos de peces fue semejante en ambos lances o comunidades, cuyos valores son cercanos a 1.

En términos de diversidad de pelágicos mayores no se encontró diferencia significativa entre el lance previo ( $H' = 0.5939 \pm 0.27$ ) y lance posterior ( $H' = 0.7681 \pm 0.33$ ;  $t = -0.22$ ;  $g.l. = 95$ ;  $p > 0.05$ ).

Durante los lances realizados en el presente estudio se confirmó la riqueza específica de pelágicos mayores que permite contribuir a la caracterización de especies presentes en la pesca de palangre superficial, tal como una pesquería en el cual es posible que dichas especies pertenecientes a diferentes grupos de peces podrían estar confluyendo aun con el disturbio ocasionado por el paso de un huracán de categoría 1.

La figura 3 muestra cómo la presencia del huracán influyó en la zona de pesca respecto la distribución de la TSM debido que previamente al paso del fenómeno, dicho parámetro se encontraba más concentrado en la parte sur manteniéndose en un promedio de 26.14°C, pero posteriormente este se dispersa ampliamente en el área de estudio manteniendo un promedio de 26.52°C, lo cual es favorable para la decisión de operación y probabilidad de pesca exitosa en el lance, sin embargo, aunque hubo un incremento mínimo de TSM, este no fue significativo, lo que posiblemente estuvo más influenciado por la Chl ya que su productividad promedio fue de 0.417 mg m<sup>-3</sup> en el lance previo donde hubo mayor abundancia de tiburón, mientras que disminuyó en el lance posterior con un promedio de 0.289 mg m<sup>-3</sup> al igual que algunos tiburones, lo que podríamos deducir que a mayor clorofila, es mayor la abundancia de depredadores tope o por las corrientes marinas ocasionadas por este fenómeno para atraer más diversidad de especies migratorias. Aún con este disturbio ocasionado por el huracán que aparentemente hubo una curva de orden de abundancia claramente modificada por la abundancia proporcional de las especies capturadas en ambos lances y beneficiada para el lance posterior en índices estimados, estadísticamente la diversidad de pelágicos mayores no mostraron diferencia significativas en los lances realizados.

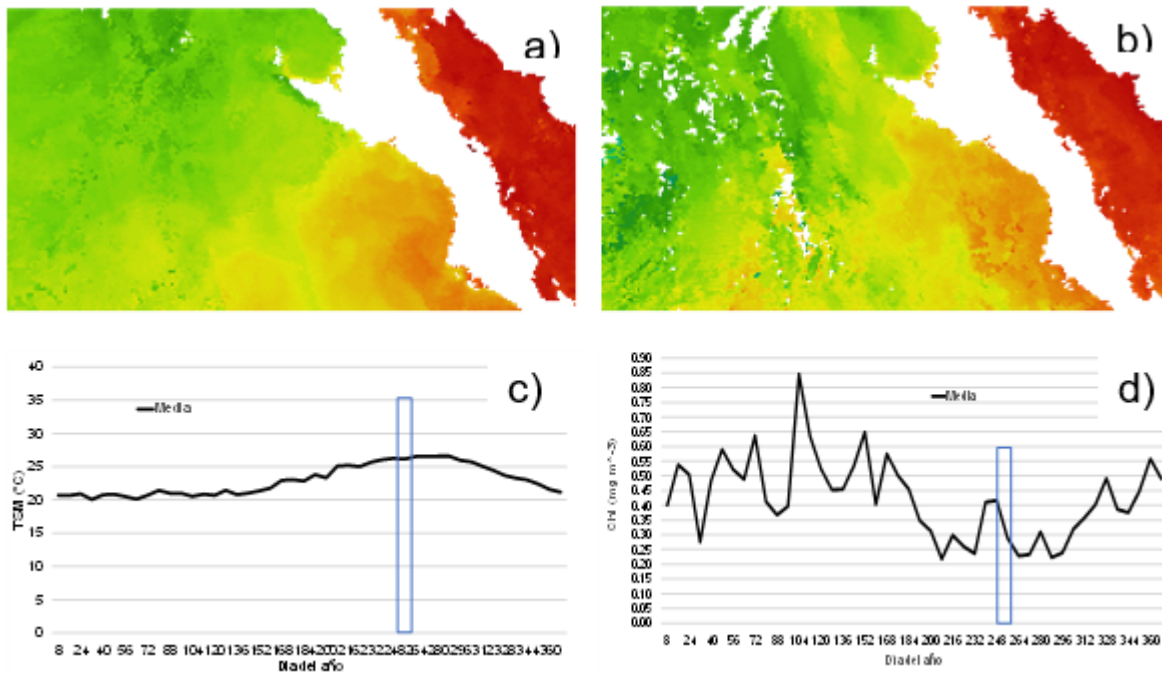
Una característica importante para la influencia de las asociaciones de especies marinas de diferentes comunidades según Greenwood *et al.* (2006) puede ser la presencia

de huracanes que aportan considerables precipitaciones de agua dulce y estos organismos podrían responder a los cambios de régimen de salinidad ocasionados por el flujo de agua dulce siendo desplazados físicamente, sin embargo, no son significativos los cambios que la estructura de los grupos de peces pudiera sufrir y se pueden reestructurar moderadamente. Por lo tanto esta característica de precipitación se descarta para la contribución del presente trabajo, ya que fue poca la precipitación de este huracán por ser categoría uno al paso del área de estudio.

