



Universidad Del Mar

Campus Puerto Ángel

**Diatomeas y Dinoflagelados del Golfo de Tehuantepec,
Salina Cruz, Oaxaca. Periodo: 18 de noviembre al 03 de
diciembre de 2017**

Tesis

Qué Para obtener el grado de

Licenciado en Biología Marina

Presenta

César Lenningher Peña Ramírez

Director

Dra. María Auxilio Esparza Álvarez †

Puerto Ángel, Oaxaca, México

Mayo de 2021

Puerto Ángel, Oaxaca, Mayo de 2021

DR. EDGAR ROBLES ZAVALA
JEFE DE LA CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA
UNIVERSIDAD DEL MAR
P R E S E N T E

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de haber analizado y evaluado la tesis “Diatomeas y Dinoflagelados del Golfo de Tehuantepec, Salina Cruz, Oaxaca. Periodo: 18 de noviembre al 03 de diciembre de 2017” presentada por el Pasante de Biología Marina César Lenningher Peña Ramírez (Matrícula: 2013020305), se considera que cumple con los requisitos académicos y la calidad necesaria para ser defendida en el examen profesional.

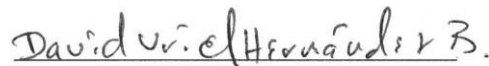
Comisión revisora

Dra. María Auxilio Esparza Álvarez †
Instituto de Recursos, UMAR
Director



M. en C. Alejandra Torres Ariño
Instituto de Industrias, UMAR
Revisor

Dra. Karina Esqueda Lara
Centro del Cambio Global y la
Sustentabilidad A. C.
Investigador, Nivel D
Revisor



M. en C. Francisco Javier Ulises Becerril
Bobadilla
Instituto de Recursos, UMAR
Revisor

Dr. David Uriel Hernández Becerril
Instituto de Ciencias del Mar y
Limnología, UNAM
Investigador, Titular B
Revisor

RESUMEN

Los grupos más dominantes del fitoplancton son las diatomeas y dinoflagelados. El objetivo de este trabajo es determinar la distribución, abundancia y su relación con las variables hidrográficas (temperatura y salinidad) de las diatomeas y los dinoflagelados en el Golfo de Tehuantepec durante el periodo del 18 de noviembre al 03 de diciembre de 2017. En muestras de arrastres verticales y botellas oceanográficas tomadas a 5 y 30 m de profundidad por lo que se identificó y determinó la composición fitoplanctónica por grupos (diatomeas, dinoflagelados, y otros), por especies de cada grupo y su abundancia relativa. Se calcularon los índices de Riqueza de especies, Diversidad, Equidad y Similitud (Sørensen y de Pareo Simple (Simple Matching)). Los resultados fueron comparados con los valores de temperatura y salinidad, correspondientes a los diferentes tipos de muestreos. En el análisis de arrastres verticales se identificaron 66 taxones distribuidas en 31 géneros de diatomeas y 84 taxones en 21 géneros de dinoflagelados. La abundancia relativa de las especies de ambos grupos que constituyó el 75 % fueron 39 taxones de diatomeas y 34 taxones de dinoflagelados. En 5 m se reconocieron 37 taxones en 25 géneros de diatomeas y 44 taxones en 15 géneros de dinoflagelados. La abundancia relativa del 75 % fueron 22 taxones de diatomeas y 21 taxones de dinoflagelados. A 30 m estuvo constituido por 33 taxones en 22 géneros de diatomeas y 25 taxones en 12 géneros de dinoflagelados. 20 taxones de diatomeas y 16 taxones de dinoflagelados contribuyeron a la matriz del 75 % de abundancia relativa. Para el fitoplancton de la columna de agua superficial (arrastres verticales), los valores de Riqueza (R: 8.4) y los de Diversidad (H': 3.4) corresponden a áreas tropicales. La Equidad (J': 0.85 a 0.90) es casi igual en todas las muestras debido a que podría estar representando que las condiciones ambientales fueron las mismas en toda el área de estudio. A diferentes profundidades (5 m y 30 m de profundidad), los valores de R y H' fluctuaron ligeramente (5 m R: 2.8 a 5.0 y H': 1.9 a 2.8; a 30 m R: 2.6 a 4.1 y H': 2.0 a 2.7) y están dentro del intervalo para el fitoplancton de zonas costeras marinas. Los dendrogramas del índice de Sørensen y de Pareo Simple (Simple Matching) de arrastres verticales fueron similares en el agrupamiento y en su distribución espacial de casi todas las estaciones, además presentaron diferencias en las estaciones de los extremos (E1, E4, E17F y E19) del área de estudio. En superficie (5 m) mostró un dendrograma de similitud del índice de Sørensen con tres agrupaciones más una estación sin agrupación (E6 con valores bajos de S y R) y el de Pareo Simple (Simple Matching) presentó tres grupos. A 30 m de profundidad, los dendrogramas de similitud tanto del Índice de Sørensen (tres agrupaciones) como el de Pareo Simple (Simple Matching, dos agrupaciones) separó a la E5 (24.86 km de la costa con una profundidad de 62 m, mostró un valor intermedio de S y R). Durante el periodo de muestreo, después de un evento Tehuano, los valores de las variables hidrográficas para fines comparativos fueron: temperaturas superficiales del mar de 20.5 a 24.7 °C y de 18.1 a 21.5 °C a 30 m de profundidad; salinidad en superficie de 33.9 a 34.5 UPS y de 34.3 a 34.7 UPS a 30 m de profundidad. Se concluye que 19 especies de diatomeas y 17 especies de dinoflagelados son representativas de unas zonas neríticas tropicales encontradas a temperaturas templadas posteriores a un evento de advección vertical.

