

RESERVA DE CARBONO AZUL EN PLÁNTULAS DE MANGLE EN LA BAHÍA DE
CÍSPATA - CÓRDOBA, COLOMBIA.

INGRI JOHANNA GÓMEZ IBAÑEZ

MARÍA JOSE URANGO VARGAS

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
MONTERÍA-CÓRDOBA

2019

RESERVA DE CARBONO AZUL EN PLÁNTULAS DE MANGLE EN LA BAHÍA DE
CÍSPATA - CÓRDOBA, COLOMBIA.

INGRI JOHANNA GÓMEZ IBAÑEZ

MARÍA JOSE URANGO VARGAS

TRABAJO PRESENTADO A LA FACULTAD DE BIOLOGÍA COMO REQUISITO PARA
OBTENER EL TÍTULO DE PROFESIONAL EN BIOLOGÍA.

DIRECTOR

JORGE ENRIQUE ARIAS RIOS

M.Sc. Botánica Agrícola

CODIRECTOR:

CARLOS A. NISPERUZA PÉREZ

Biólogo. M.Sc. (C) Ciencias Ambientales

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
MONTERÍA-CÓRDOBA

2020

Nota de aceptación

María paulina Aycardi

Firma del presidente del jurado

CESAR VERGARA

Firma del jurado

JUAN YEPEZ

Firma del jurado

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado de manera especial a Monse que lamentablemente no se encuentra con nosotros, pero yo sé, que en el cielo es feliz y tiene a Dios y a todos sus ángeles comiendo helado, sin embargo, siempre estará en mi corazón y le estaré eternamente agradecida ya que gracias a ella muchas de mis metas fueron culminadas.

Ingri Johanna Gómez Ibañez

Es dedicado a mis padres Ubaldo y Elena por su apoyo incondicional quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido cumplir un sueño más, a mi hermano por su amor incondicional.

María Jose Urango Vargas

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la asociación de pescadores de la bahía de Cispata, especialmente al señor Tomas su esposa Ellen y al señor Rely, a los docentes Jorge Arias, Carlos Nisperuza, Cesar Vergara, Juan Yepes por su paciencia, confianza, acompañamiento durante esta investigación. a Juan Camilo Vergara por su acompañamiento, a mis compañeros de universidad: Yesmith, Lobito, Javier, Andreita, Smith, Vivian, Milton y Manuela quienes nos acompañaron en diferentes momentos de este viaje.

Agradezco primeramente a Dios por ser mi guía y mi eterno acompañante, a mi abuela Dilia María Alarcón, por acompañarme y ser mi apoyo en este proceso eres mi motor te agradezco por ser mi madre por los valores, enseñanzas y apoyo para mi vida los cuales son invaluable y atesorare por la eternidad.

A Rosalía Peña, Ana Vázquez y Luis por permanecer a mi lado siempre por cada palabra de aliento, por su ayuda incondicional y su disposición mil gracias.

A mis tías por cada oración y a la familia Sánchez Montalvo por su apoyo.

Ingri Johanna Gómez Ibañez

Agradezco a mis padres y demás familiares que hicieron parte de este proceso por ser mi apoyo en este largo camino.

A mi amiga Vivian Daguer por todos los momentos especiales que pasamos juntas, por ser tan incondicional.

María Jose Urango Vargas

CONTENIDO

RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. MARCO REFERENCIAL	3
3.1. Marco teórico	4
3.1.1 Mangle	4
3.1.2. Carbono azul	5
3.1.3. Captura de carbono en las plantas	6
3.1.4. Biomasa.....	6
3.2. Antecedentes	6
4. Metodología.....	¡Error! Marcador no definido.
4.1. Área de estudio.....	8
4.2. Fase de campo	8
4.3. Fase de laboratorio.	9
4.4. Tratamiento de datos.	9
5. RESULTADOS	10
6. CONCLUSIONES	15
7. Recomendaciones	16
8. BIBLIOGRAFÍA	17
9. ANEXOS	23
Dunn (con corrección de Holm)	30
Dunn (con corrección de Holm)	32
Dunn (con correccion de Holm)	33
Dunn (con corrección de Holm)	35
Dunn (con correccion de Holm)	37
CORRELACIÓN CARBONO VS SALINIDAD	38

