

Introducción

Los desechos marinos antropogénicos se pueden encontrar fácilmente en cualquier parte del medio marino: un mínimo estimado de 5.25 trillones de partículas con un peso combinado de 268.940 toneladas está presente en los océanos (Eriksen et al., 2014). Puede encontrar su camino en el medio ambiente de formas que pueden ser clasificadas como fuentes terrestres o marinas (Cheshire et al., 2009; Nelms et al., 2015). Las fuentes terrestres incluyen la basura, el vertido ilegal o la eliminación inadecuada de los desechos, y pueden entrar en el océano a través de puertos, ríos, alcantarillas y drenajes pluviales. Las fuentes basadas en el mar a menudo incluyen artes de pesca abandonadas, perdidas o descartadas (Macfadyen et al., 2009). Debido al pequeño tamaño de los micro plásticos, puede ser bastante difícil y, dependiendo del tipo de investigación realizada, a veces es innecesario determinar el origen de los residuos. La categorización se basa en el tipo de investigación que se está llevando a cabo (Lippiatt et al., 2013). Las clasificaciones pueden basarse en el tamaño, el tipo de polímero, el propósito antes o después del consumo y la política gubernamental. En la investigación marina específicamente, los residuos de plástico se clasifican como Mega, Macro, Meso o Micro plástico (Comisión Europea, 2011; Lippiatt et al., 2013).

Los desechos plásticos, en particular, son una gran amenaza para los ecosistemas marinos, ya que los residuos plásticos tienden a reducir su tamaño como resultado de procesos físicos y químicos, como las ondas y la luz ultravioleta (Lee et al., 2013). Incluso las piezas más grandes pueden terminar flotando en el océano como micro-plásticos, creados por descomposición de piezas más grandes de plástico. Estos se llaman micro-plásticos secundarios, ya que no se fabrican como tales, sino que son creados por las fuerzas mencionadas anteriormente. Las partículas de plástico que se crean específicamente en tamaños microscópicos se definen como micro-plásticos primarios (Comisión Europea, 2011; Cole et al., 2011).

Los desechos plásticos pueden afectar a las tortugas marinas en todas las etapas de la vida. Los escombros arrastrados en la playa podrían impedir que las tortugas marinas femeninas llegaran a las playas de anidación, o podrían atrapar crías en el nido. Se sabe que los escombros más pequeños se mezclan con la arena y se han encontrado en la arena a una profundidad de 2 metros (Turra et al., 2014). Se ha demostrado que el plástico cambia las propiedades físicas de la arena, tales como temperatura, porosidad y permeabilidad (Cole et al., 2011). Estas propiedades pueden influir en gran medida en el desarrollo de huevos y crías, ya que se sabe que la temperatura influye tanto en la proporción de sexos de tortugas marinas como en la duración del período de incubación (Witt et al., 2009; , 2011). La presencia de micro-plásticos podría también potencialmente conducir a la contaminación por aditivos (Carson et al., 2011; Nelms et al., 2015). Además, su aparente incapacidad para distinguir entre fuentes de alimentos naturales y desechos marinos antropogénicos ha resultado en la ingestión de todas las especies de tortugas marinas en todas las etapas de la vida (Nelms et al., 2015).

El Programa de Desechos Marinos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) ha desarrollado una metodología estandarizada para conducir la investigación de escombros, haciendo diferentes programas de investigación de desechos alrededor del mundo usando esta metodología comparables (Lippiatt et al., 2013) . Para estudiar la abundancia, la tasa de acumulación y la distribución relativa a la línea costera de residuos plásticos en una playa de anidación de tortugas marinas, adoptaremos estos protocolos del Programa de Desechos Marinos de NOAA (MDP). Como estos protocolos requieren limpieza completa de macro y mega escombros cada mes, y solo muestras aleatorias dentro de una parcela específica para evaluar meso y micro muestras cada mes, se espera que observemos una tendencia decreciente en la abundancia global de macro y mega escombros , Pero no necesariamente en abundancia de micrp y meso plásticos.

2. Métodos

2.1 Área de estudio.

Esta investigación ha tenido lugar en Playa Norte, ubicada en Pococi, Limón, en la costa caribeña en el noreste de Costa Rica. En esta playa se estableció un transecto de 100m por 50m de acuerdo con las pautas de MDP de NOAA (Lippiatt et al., 2013, figura 2.2). El transecto se basa en la desembocadura de la Laguna Tortuguero.