Palabras clave: Abundancia relativa, Arrastres verticales, Botellas oceanográficas, Diatomeas, Dinoflagelados, Fitoplancton y Golfo de Tehuantepec.

DEDICATORIA

Todo lo maravilloso que Dios creó está dentro de la infinidad del océano. Los mares y océanos han cambiado nuestras vidas desde su existencia; el agua salada se ha convertido en una parte de lo que nosotros somos, inclusive cuando reclama un alma o reclama nuestros sueños. La felicidad la encontramos en el mar...

*En memoria de la **Dra. María Auxilio Esparza Álvarez**, por ser quien llevó a cabo la dirección de esta tesis hasta el último momento. Le agradezco por despedirse de mí. ¡La voy a extrañar mucho, hasta siempre doctora!*

Con todo mi esfuerzo y dedicación a este proyecto se los dedico a mis padres César y María por ser un pilar de apoyo, inspiración, motivación para salir adelante, apoyo emocional que con sus consejos que me ayudaron a no desvanecer en momentos difíciles y su apoyo económico. También a mis hermanos Vladimir, Hidelberto, Vibany y a mis abuelas que en paz descansan Camerina y Juana Elvira. ¡Gracias por todo su apoyo incondicional y por creer en mí!

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis forma parte de la Campaña de investigación oceanográfica SEMAR-UMAR "PTOESCAL_02_2017", a bordo del Buque de investigación Oceanográfico: ARM BI-03 "ALTAIR".

Agradezco infinitamente a la Dra. María Auxilio Esparza Álvarez, por tener la dicha y el gusto de cruzarme en su camino primero como alumno y después como tesista. Usted me dio la oportunidad de unirme a su equipo de trabajo y siempre abogó por mí desde el comienzo hasta el presente. Me quedo con sus enseñanzas como profesora, asesora y sobre todo como una gran amiga, además siempre tuvo una labor humanitaria de generosidad con sus alumnos y yo fui uno de ellos.

A la M. en C. Alejandra Torres Ariño por estar al pendiente todo el tiempo en darle continuidad a mi proyecto de tesis. Se le admira, se le respeta por su labor docente y se le estima como una gran amiga y persona.

A la Dra. Karina Esqueda Lara por permitirme realizar mis estancias profesionales en el Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad A. C., por contribuir significativamente en este proyecto, por transmitirme sus conocimientos en el área del fitoplancton y la disponibilidad que siempre tuvo conmigo.

Al M. en C. Francisco Javier Ulises Becerril Bobadilla por formar parte del equipo de trabajo y seguir adelante con este proyecto de tesis.