ÍNDICE DE TABLAS FIGURAS

Figura 1. Zona de muestreo bahía de Cispatá- Córdoba-Colombia.....	8
Figura 2. Dendrograma.....	14
Tabla 1. Promedio de biomasa húmeda, seca y carbono.....	11

RESUMEN

El calentamiento global es un fenómeno que está afectando la vida sobre la tierra, lo cual es favorecido por actividades humanas como la deforestación, cambio en el uso del suelo y quema de combustibles fósiles, aumentando los gases de efecto invernadero. Los manglares son ecosistemas importantes en el proceso de fijación y captación de carbono, se estima que anualmente son responsables de fijar 25.5 millones de toneladas de Carbono aproximadamente, teniéndose como una alternativa para mitigar los efectos del cambio climático. En esta investigación se estimó la reserva de carbono en plántulas de mangle en la bahía de Cispatá – Córdoba, Colombia; para ello, se utilizó la metodología propuesta por Kauffman y Cifuentes, trazando dos transectos lineales de 150 metros en 6 puntos de muestreos; tres influenciados por la zona estuarina (Ciénaga Navío, La f Flotante y Ostional) y tres por la zona marina (Punta Robalo, Chorrillo y Punta Nisperal). La biomasa en cada uno de los transectos se calculó ubicando un cuadrante de 1 m² cada 25 m, posteriormente se colectaron, guardaron en bolsas y se pesaron las plántulas de mangle para obtener su biomasa en fresco. Las muestras fueron trasladadas hasta el Herbario de la Universidad de Córdoba donde se clasificaron, se prensaron por puntos de muestreos, luego fueron secadas en el horno a una temperatura de 60°C hasta obtener peso constante, finalmente la estimación cuantitativa de los reservorios de carbono se calculó multiplicando la biomasa de las plántulas por la constante 0,46 propuesta por Kauffman. El sector con mayor captación de carbono fue Punta Robalo (118.82) y el que presentó menor fue Ostional (13.17), presentándose una diferencia significativa en la reserva de carbono en los sectores estuarinos y salinos. Con Este trabajo se busca estimar y resaltar el papel que desempeñan las plántulas de mangle en la captación de carbono en la bahía de cispata además de incentivar a la comunidad a preservar el ecosistema.

Palabras claves: Carbono azul, biomasa, mangle, plántula, reserva.

ABSTRACT

Global warming is a phenomenon that is affecting life on earth, which is favored by human activities such as deforestation, change in land use and burning of fossil fuels, increasing greenhouse gases. Mangroves are important ecosystems in the process of carbon sequestration and capture, it is estimated that annually they are responsible for fixing approximately 25.5 million tons of Carbon, having as an alternative to mitigate the effects of climate change. In this investigation the carbon stock in mangrove seedlings in the bay of Cispatá - Córdoba, Colombia; for this, the methodology proposed by Kauffman and Cifuentes was used, drawing two linear transects of 150 meters in 6 sampling points; three influenced by the estuarine zone (Chorrillo, the floating and Ostional) and three by the marine zone (Punta robalo, ship swamp and nisperial point). The biomass in each of the transects was calculated by placing a quadrant of 1 m² every 25 m, then collected, stored in bags and weighed the mangrove seedlings to obtain their fresh biomass. The samples were transferred to the Herbarium of the University of Córdoba where they were classified, pressed by sampling points, then dried in the oven at a temperature of 60 ° C until constant weight was obtained, finally the quantitative estimation of the carbon reservoirs. It was calculated by multiplying the biomass of the seedlings by the constant 0.46 proposed by Kauffman. The sector with the highest carbon sequestration was punta robalo (118.82) and the one with the lowest was ostional (13.17), presenting a significant difference in the carbon stock in the estuarine and saline sectors. This work seeks to estimate and highlight the role that mangrove seedlings play in carbon sequestration in the cispatá bay, as well as encouraging the community to preserve the ecosystem.