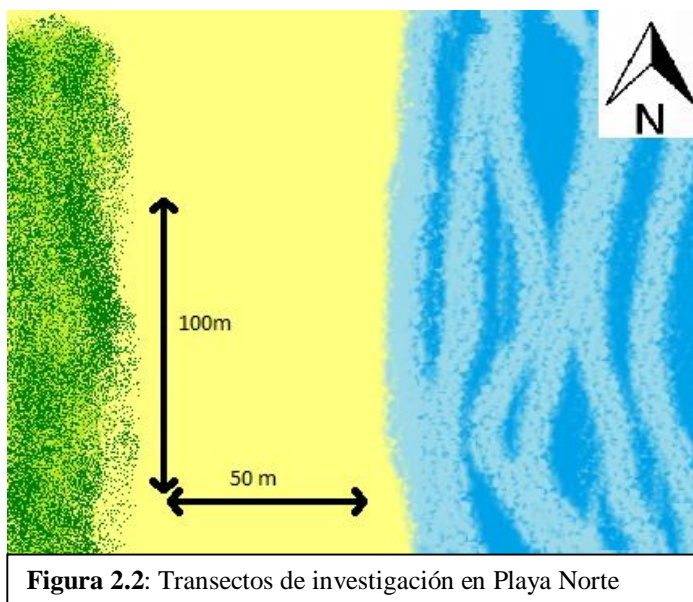


Figura 2.2: Transectos de investigación en Playa Norte

2.2 Escombros mega y macro.

Cada veintiocho días, desde 1-marzo 2016 hasta 19-Julio 2016 y desde 19-October 2016 hasta 09-Febrero 2017, se eliminó todo el transecto de todos los desechos marinos antropogénicos visibles mayores de 2,5 centímetros, según las especificaciones de NOAA. El

Programa de Desechos Marinos de la NOAA clasifica los desechos marinos según el tamaño mostrado en la figura 2.1. Este tamaño de clasificación se utilizó a lo largo de todo el estudio.

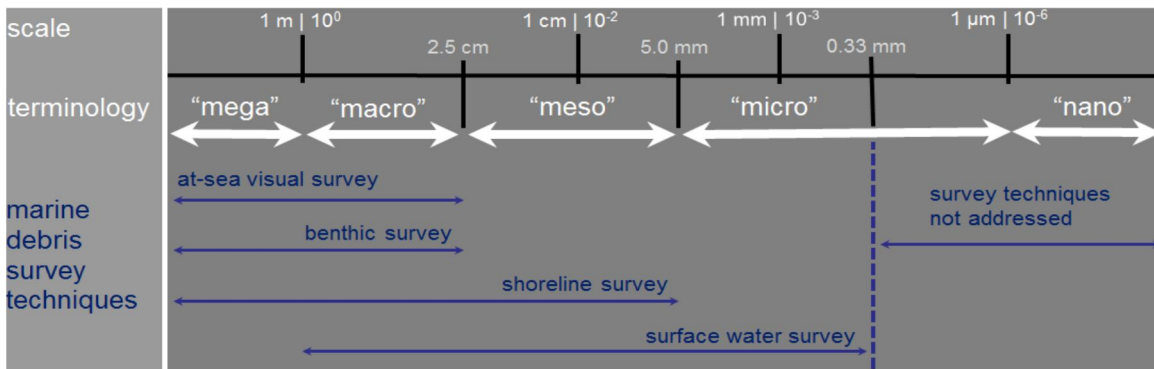


Figure 2.1 Visualisation of the size ranges that are used by each type of survey

El plástico fue recogido y retirado del sitio para la clasificación y el recuento, que se realizó de acuerdo con la lista de categorías que se muestra en el apéndice 1. Mega-desechos (más de 30 cm) se procesó en la ubicación, donde tipo, dimensión y estado (varados, hundidos, enterrados) fue grabado. Para comparar los resultados de micro y meso plástico la cantidad de macro y mega plásticos encontrados en la playa se convierten en m³, con la siguiente fórmula.

$$C = \frac{n}{(a \times h)}$$

C = concentración de partículas de residuos por m³

N = número de partículas de residuos presentes en la muestra

A = área muestreada (5000 m²)

H = profundidad de la muestra (0,03m para micro y meso, 0,025m para macro y 0,3m para mega)

La profundidad de la muestra para los micro y meso plásticos se deriva de las directrices del proyecto NOAA de desechos marinos (ver sección 2.3). Para las macro y mega muestras, la profundidad se define como la profundidad máxima que un fragmento podría ocupar mientras que sigue siendo visible al colector. Como los elementos macro se definen como algo mayor que 0,025m, y mega como cualquier cosa mayor que 0,3m, cualquier macro o mega elementos más profundos de 0,025m y 0,3m, respectivamente, no habría sido observado o eliminado por el colector. Por lo tanto, estas profundidades son teóricamente las más profundas que los elementos recogidos de estas clasificaciones podrían haber sido encontradas en. Estas concentraciones se calcularon para asegurar la comparabilidad entre las clasificaciones.

2.3 Muestreo de plástico meso y micro.

Después de limpiar macro y mega escombros, desde 29-Marzo 2016 hasta 21-Junio 2016, el transecto se dividió en 5000 cuadrantes separados de 1m^2 . Cada veintiocho días se muestrearon 50 cuadrantes aleatorios usando el comando selector de números aleatorios en Microsoft Excel: randbetween (1,5000). Cada cuadrante elegido se dividió en 16 cuadrados pares de 25 cm por 25 cm, estos cuadrados se eligieron en orden consecutivo de 1 a 16. Los 3 primeros centímetros del 1/16 del cuadrante se recogieron y se tamizaron con un tamiz de malla de 1 mm, y Recogidos en un recipiente. El meso, y el micro plástico atrapado por el tamiz se contó a mano. Si es necesario, se realizó una prueba con aguja caliente para determinar micro-plástico de arena o material orgánico. Para ello, se calentó una aguja y se introdujo en una supuesta partícula de micro plástico. Si reaccionó al calor, ya sea por deformación o por fusión, se clasificó como un micro plástico (De Witte et al., 2014). La cantidad de partículas de micro y meso plástico presentes se calculó por metro cuadrado con la misma fórmula que