Al Dr. David Uriel Hernández Becerril por formar parte del equipo de trabajo en mi proyecto de tesis y por enseñarme sus conocimientos en el área del fitoplancton.

A mis tíos Vanessa Ordaz y Javier Toral que siempre han estado conmigo siendo mi apoyo incondicional. Y al profesor Carlos Santiago por estar conmigo motivándome y apoyándome en todo para verme darle fin a este proyecto y tener éxito futuro.

A mis amigos durante mi trayecto en la universidad: Pedro Reyes, Erik Camargo, Esmeralda Martínez, Sandra Rosas, Berenice Méndez, Gabriela Ramírez, Carlos Martínez, Daniel Armengol, Eduardo Gutiérrez y la familia Valencia Barragán.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS	5
ÍNDICE DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABLAS	10
ÍNDICE DE ANEXOS	11
1. INTRODUCCIÓN	13
1.2. ANTECEDENTES	18
2. JUSTIFICACIÓN	22
3. HIPÓTESIS	22
4. OBJETIVOS	23
4.1. Objetivo general.....	23
4.2. Objetivos particulares	23
5. ÁREA DE ESTUDIO	24
5.1. Oceanografía del Golfo de Tehuantepec.....	24
5.2. Eventos “El Niño/La Niña”.....	28
6. MATERIAL Y MÉTODOS	30
6.1. Metodología de campo	30
6.2. Metodología de Laboratorio	33
Montajes de muestras procedentes de botellas oceanográficas y arrastre vertical	33
Muestras biológicas de botellas oceanográficas.....	34
Muestras de Arrastre Vertical	34
Identificación y conteos de partículas biogénicas	34
6.3. Metodología de Gabinete.....	35
Procesado de datos	35
Obtención de la matriz al 75 %	37
Índices de Diversidad α y β	38
Análisis de datos estadísticos.....	42
7. RESULTADOS	43

7.1. Abundancias relativas totales de los grupos fitoplanctónicos (diatomeas, dinoflagelados y otros).....	43
Muestras biológicas de arrastres verticales	43
Muestras biológicas de botellas oceanográficas tomadas a 5 m	43
Muestras biológicas de botellas oceanográficas tomadas a 30 m	45
7.2. Taxones	47
Muestras biológicas de arrastres verticales	47
Muestras biológicas de botellas oceanográficas tomadas a 5 m	50
Muestras biológicas de botellas oceanográficas tomadas a 30 m	52
7.3. Índices Ecológicos	55
Muestras biológicas de arrastres verticales	55
Muestras biológicas de botellas oceanográficas tomadas a 5 m	65
Muestras biológicas de botellas oceanográficas tomadas a 30 m	67
7.4. Índice de Similitud.....	69
Muestras biológicas de arrastres verticales	69
Muestras biológicas de botellas oceanográficas tomadas a 5 m	72
Muestras biológicas de botellas oceanográficas tomadas a 30 m	74
7.5. Variables hidrográficas	76
Visualización de variables hidrográficas por grupos	80
8. DISCUSIONES	86
8.1. Abundancias relativas de los grupos fitoplanctónicos (diatomeas, dinoflagelados y otros).....	86
8.1.1. Muestras biológicas de arrastres verticales, botellas oceanográficas superficiales (5 m) y tomadas a 30 m	86
8.1.2. Riqueza de especies: diatomeas	88
8.1.3. Riqueza de especies: dinoflagelados.....	92
8.2. Índices ecológicos de muestras biológicas de arrastres verticales y botellas oceanográficas (5 y 30 m de profundidad).....	95
Diatomeas.....	95
Dinoflagelados	99
8.3. Índice de Similitud.....	102
9. CONCLUSIONES	106
10. LITERATURA CITADA	109
11. ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Subórdenes de las diatomeas centrales y penadas (Modificado de Crosta y Koç 2007).	14
Figura 2. Reproducción asexual (mitosis) y sexual (meiosis) (Tomado de Moreno <i>et al.</i> 1996).....	15
Figura 3. Estructura general de un dinoflagelado atecado, uno de teca delgada y uno tecado (Tomado y modificado de Taylor 1987).	16
Figura 4. Ciclo de vida de los dinoflagelados idealizado. Sección A, reproducción asexual; Sección B, reproducción sexual; Sección C, enquistamiento (Tomado de Armstrong y Brasier 2005).	17
Figura 5. División del Pacífico Tropical Oriental por regiones y ubicación del GT (Tomado de Lluch Cota <i>et al.</i> 1997).	24
Figura 6. Patrón de circulación de las corrientes oceánicas en el Pacífico Tropical Oriental (Tomado y modificado de Kessler 2006).....	27
Figura 7. Condiciones Normales vs Evento ENOS ("La Niña") en el Océano Pacífico.	29
Figura 8. Localización geográfica de las estaciones muestreadas en el Golfo de Tehuantepec.....	30
Figura 9. Red de fitoplancton para Arrastre Vertical.....	31
Figura 10. Toma de datos in situ de: profundidad, temperatura y conductividad. Buque de Investigación Oceanográfica de la Secretaría de Marina Armada de México (SEMAR) "ALTAIR" (BI-03), del 18 al 29 de noviembre 2017. A: Roseta con CTD. B: Winche. C y D Bajando y subiendo la roseta respectivamente.	33
Figura 11. Contribuciones en abundancia relativa (%) de arrastres verticales de los grupos de diatomeas, dinoflagelados y otros por estaciones y en promedio para la zona nerítica aledaña a Salina Cruz (diagrama de pastel inferior).	44
Figura 12. Contribuciones en abundancia relativa (%) de botellas oceanográficas a 5 m de los grupos de diatomeas, dinoflagelados y otros por estaciones y en promedio para la zona nerítica aledaña a Salina Cruz (diagrama de pastel inferior).....	45
Figura 13. Contribuciones en abundancia relativa (%) de botellas oceanográficas a 30 m de los grupos de diatomeas, dinoflagelados y otros por estaciones y en promedio para la zona nerítica aledaña a Salina Cruz (diagrama de pastel inferior).....	46
Figura 14. Especies de diatomeas con mayor abundancia relativa y contribución a la comunidad fitoplanctónica de arrastres verticales.	48
Figura 15. Especies de dinoflagelados con mayor abundancia relativa y contribución a la comunidad fitoplanctónica de arrastres verticales.	49