Keywords: Blue carbon, biomass, mangrove, seedling, reserve.

1. INTRODUCCIÓN

El dióxido de carbono (CO₂) es uno de los principales gases efecto invernadero que contribuyen al cambio climático a través del tiempo, las emisiones de este gas se han elevado debido a actividades antrópicas como son: la deforestación, el cambio en el uso del suelo, la ganadería, aumento del uso y producción de combustibles fósiles entre otros, el CO₂ genera un impacto a nivel mundial, que no solo afecta el estado de conservación del ecosistema sino que, influye en los factores económicos, políticos y sociales según el Panel Intergubernamental de expertos sobre cambio climático (IPCC, 2001). Muchos de los ecosistemas que pueden ayudar a mitigar las emisiones del CO₂ se encuentran en peligro uno de los principales problemas es la expansión y el desarrollo de los asentamientos en las costas, la sobre explotación de sus recursos, el aumento de la turbidez por elevadas cargas de sedimentos y la contaminación de las aguas mal tratadas (IPCC, 2001). Entre los ecosistemas que tienen la capacidad de minimizar estas emisiones se encuentran marismas que son ecosistemas dominados por plantas vasculares que pueden almacenar alrededor de 430 Tg de carbono en los primeros centímetros del sustrato, seguido por los pastos marinos los cuales están constituidos por fanerógamas las cuales son responsables de capturar el 15% del carbono y por último se encuentran los bosques de manglar estos ecosistemas costeros cumplen un papel fundamental en la absorción de carbono el cual es almacenado dentro de la biomasa viva, sobre la superficie (hojas, tallos, ramas) y bajo tierra (raíces), la vegetación de estos se caracteriza por diversas especies vegetales que tienen la facilidad de adaptarse fisiológica y morfológicamente a habitats en sustratos salinos saturados (Duarte et al., 2005 a; Lo Iacono *et al.*, 2008). A diferencia de los suelos, los sedimentos en los que crecen manglares sanos, marismas y praderas no se saturan con C ya que los sedimentos se acumulan verticalmente en respuesta al aumento del nivel del mar, manteniendo la salud del ecosistema (McKee *et al.*, 2007). Estos han demostrado que son capaces de almacenar C durante milenios acumulando el CO₂ en los sedimentos de los océanos y así evitando la dispersión de este gas a la atmósfera (IPCC, 2001) La media global de secuestro de carbono por los pastos marinos se sitúa alrededor de 4,4 tCO₂/ha/año, para marismas en 8 tCO₂/ha/año, y para manglares en 6,3 tCO₂/ha/año (Nicholas Institute, 2011). Las tasas anuales de secuestro de carbono de estos ecosistemas son diferentes ya que varían según las condiciones locales, estas tasas de absorción son fundamentales para la biodiversidad ya que permite mantener

el buen funcionamiento de los ecosistemas costeros; además favorece la conservación de la biodiversidad y los servicios ambientales que estos ofrecen. Algunas organizaciones han planteado políticas que contribuyan a la conservación de estos, generando mercados que permitan a los países en vía de desarrollo conservar aquellos ecosistemas que ayudan a mitigar el acelerado proceso del cambio climático (IUCN,2011). Según el IPCC estima que si se reduce la deforestación y aumenta la reforestación el 15% de las emisiones de gases efecto invernadero para el 2050 podrían ser captadas y almacenadas en estos reservorios durante siglos (Duarte et al., 2005 a; Lo Iacono *et al.*,2008).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Estimar la reserva de carbono en plántulas de mangle en la bahía de Cispatá – Córdoba, Colombia.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la biomasa de las plántulas de mangle en la bahía de Cispatá – Córdoba Colombia.
- Establecer la cantidad de Carbono captado por las plántulas de mangle en la bahía de Cispatá.
- Comparar las reservas de Carbono de las plántulas en el ecosistema de manglar teniendo en cuenta la incidencia marina y estuarina en el área de estudio.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. Marco teórico