Tabb y Jones (1962) aseguran que el efecto del huracán causó una gran mortalidad entre los animales acuáticos en la bahía del norte de la Florida en septiembre de 1960 por la posible falta de oxígeno ocasionado por la turbidez del agua que generó el lodo suspendido al paso del huracán, encontrando escasas de peces y especies de camarón a profundidades mayores de lo normalmente capturados. En el presente estudio el paso del huracán Linda no afectó la concentración de oxígeno tan radicalmente puesto que las especies de pelágicos mayores no se encuentran en profundidades que puedan ser afectadas por el sedimento marino.

## CONCLUSIÓN

En conclusión, las especies de pelágicos mayores aun de comunidades diferentes, comparten el mismo hábitat siempre y cuando se encuentren constantes los parámetros ambientales como la TSM y exista concentraciones acumuladas de clorofila.



**Fig. 3.** Presencia y efecto de TSM (c) y Chl (d) del huracán “Linda” durante los lances realizados el día 7 (a) y 11 (b) de septiembre del 2015. (Hernández-Guzmán Rafael, 2017).

### AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Pesq. Joaquín Domínguez Ortega y a la tripulación del barco palangrero “Don José” así como a la empresa Linamar S.A. de C.V. por el apreciable apoyo brindado de ir abordo en su viaje de pesca comercial y obtener la información correspondiente.

### REFERENCIAS

Bouza, C.N. y Covarrubias, D. (2005). *Estimación del índice de diversidad de Simpson en m sitios de muestreo*. Revista Investigación Operacional, 26(2), 187-197.

CONAGUA. (2015). *Reseña del huracán Linda del océano Pacífico*. Comisión Nacional del Agua. Servicio meteorológico nacional. Recuperado el 23 de

septiembre de 2015, de <http://smn.conagua.gob.mx>

Greenwood, M.F.D., Stevens, P.W. y Matheson jr., R.E. (2006). *Effects of the 2004 Hurricanes on the Fish Assemblages in Two Proximate Southwest Florida Estuaries: Change in the Context of Interannual Variability*. Estuaries and Coasts, 29(6<sup>a</sup>), 985-996.

Hernández-Díaz, M., Ramírez-Barajas, P.J., Chávez, C., Shmook, B. y Calmé, S. (2012). *Presencia y abundancia relativa de carnívoros en una selva dañada por el huracán Dean (2007)*. Revista Mexicana de Biodiversidad, 83, 790-801. DOI:10.7550/rmb.33596



- Hill, M.O. (1973). *Diversity and evenness: a unifying notation an its consequence*. Ecology, 54, 427-432.
- Houde, E.D., Bichy, J. y Jung, S. 2005. *Effects of hurricane Isabel on Fish Populations and communities in Chesapeake Bay*. En Hurricane Isabel in Perspective Sellner, K.G. (de.): 05-160
- Hurlbert, S.H. (1971). *The Nonconcept of Species Diversity: a Critique and Alternative Parameters*. Ecology, 52(4), 577-586.
- Margalef, D.R. (1958). *Information Theory in Ecology*. General Systematics, 3, 36-71.
- Mortelliti, A., Amori, G. y Boitani, L. (2010). *The role of habitat quality in fragmented landscapes: a conceptual overview and prospectus for future research*. Oecologia, 163, 535-547.
- Pickett, S.T.A. y White, P.S. 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. E.P. Academic. San Diego, USA. 472 p.
- Pielou, E.C. 1969. *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley-Interscience John Wiley & Sons Press: 285pp.
- Shannon, C.E. y Weaver, W. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University Illinois Press. Urbana, USA: 124pp.
- Tabb, D.C. y Jones, A.C. (1962). *Effect of hurricane Donna on the aquatic fauna of North Florida bay*. Transactions of the American Fisheries Society, 91(74),375-378. DOI: 10.1577/1548-8659(1962)91 [375:EOHDOT]2.0.CO;2
- Tilmant, J.T., Curry, R.W., Jones, R, Szmant, A., Zieman, J.C., Flora, M., Robblee, M.B., Smith, D., Snow, R.W. y Wanless, H. (1994). *Hurricane Andrew's effects on Marine Resources*. BioScience, 44(4), 230-237.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Fourth Edition. Prentice-Hall, Inc. Press. New Jersey, EU: 663pp.