Figura 16. Especies de diatomeas con mayor abundancia relativa y contribución a la comunidad fitoplanctónica de botellas oceanográficas superficiales (5 m).	51
Figura 17. Especies de dinoflagelados con mayor abundancia relativa y contribución a la comunidad fitoplanctónica de botellas oceanográficas superficiales (5 m).	52
Figura 18. Especies de diatomeas con mayor abundancia relativa y contribución a la comunidad fitoplanctónica de botellas oceanográficas a 30 m de profundidad.....	53
Figura 19. Especies de dinoflagelados con mayor abundancia relativa y contribución a la comunidad fitoplanctónica de botellas oceanográficas a 30 m.	54
Figura 20. Índices de Riqueza (R) de Margalef y Diversidad (H') de Shannon-Weiner para toda la comunidad fitoplanctónica procedente de muestras de arrastres verticales.	57
Figura 21. Índices de Riqueza (R) de Margalef y Diversidad (H') de Shannon-Weiner para toda la comunidad fitoplanctónica superficial (5 m de profundidad).	67
Figura 22. Índices de Riqueza (R) de Margalef y Diversidad (H') de Shannon-Weiner para toda la comunidad fitoplanctónica a 30 m de profundidad.....	68
Figura 23. Dendrograma del Índice de Similitud de Sørensen para la comunidad fitoplanctónica procedente de arrastres verticales, la línea punteada representa el corte para las agrupaciones (58 %).	70
Figura 24. Dendrograma del Índice de Pareo Simple (Simple Matching) para la comunidad fitoplanctónica procedente de arrastres verticales, la línea punteada representa el corte para las agrupaciones (80 %).	70
Figura 25. Dendrograma del Índice de Similitud de Sørensen para la comunidad de fitoplanctónica superficial (5 m), la línea punteada representa el corte para las agrupaciones (47 %).	73
Figura 26. Dendrograma del Índice de Pareo Simple (Simple Matching) para la comunidad de fitoplanctónica superficial (5 m), la línea punteada representa el corte para las agrupaciones (74 %).	73
Figura 27. Dendrograma del Índice de Similitud de Sørensen para la comunidad fitoplanctónica de 30 m de profundidad, la línea punteada representa el corte para las agrupaciones (47 %).	75
Figura 28. Dendrograma del Índice de Pareo Simple (Simple Matching) para la comunidad de fitoplanctónica de 30 m de profundidad, la línea punteada representa el corte para las agrupaciones (69 %).	75
Figura 29. Perfil vertical de la Temperatura.	77
Figura 30. Perfil vertical de Salinidad.	77
Figura 31. Temperatura Superficial del Mar (5 m). Periodo de muestreo 18 a 29 de noviembre de 2017.....	78
Figura 32. Temperatura del mar a 30 m. Periodo de muestreo 18 a 29 de noviembre de 2017.....	78