3.1.1 Mangle

Con el termino mangle se designa a las plantas leñosas, densas, frecuentemente arbustivas o arbóreas compuesta de una o algunas especies de fanerógamas, usualmente sin plantas herbáceas y sin trepadoras, rara vez con alguna epífita o parásita. Las especies son de hoja perenne, poco suculenta y de borde entero, El sistema radicular de algunas especies presenta raíces zancas y neumatóforos, con función de sostén en el fondo lodoso y de respiración radical, pues el sustrato es muy pobre en oxígeno, éstas estructuras le proporcionan al manglar un aspecto muy especial (Rzedowski 2006).

En América latina se reconocen 11 especies de mangle, agrupadas en los géneros *Rhizophora* y *Avicennia* con 4 especies cada uno, *Laguncularia*, *Conocarpus* y *Pelliceria*, con una especie respectivamente (Tomlinson, 1986). Para Colombia se reportan 5 especies, en el Caribe colombiano en las cuales se encuentran *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Conocarpus erectus* (mangle Zaragoza), y *Pelliceria Rhizophorae* (mangle piñuelo), siendo *R. mangle* y *A. germinans* las especies más abundantes y de mayor uso. En el Pacífico se reportan 8 especies de las cuales 5 son reportadas para el Caribe colombiano; las 3 especies que no se encuentran en el Caribe colombiano son: *Rhizophora barisonii*, *Rhizophora racemosa* y *Mora oleífera*.

En la parte baja de la cuenca en el delta de Tinajones y en el complejo lagunar Cispatá, se presentan los bosques de manglar (CVS 2004). Las especies más representativa para la región son: mangle rojo *Rhizophora mangle* L., mangle blanco *Laguncularia racemosa* C.F. Gaertn., mangle negro *Avicennia germinans* L., mangle Zaragoza o botoncillo *Conocarpus erectus* L. y mangle piñuelo *Pelliceria Rhizophorae* Planch & Triana (Sánchez-Páez *et al.*, 2013)

El Carbono es un elemento químico básico para la vida la mayoría de los organismos están conformados por carbono y necesitan de este elemento como un complemento para formar la mayor parte de los compuestos que se encuentran en los tejidos vivos, el dióxido de carbono es uno de los principales gases efecto invernadero que ayudan a acelerar el cambio climático. Los principales reservorios de CO₂ son los ecosistemas de manglar, pastos marinos y marismas en este

ecosistema se encuentran dos tipos de carbono que es apropiado mencionar (Middelburg *et al.*, 1997)

Carbono autóctono: Este tipo de carbono se produce y se deposita en el mismo lugar. Las plantas absorben dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera o el océano a través de la fotosíntesis (producción primaria) y lo transforman para ser utilizado por los tejidos de la planta (tales como hojas, tallos y raíces/rizomas) y así aumentar la biomasa vegetal. Una gran parte de la biomasa vegetal se distribuye en las raíces donde se descompone muy lentamente en condiciones anaeróbicas, almacenando así el carbono en los sedimentos (Middelburg *et al.*, 1997; Kennedy *et al.*, 2010).

Carbono alóctono: Este tipo de carbono se produce en un lugar y se deposita en otro. Los ecosistemas de carbono azul se presentan en entornos hidrodinámicamente muy activos, a la merced constante de olas, mareas y corrientes costeras que transportan sedimentos y el carbono orgánico asociado de los ecosistemas adyacentes (lejos de la orilla o terrestres). La vegetación que se encuentra en estos sistemas cuenta con complejas estructuras radiculares y doseles eficientes para la captura de sedimentos a medida que estos se desplazan a través del sistema, lo que suma, como resultado, a la reserva local de carbono (Middelburg *et al.*, 1997; Kennedy *et al.*, 2010).

Sin embargo, es importante resaltar que el carbono está clasificado en cuatro tipos de color (verde, marrón, negro y azul) los cuales se determinan por la fuente que es emitido.