Para macro y mega plásticos (ver sección 2.2). El transecto se dividió en 10 grupos de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 metros de la línea de la marea, con el fin de observar la estratificación de los micro y meso plásticos que se alejan de la alta Línea de marea

2.6 Análisis estadístico.

Se utilizó un ANOVA unidireccional para determinar si había una diferencia significativa entre los meses para los desechos plásticos micro y meso y si las concentraciones de meso y micro plásticos diferían significativamente a medida que aumentaba la distancia desde la línea de marea alta. Esto se probó entre 10 grupos diferentes, comenzando a 5 metros de la línea de marea alta, y aumentando en intervalos de cinco metros. Todas las pruebas se realizaron utilizando un intervalo de confianza del 95% y un valor alfa de 0,05, con IBM SPSS versión 20.

3. Resultados

La figura 3.1 muestra los resultados de la prueba de ANOVA para el micro plástico por mes. Con un valor de significación de 0,396 (comparado con un valor alfa de 0,05), no hay diferencia significativa en la cantidad de micro plástico por m^3 al mes. La figura 3.2 muestra el diagrama de caja del mismo conjunto de datos. La figura 3.3 muestra los resultados de la misma prueba para meso plástico al mes, que también mostró una cantidad insignificante de variación por mes (un valor de significación de 0.316 comparado con un valor alfa de 0.05). La Figura 3.4 muestra el diagrama de caja del mismo conjunto de datos.

3.1 Micro y meso plástico M^3 al mes

ANOVA					
Micro m3					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1668441600	3	556147200.1	.995	.396
Within Groups	1.095E+11	196	558893075.7		
Total	1.112E+11	199			

Figura 3.1: Resultados Anova prueba micro

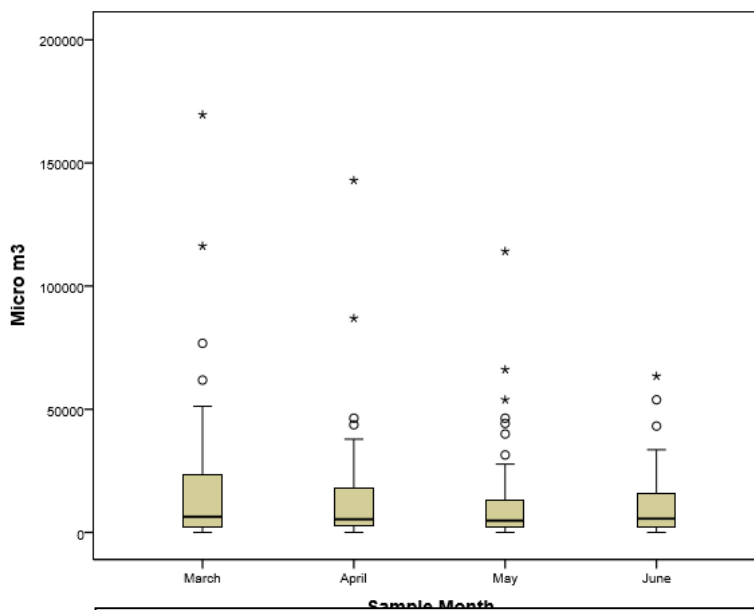


Figura 3.2 Plástico de Boxplot micro en m3 por mes

ANOVA					
meso m3					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	48177777.79	3	16059259.26	1.186	.316
Within Groups	2654998755	196	13545912.02		
Total	2703176533	199			