Figura 33. Salinidad Superficial del Mar (5 m). Periodo de muestreo 18 a 29 de noviembre de 2017.....	79
Figura 34. Salinidad del mar a 30 m. Periodo de muestreo 18 a 29 de noviembre de 2017.	79
Figura 35. Grupo 1 de perfil de Temperatura.....	80
Figura 36. Grupo 1 de perfil de Salinidad.....	80
Figura 37. Grupo 2 de perfil de Temperatura.....	81
Figura 38. Grupo 2 de perfil de Salinidad.....	81
Figura 39. Grupo 3 de perfil de Temperatura.....	82
Figura 40. Grupo 3 de perfil de Salinidad.....	82
Figura 41. Grupo 4 de perfil de Temperatura.....	83
Figura 42. Grupo 4 de perfil de Salinidad.....	83
Figura 43. Grupo 5 de perfil de Temperatura.....	84
Figura 44. Grupo 5 de perfil de Salinidad.....	84
Figura 45. Grupo 6 de perfil de Temperatura.....	85
Figura 46. Grupo 6 de perfil de Salinidad.....	85
Figura 47. Diversidad (H') de Shannon-Weiner de la comunidad de diatomeas de la matriz de conteos celulares y Presencia/Ausencia.....	97
Figura 48. Diversidad (H') de Shannon-Weiner de la comunidad de dinoflagelados de la matriz de conteos celulares y Presencia/Ausencia.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Coordenadas geográficas, profundidades (m) estándares de los muestreos (x). La profundidad de la estación se reporta a partir de la profundidad que se registró al muestrear los sedimentos y de la ecosonda (*) y velocidades de viento ($m s^{-1}$).....	32
Tabla II. Valores de los índices ecológicos de la comunidad fitoplanctónica procedente de muestras de arrastres verticales.....	56
Tabla III. Índices ecológicos para diatomeas a partir de la matriz de conteos celulares.....	59
Tabla IV. Índices ecológicos para diatomeas a partir de la matriz Presencia/Ausencia.....	60
Tabla V. Índices ecológicos para dinoflagelados a partir de la matriz de conteos celulares.....	62
Tabla VI. Índices ecológicos para dinoflagelados a partir de la matriz Presencia/Ausencia.....	64
Tabla VII. Valores de los índices ecológicos para la comunidad fitoplanctónica superficial (5 m).	66
Tabla VIII. Valores de los índices ecológicos para la comunidad fitoplanctónica a 30 m.....	68