3.1.2. Carbono azul

El carbono azul es el carbono acumulado en el suelo, la biomasa aérea viviente (hojas, ramas y tallos), la biomasa subterránea viviente (raíces) y la biomasa no viviente (por ejemplo, hojarasca y madera seca) de manglares, marismas y pastos marinos (Mcleod *et al.*, 2011). De manera similar al carbono acumulado en los ecosistemas terrestres, el carbono azul queda secuestrado en la biomasa vegetal viviente por períodos relativamente cortos (desde años hasta décadas). A diferencia de los ecosistemas terrestres, el carbono secuestrado en los suelos costeros puede ser considerable y puede quedar atrapado por períodos muy largos (desde siglos hasta miles de años), dando lugar a existencias de carbono de gran tamaño (Duarte *et al.*, 2005; Lo Iacono *et al.*, 2008).

3.1.3. Captura de carbono en las plantas

El proceso de captura de carbono, se produce una vez que las plantas absorben CO₂ de la atmósfera a través del proceso de fotosíntesis, el CO₂ capturado participa en la composición de materias primas como la glucosa, para formar las estructuras de la planta y es almacenado en su tejido en forma de biomasa aérea (hojas, ramas, tallos) y subterránea (raíces gruesas y finas) o en el suelo (degradación de biomasa proveniente de la planta o órganos leñoso y no leñosos) en forma de humus estable que aporta CO₂ al entorno; aproximadamente se estima que una tonelada de CO₂ atmosférico, equivale a 0.27 ton de carbono en la biomasa (Vallejo *et al.*, 2005).

3.1.4. Biomasa

Biomasa, entendida como la cantidad total de materia orgánica en el ecosistema en un momento dado; en el caso de la biomasa vegetal, la cantidad de materia viva producida por las plantas y almacenada en sus estructuras que tiene como fuente original el sol, y suele expresarse en unidades de energía (joules m⁻²) o de materia orgánica muerta toneladas por hectáreas (t/ha), (Salas & Infante 2006).

3.2. Antecedentes

Donato et al. 2011, cuantificaron el almacenamiento de carbono en 25 bosques de manglar en una amplia región del indo-pacífico, mediante la medición de biomasa de árboles y madera muerta, y el contenido de carbono en el suelo, con diferentes alturas y profundidades, reportando que los manglares están entre los bosques más ricos en carbono, con un promedio de 1023 Mg de carbono por hectárea; además, estimaron que la deforestación de los manglares genera emisiones entre 0,02 - 0,12 Pg de carbono por año.

Bautista *et al.*, (2014) estimaron la biomasa aérea (BA) del estero el Sargento y la Bahía de Tobarí en Sonora México; con el fin de comparar los almacenes de carbono entre ambos sitios, registrando que en Sargento la biomasa y la captura de carbono fueron mayores con un rango de 108.1- 316.78;

54.1-158.1 Mg C. ha⁻¹ respectivamente, para el caso de la Bahía de Tobarí la biomasa y la captura de carbono obtuvo un rango de 72.12- 130 y 36.1 a 65.5 Mg C. ha⁻¹ respectivamente.

Rodríguez-Hernández (2017) cuantificó la existencia de carbono en el bosque de manglar reportando que la existencia de carbono es de 488.1±71.90 mg c. ha⁻¹ en el ecosistema.

Ruiz *et al.*, (2014) analizaron las distintas metodologías para determinar la biomasa-c de especies forestales en diversos ecosistemas de México reportando que el método directo es el recomendado por su precisión y trabajo en campo indicando que este se mejora cuando se incluyen ramas, follaje, raíz y tronco del árbol, para el sitio recomienda incluir suelo, mantillo, necromasa, herbáceas y arbustos.

En Colombia, Blanco *et al.* 2015 estimaron los reservorios de biomasa aérea (BA) y de carbono (C) en los manglares del golfo de Urabá, indicando que los manglares del delta de río Atrato presentaron los mayores reservorios de biomasa aérea y carbono 165 y 83 t/ha, respectivamente, concentrada en la especie *Rhizophora mangle* con lo cual concluyo que los manglares mejor conservados del golfo de Urabá son sumideros importantes de carbono en la biomasa aérea.