Figura 3.3 Resultados Anova test meso plastic por mes

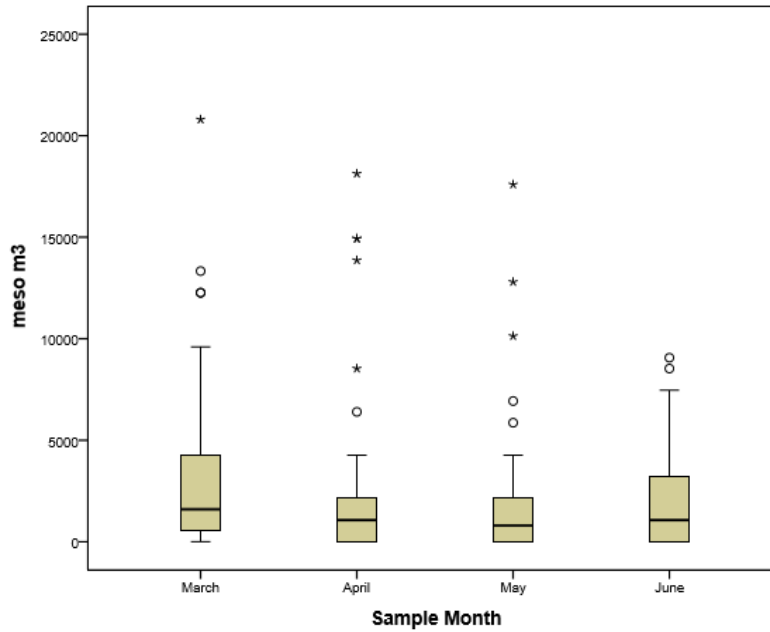


Figura 3.4: Caja de plástico meso por mes

3.2 Macro y mega plástico M³ por mes

Tabla 3.1 Resultados de macro y mega por mes

	Macro crudo	Macro m ³	Mega crudo	Mega m ³
Marzo 1	50,630	405.04	36	0.0240
Marzo 2	14,817	118.54	112	0.0747
Abril	7,395	59.16	14	0.0093
Mayo	10,307	82.46	61	0.0407
Junio	7,221	57.77	10	0.0067
Julio	3,097	22.94	10	0.0062
Octubre	15,500	124	41	0.0273
Noviembre	4,581	36.65	64	0.0427
Diciembre	3,351	20.9	11	0.0057
Enero	3,080	22	46	0.0274
Febrero	8,967	40.53	22	0.0083

La Tabla 3.1 muestra los datos brutos de macro y mega escombros encontrados en el sitio cada mes, y la concentración por m³. La figura 3.3 presenta la cantidad de macro plástico por m³, mientras que la figura 3.4 muestra lo mismo para los mega plásticos.

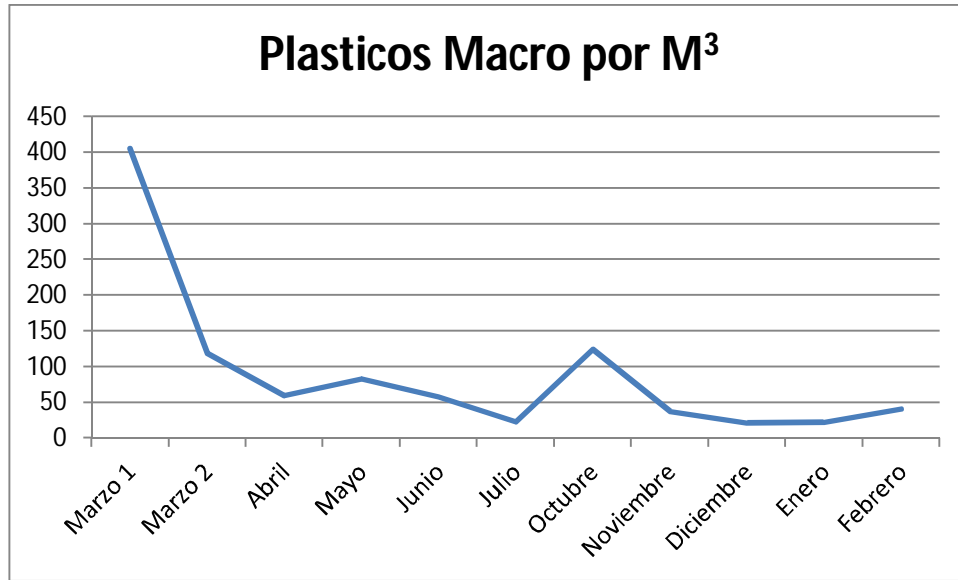


Figura 3.3 Cantidad de plástico macro por m³ al mes

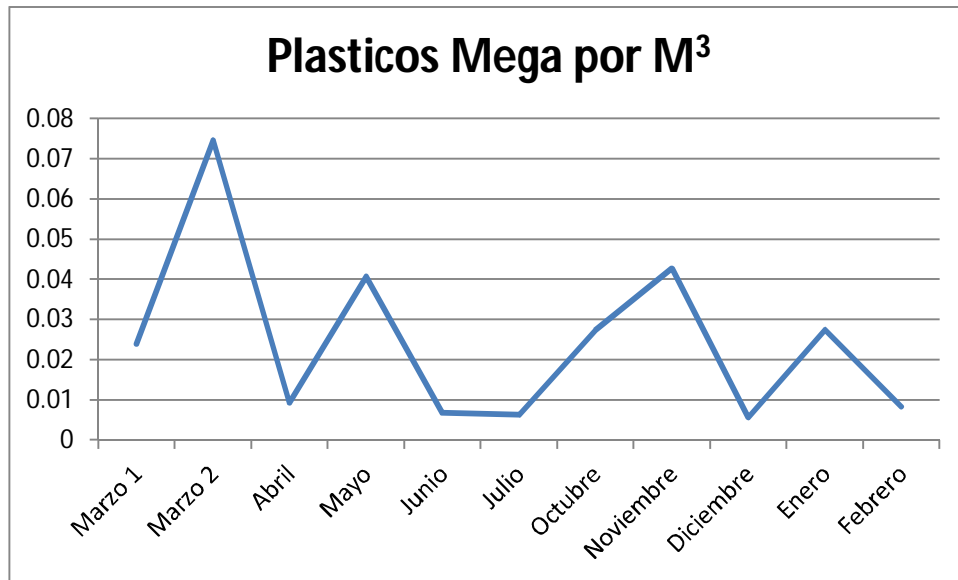


Figura 3.4 Cantidad de plástico macro por m³ al mes

3.3 Desechos micro, meso, macro y mega por mes

En la tabla 3.2 se muestran los resultados de todas las clasificaciones. Para los desechos micro y meso se muestra el promedio de las 50 muestras mensuales. Todos los resultados se muestran como concentraciones por m^3 .