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I. Matriz de abundancia relativa de especies de los grupos fitoplanctónicos (diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados) más otras partículas biogénicas obtenidos del análisis de muestras de arrastres verticales en el Golfo de Tehuantepec, Salina Cruz, Oaxaca. Periodo de muestreo 18 a 29 de noviembre de 2017.	125
Anexo II. Matriz de abundancia relativa de especies de grupos fitoplanctónicos (diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados) más otras partículas biogénicas obtenidos del análisis de muestras de botellas oceanográficas superficiales (5 m) del Golfo de Tehuantepec, Salina Cruz, Oaxaca. Periodo de muestreo 18 a 29 de noviembre de 2017.	129
Anexo III. Matriz de abundancia relativa de especies de los grupos fitoplanctónicos (diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados) más otras partículas biogénicas obtenidos del análisis de muestras de botellas oceanográficas a 30 m de profundidad en el Golfo de Tehuantepec, Salina Cruz, Oaxaca. Periodo de muestreo 18 a 29 de noviembre de 2017.	132
Anexo IV. Listado comparativo de especies de diatomeas (arrastres verticales, botellas oceanográficas de 5 m y 30 m de profundidad) presentes en el Golfo de Tehuantepec, Salina Cruz, Oaxaca. Periodo de muestreo 18 a 29 de noviembre de 2017.	134
Anexo V. Listado comparativo de especies de diatomeas (arrastres verticales, botellas oceanográficas de 5 m y 30 m de profundidad) de abundancia relativa (75 %) presentes en el Golfo de Tehuantepec, Salina Cruz, Oaxaca. Periodo de muestreo 18 a 29 de noviembre de 2017.	136
Anexo VI. Listado comparativo de especies de dinoflagelados (arrastres verticales, botellas oceanográficas de 5 m y 30 m de profundidad) presentes en el Golfo de Tehuantepec, Salina Cruz, Oaxaca. Periodo de muestreo 18 a 29 de noviembre de 2017.	138
Anexo VII. Listados de especies de dinoflagelados (arrastres verticales, botellas oceanográficas de 5 m y 30 m de profundidad) obtenidos de las matrices de abundancia relativa (75 %) para el Golfo de Tehuantepec, Salina Cruz, Oaxaca. Periodo de muestreo 18 a 29 de noviembre de 2017.	140
Anexo VIII. Valores del Índice de Similitud (matriz semejanza del índice de Sørensen (S8)) de la comunidad fitoplanctónica, obtenidas de arrastres verticales, de negritas son los valores de mayor similaridad y de color rojo son las estaciones que no tiene más del porcentaje significativo de similitud entre ellas.	141
Anexo IX. Valores del Índice de Similitud (matriz de Pareo Simple (Simple Matching (S1)) de la comunidad fitoplanctónica, obtenidas de arrastres verticales, de negritas son los valores de mayor similaridad y de color rojo son las estaciones que no tiene más del porcentaje significativo de similitud entre ellas.	142

Anexo X. Valores del Índice de Similitud (matriz de semejanza del índice de Sørensen (S8)) de la comunidad fitoplanctónica superficial (5 m), de negritas son los valores de mayor similitud y de color rojo los que no tiene porcentaje significativo de similitud entre las muestras.	143
Anexo XI. Valores del Índice de Similitud (matriz de Pareo Simple (Simple Matching (S1)) de la comunidad fitoplanctónica superficial (5 m), de negritas son los valores de mayor similitud y de color rojo los que no tiene porcentaje significativo de similitud entre las muestras.	144
Anexo XII. Valores del Índice de Similitud (matriz de semejanza del índice de Sørensen (S8)) para la comunidad fitoplanctónica de 30 m de profundidad, en negritas están los valores de mayor similitud y en color rojo los que no tiene más del porcentaje significativo similitud entre ellas.	145
Anexo XIII. Valores del Índice de Similitud (matriz de Pareo Simple (Simple Matching (S1)) para la comunidad fitoplanctónica de 30 m de profundidad, en negritas están los valores de mayor similitud y en color rojo los que no tiene más del porcentaje significativo similitud entre ellas.	145
Anexo XIV. Matriz de Presencia/Ausencia de especies de diatomeas obtenidas del análisis de muestras de arrastres verticales en el Golfo de Tehuantepec, Salina Cruz, Oaxaca. Periodo de muestreo 18 a 29 de noviembre de 2017.	146
Anexo XV. Matriz de Presencia/Ausencia de especies de dinoflagelados obtenidos del análisis de muestras de arrastres verticales en el Golfo de Tehuantepec, Salina Cruz, Oaxaca. Periodo de muestreo 18 a 29 de noviembre de 2017.	149
Anexo XVI. Matriz de células/ml de especies de los grupos fitoplanctónicos (diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados) más otras partículas biogénicas obtenidos del análisis de muestras de arrastres verticales en el Golfo de Tehuantepec, Salina Cruz, Oaxaca. Periodo de muestreo 18 a 29 de noviembre de 2017.	153