4. Metodología

4.1. Área de estudio

El estudio se realizó en la Bahía de Cispatá, localizada en el Caribe continental colombiano departamento de Córdoba entre los municipios de San Antero, San Bernardo del Viento y Santa Cruz de Lorica (figura 1). El área está enmarcada entre las coordenadas geográficas 09°20'0" N y 75°54'30" W. La cobertura en bosques de manglar es de 85.709 ha, de las cuales 4.163 ha son susceptibles de aprovechamiento forestal (CVS & INVEMAR., 2010). La elevación promedio del sitio es 5 m.s.n.m, en el área se presenta un clima unimodal, con un periodo seco bien definido entre diciembre y marzo, y uno húmedo, entre abril y noviembre (CVS & IAvH, 2006). La temperatura media mensual oscila entre 26,7 y 28,6°C (Sánchez-Páez, *et al.*, 2005); la evaporación potencial promedio es de 1826 mm/año, y la precipitación anual promedio es de 1.425 mm (Sánchez-Paéz, *et al.*, 2004).

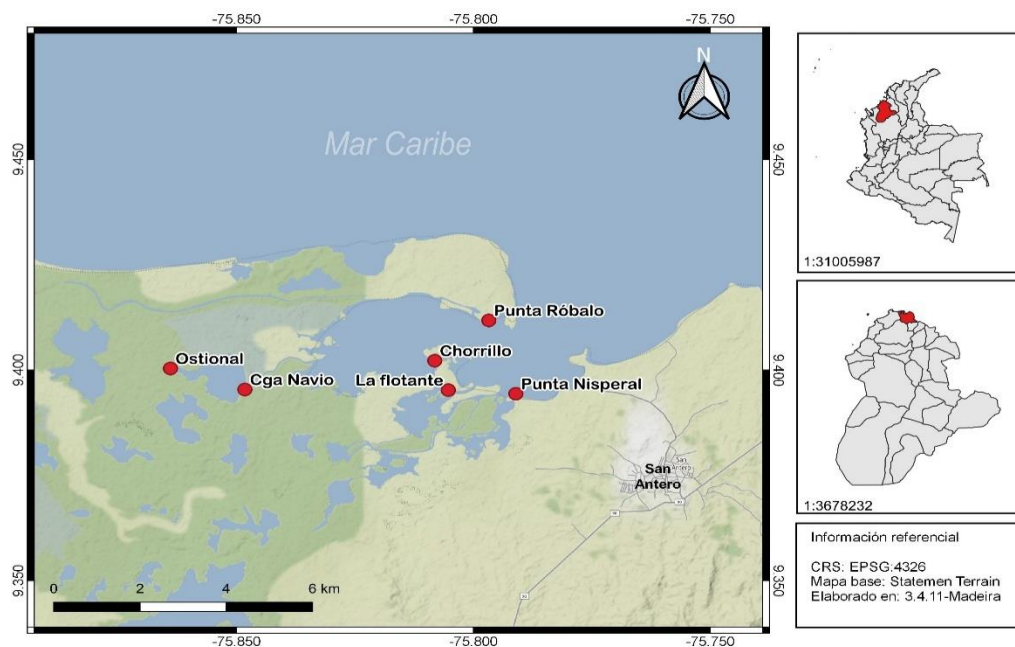


Figura 1. ubicación geográfica de la bahía de Cispatá- córdoba-Colombia.

4.2.Fase de campo.