Mes	Micro m^3	Meso m^3
Marzo	19253.3	3253.3
Abril	15402.7	2464.0
Mayo	13333.3	1962.7
Junio	11477.3	2165.3

Tabla 3.2 Resultados micro y meso escombros por m^3

3.5 Micro y plástico meso por rango

La Figura 3.5 y la Figura 3.6 muestran la cantidad de plástico por m^3 que se aleja de la marea y el diagrama de caja relacionado para el conjunto de datos de micro plástico. Las Figuras 3.7 y 3.8 muestran la cantidad de plástico por m^3 que se aleja de la marea y el diagrama de caja relacionado para el conjunto de datos meso-plástico. Estos resultados son un promedio de cada mes juntos.

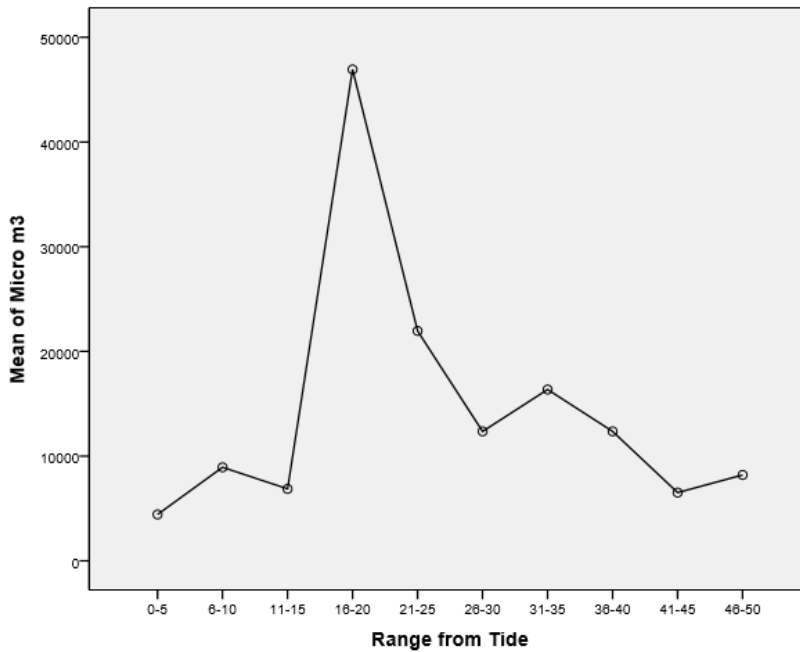


Figure 3.5 Micro plastic amount m^3 per range from

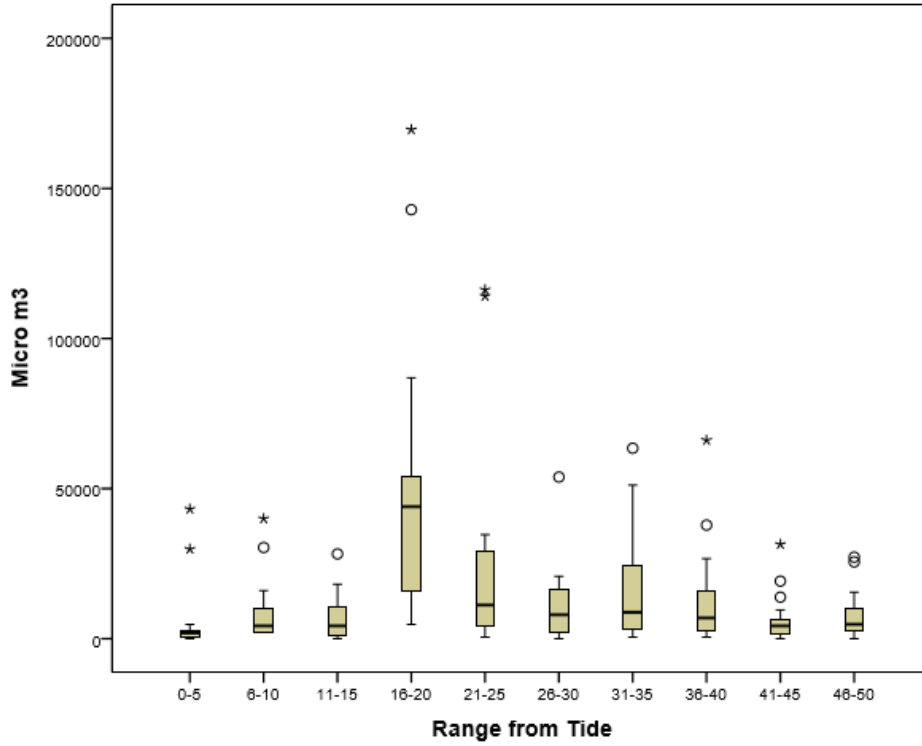


Figure 3.6: Boxplot micro plastic per range from

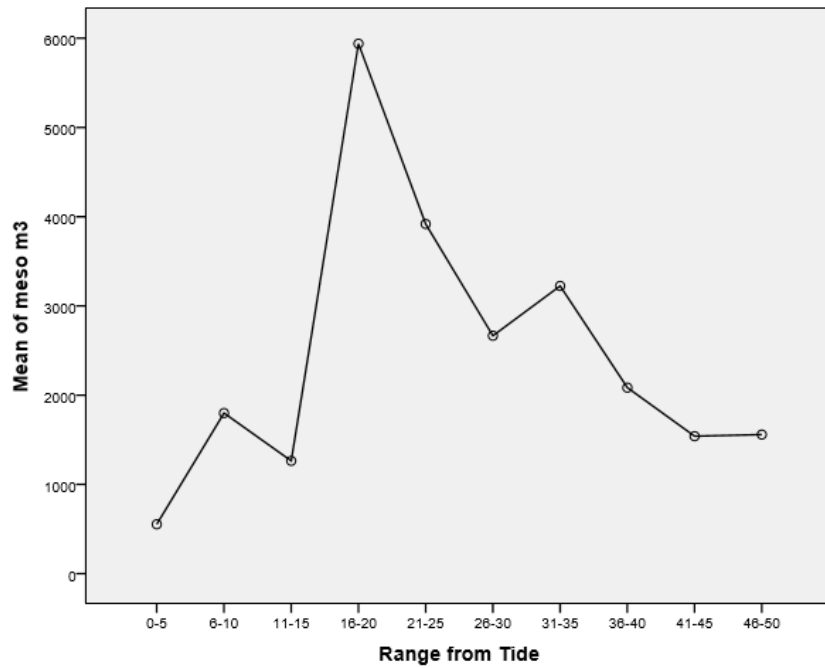


Figura 3.7 Cantidad de plástico meso m³ por rango desde la marea

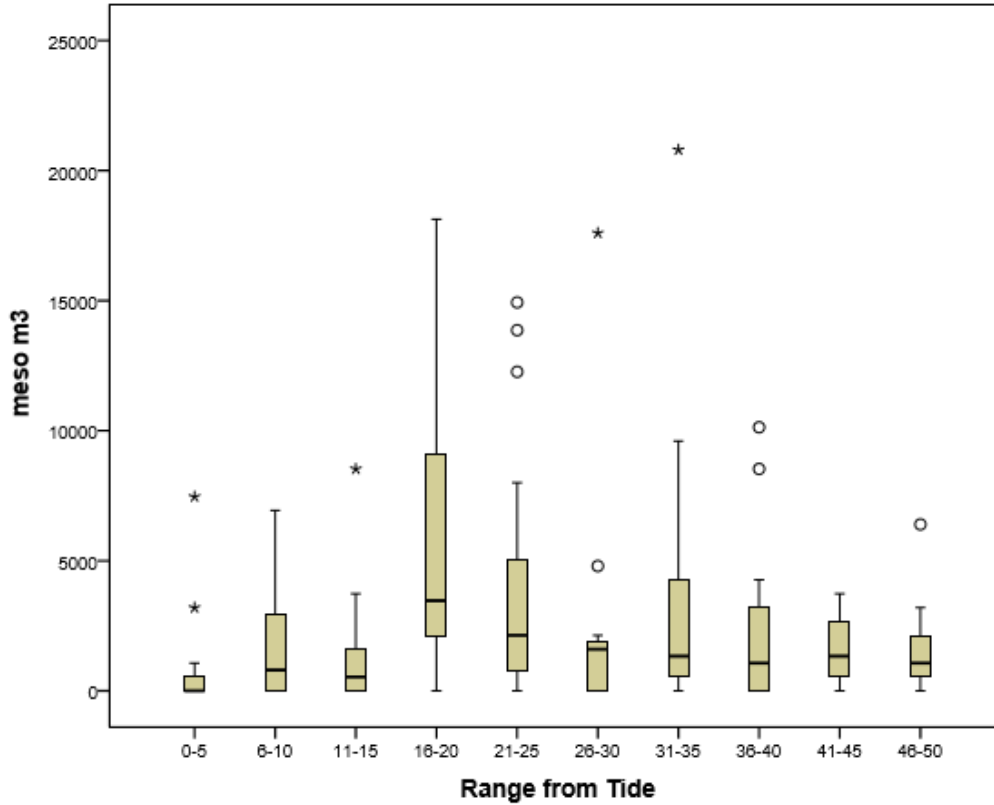


Figura 3.8 Boxplot meso plástico alejándose de la marea

Los resultados de las pruebas de ANOVA utilizados para comparar los micro y meso plásticos a 10 distancias diferentes de la línea de marea alta están representados en la tabla 3.3, tanto por mes como durante todo el período de estudio. El microplástico muestra una diferencia significativa (valor de significación <0,05) entre las distancias desde la marea alta en marzo y abril, así como en el período total del estudio. Meso plástico también muestra una diferencia significativa en las concentraciones que se alejan de la línea de marea alta en marzo, abril, así como en mayo y durante el período total del estudio

Tabla 3.3 Significado Anova para micro y meso plástico por mes y en total

Micro		Meso	
Mes	significado	Mes	significado
Marzo	0.001	Marzo	0.007
Abril	0.045	Abril	0.001
Mayo	0.162	Mayo	0.001
Junio	0.200	Junio	0.385
Total	0.000	Total	0.000

. 4. Discusión y conclusión.

Mientras tomaba, procesaba y contaba muestras, quedó claro que tamizar, manipular, transportar y procesar las muestras les ponía mucha fuerza. A través de la inspección visual cada muestra contenía piezas que podrían haberse recogido como una pieza entera pero se rompieron durante una de las etapas de procesamiento. Sin embargo, sin el 100% de certidumbre este fue el caso, estos han sido contados como individuos y por lo tanto potencialmente sesgada abundancia cuenta. Para minimizar esto en estudios futuros, se podría tomar mayor cuidado para reducir las fuerzas externas al procesar / transportar partículas.

Durante los meses de abril, mayo y junio, las muestras de micro y meso estaban tomando durante las lluvias, lo que resultó en muestras de arena húmeda que eran imposibles de tamizar. Para resolver este problema las muestras se enjuagaron a través del tamiz usando agua y se secaron antes de contar. Además, en un principio las muestras se pusieron en un baño de agua salada para separar el micro plástico de la arena pero al procesar la muestra de marzo, se observó que el baño de sal no separaba más micro plásticos de las muestras de arena y todos los micro plásticos fueron atrapados por el tamiz. Por esta razón, este paso se eliminó del proceso de abril, mayo y junio y sólo se utilizó el material retirado del tamizado de la muestra. Esto podría significar que casi no se presentaron micro-plásticos de baja densidad, menores de 1 mm en las muestras y que una parte de los micro plásticos de alta densidad no han sido contabilizados. Un estudio futuro podría utilizar sales que tienen una densidad específica más alta y es capaz de separar los micro plásticos de alta y baja densidad. (Claessens et al., 2013)

Los análisis estadísticos de los resultados de las muestras micro y meso muestran que no hay diferencia significativa para ambas clasificaciones a lo largo de cada mes. Los microplásticos muestran una significancia de 0,396 ($> 0,05$), y meso plásticos una significación de 0,316 ($> 0,05$). Esto está en línea con las expectativas, ya que no había limpieza completa de la playa de los desechos micro y meso y por lo tanto no se esperaba una disminución en el micro y el plástico meso.

Se ha observado una disminución de los desechos macro y mega, aparte de un ligero aumento en mayo, Octubre, y Febrero. El crecimiento en Mayo pueden debido a muchas del actividad de tormenta, mientras el crecimiento en Octubre es debido al hecho que no podíamos limpiar el playa en Agosto y Septiembre, porque no habíamos suficiente gente en el estación. La causa de la crecimiento en Febrero es menos claro. Mega escombros vio una tendencia generale similar de disminución, pero, el tendencia estan mas variable, y menos lineal. Se esperaba una disminución en macro y mega escombros ya que cada 28 días el transecto estaba completamente despejado de macro y mega detritos visibles. El promedio del acumulacion de macro escombros fue 48.8 piezas por M3, por mes, Y el promedio del acumulacion de mega escombros fue 0.0208 pezas por M3, por mes.

Dado que el transecto está situado cerca de la desembocadura de la Laguna Tortuguero, y varios asentamientos están situados a orillas del río, es probable que una parte de los escombros encontrados en Playa Norte provenga del río, ya que los ríos son una fuente conocida de tierra (Macfadyen et al., 2009). En áreas remotas como Tortugero, Costa Rica, la eliminación de desechos es un gran problema y los habitantes locales son conocidos por quemar basura o desechar en el océano o el río (Meletis, Z., 2007) Las tormentas podrían causar un aumento en la erosión terrestre y mayor ejecución - de los ríos, lo que podría dar lugar a un aumento de los residuos antropogénicos originarios. (Gesamp, 1987). El aumento en mayo podría atribuirse al clima tempestuoso con mareas más altas varios días antes del muestreo, lo que podría haber llevado una mayor cantidad de escombros a la playa (Carswell et al., 2011)

De las meses cuando todos el cuatro categorías fue evaluado (Marzo(2), Abril, Mayo, y Junio), cada mes, la mayor concentración de escombros consistía en micro plásticos seguidos por restos meso, macro y mega. Este es un resultado esperado (Cole et al., 2011) ya que las piezas más grandes de escombros tienden a reducir su tamaño, además de los micro plásticos producidos principalmente que terminan en el océano y se lavan en tierra (European Commission, 2011; Lee et al., 2013). Esta investigación ha indicado que esta es de hecho la situación en esta playa en particular.

En promedio, las concentraciones más altas de plásticos micro y meso se han encontrado en el rango de 16-20 metros de la marea. Esto sugiere que la línea de marea alta más reciente encontrada en esta playa está ubicada entre 16 y 20 metros de la marea, considerando que la mayor abundancia de micro y meso plástico debería encontrarse en la marea más alta más reciente. Para micro y meso la menor abundancia se encuentra entre 0 y 5 metros de la marea, lo que es comprensible, ya que esta es la gama con la acción de ola más alta.

5. Recomendaciones

Una porción de los desechos marinos encontrados en Playa Norte podría ser aportada por la desembocadura del río Laguna Tortuguero ya que muchos asentamientos están ubicados en la orilla del río. Para poder dar una estimación de la cantidad de escombros encontrados en Playa Norte es en realidad un resultado del río, un estudio futuro podría colocar un segundo transecto más lejos de la boca del río y comparar los resultados de ambos transectos.

Estudios futuros enfocados en la abundancia alejándose de la marea podrían optar por tomar un número determinado de muestras de cada rango, para crear una comparación más confiable entre los rangos, ya que los resultados de este estudio dependen de las muestras elegidas al azar. Puesto que varias líneas de marea viejas eran visibles a través del transect como líneas agudas de desechos biológicos y antropológicos, los estudios futuros podrían centrarse en comparar estas diversas viejas líneas de la marea para determinar donde se encuentra la abundancia real más alta de escombros.

Referencias

Carson, H., Colbert, S., Kaylor, M., McDermid, K. (2011) *Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments*. *Marine Pollution Bulletin* 62 (2011) 1708–1713

Carswell, B., K. McElwee, and S. Morison (eds.). (2011) *Technical Proceedings of the Fifth International Marine Debris Conference*. March 20–25, 2011. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-38.

Cheshire, A.C., Adler, E., Barbière, J., Cohen, Y., Evans, S., Jarayabhand, S., Jeftic, L., Jung, R.T., Kinsey, S., Kusui, E.T., Lavine, I., Manyara, P., Oosterbaan, L., Pereira, M.A., Sheavly, S., Tkalin, A., Varadarajan, S., Wenneker, B., Westphalen, G. (2009) *Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter*. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series No. 83: xii + 120 pp.

Claessens, M., Cauwenberghe, Van L., Vandegheuchte, M. B., Janssen C. R., (2013) *New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms*. *Marine Pollution Bulletin* 70 (2013) 227–233

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T. (2011) *Micro plastics as contaminants in the marine environment: A review*. *Mar. Pollut. Bull.*

European Commission (2011) *Plastic Waste: Ecological and Human Health Impacts Science for Environment Policy issued: November 2011*

Eriksen M, Lebreton LCM, Carson HS, Thiel M, Moore CJ, et al. (2014) *Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea*. *PLoS ONE* 9(12): e111913. doi:10.1371/journal.pone.0111913

Gesamp. (1987) *Land/sea boundary flux of contaminants: Contribution from Rivers* (IMCO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP/Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine pollution. Rep. Stud. GESAMP, (32):172 p.

Gesamp. (2015) *Sources, fate and effects of micro plastics in the marine environment: a global assessment*. (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 90, 96 p.

Lee, H., Shimb, W., Kwona, J., (2013) *Sorption capacity of plastic debris for hydrophobic organic chemicals*. *Science of the Total Environment* 470–471 (2014) 1545–1552

Lippiatt, S., Opfer, S., and Arthur, C. (2013) *Marine Debris Monitoring and Assessment*. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-46.

Meletis, Z. (2007) *Wasted visits? Ecotourism in theory vs. practice at Tortuguero, Costa Rica.* Department of Environment Duke University.

Macfadyen G, Huntington T & Cappell R. (2009) *Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear.* FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 523 / UNEP Regional Seas Reports and Studies 185, Rome, pp. XIV-XIX.

Nelms, S. E., Duncan, E. M., Broderick, A. C., Galloway, T. S., Godfrey, Matthew H., Hamann, M., Lindeque, P. K., and Godley, B. J. (2015) *Plastic and marine turtles: a review and call for research.* ICES Journal of Marine Science, doi: 10.1093/icesjms/fsv165.

De Witte, B.; Devriese, L.; Bekaert, K.; Hoffman, S.; Vandermeersch, G.; Cooreman, K.; Robbens, K. (2014)

Quality assessment of the blue mussel (Mytilus edulis): Comparison between commercial and wild types. Marine Pollution Bulletin, 85(1):146-155. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2014.06.006

Witt, M., Hawkes, L., Godfrey, M., Godley, B., Broderick, A. (2009) *Predicting the impacts of climate change on a globally distributed species: the case of the loggerhead turtle.*

Apéndice 1

Clasificación de desechos macro

ITEM
PLASTIC (HARD/FOAMED/FILM)
Food Wrappers
Bottles
Jugs or containers
Pull cap
Pen cap
Jugs or containers cap
Cigars butt
Cigarettes
Disposable cigarette lighters
6-pack rings
Bags
Plastic rope / small net piece
Buoys & floats
Fishing lures & line
Cups (including polystyrene / foamed plastic)
Plastic utensils
Straws
lollipop stick
Balloons
Personal care products
Needle/syringe
Electric cable
Tape
Label
Diaper
Toys
Cloth handles
Cloth pins
Foamed Plastic/Sponges
Plastics fragments
Other :
METAL
Aluminium/tin cans
Aerosol cans
Metal fragments
Others (aluminium) :

GLASS
Beverage bottles
Jars
Glass fragments
Other :
RUBBER
Flip-Flop
Gloves
Tires
Rubber fragments
Other :
PROCESSED LUMBER
Cardboard cartons
Paper and cardboard
Paper bags
Lumber/building material
Other (paint brush)
CLOTH / FRABRIC
Clothing & Shoes
Gloves (non rubber)
Towels / Rags
Rope / Net pieces (non nylon)
Other
OTHER / UNCLASSIFICABLE
Silicone
concrete
dry wall
Wax candle
Leather