En la bahía de Cispatá, se seleccionaron 6 puntos de muestreo (Punto Róbalo, Ciénaga Navío, Punta Nisperal, Ostional, Chorrillo, Ciénaga La Flotante); los cuales fueron divididos en dos grupos: los tres primeros con incidencia directa del mar y los tres restantes con cercanía e

influencia de caños provenientes del río Sinú (zona estuarina), en cada uno de los puntos de muestreo se realizó un transecto 150 metros perpendicular a la línea costera, para lo cual se usó un sistema anidado de unidades muestrales que se sitúan sobre el transecto, separadas cada 25 m, para cuantificar la biomasa del material de regeneración se utilizaron marcos de medición contruidos de material resistente (PVC) de 1 x 1 m para delimitar el área dentro de la cual se colecto por completo el material vegetal, para determinar su peso fresco total, las plántulas se guardaron en bolsas ziploc y fueron transportadas al Herbario de la Universidad de Córdoba-Colombia (Kauffman *et al.*, 2014; Cifuentes *et al.*, 2018. Además, se determinó la salinidad mediante un salinometro marca ATC modelo Rz118, para ello con una pipeta plástica se tomó una muestra de agua de cada punto, se colocó en el lente del salinometro y se determinó el volumen de salinidad por punto; esta variable fue usada para observar la influencia de la salinidad en la captación de carbono en las especies de manglar.

4.3.Fase de laboratorio.

Para determinar las reservas de carbono en plántulas de mangle fué necesario pesar las muestras en campo para obtener su peso húmedo, posteriormente las muestras obtenidas en campo se prensaron y secaron en un horno a 60°C hasta obtener peso constate, las reservas de carbono se obtuvieron multiplicando la biomasa de cada cuadrante en cada transecto por la constante 0,46 para así determinar el porcentaje de carbono almacenado en cada zona (Kauffman, J. B., Donato, D. C., & Adame, M. F. 2013).

4.4.Tratamiento de datos.

La información obtenida y suministrada fue organizada en una base de datos en Excel 2016, posteriormente sé realizó estadística descriptiva de las variables estudiadas por los factores del sector y de salinidad, en la estadística descriptiva se utilizaron las pruebas del test de normalidad de Lilliefors (actualización de kolmogorov-smirnov) el cual es utilizado para probar la hipótesis nula que demuestra que los datos presentan distribución normal. Posteriormente para la homocedasticidad se realizó el test de homogeneidad de varianza de Bartlett con el propósito de determinar las pruebas a realizar en la estadística inferencial consecutivamente se realizó la ANOVA de Kruskal- Wallis, seguido de la prueba de Dunn con correcciones de Holm. Adicionalmente Para determinar asociación o dependencia se realizó la prueba de Fisher para

asociaciones cuando la frecuencia teórica es menor a 10. Por último, se realizó un test de correlación de Spearman's de las variables carbono y salinidad representado en un Dendrograma UPGMA.

5. RESULTADOS

Se registró un total de 72 muestras de plántulas de mangle provenientes de 6 puntos de muestreo divididos en dos zonas, 3 puntos de muestreos en la zona marina con incidencia exclusiva del mar y 3 puntos de muestreos en la zona estuarina con influencia de cuerpo de agua dulce, los cuales se registraron en la tabla 1.

Los valores más altos en reserva de carbono para las plántulas de mangle en la bahía de Cispata se registraron en el sector Punta Robalo ($118,8195\text{g/m}^2$); esto puede deberse a que la vegetación en este sector es más abundante y según Rodríguez (2017) la biomasa es directamente proporcional a la captura de carbono, por otro lado, *Rhizophora mangle* fue la especie dominante, y gracias a que poseen estructuras como raíces y doseles complejos, son más eficientes en la absorción de carbono. Sin embargo, otro factor son las inundaciones periódicas, las cuales favorecen la baja descomposición de la materia orgánica debido a la poca disponibilidad de oxígeno lo cual favorece el almacenamiento de carbono (Collins y Kuehl, 2000).

El sector que presenta menor reserva de carbono en las plántulas de mangle en la bahía de Cispata fue Ostional ($13,1745\text{g/m}^2$), esto puede deberse a que en el sector el bosque es poco denso lo cual afecta la captura de carbono ya que las plantas a través del proceso de fotosíntesis capturan el carbono que se encuentra en la atmósfera y al presentar poca vegetación las reservas de carbono se verán restringidas. Otro factor determinante son las perturbaciones de origen antrópico las cuales llevan a la pérdida del dosel en el ecosistema.

Tabla 1. Promedio de biomasa húmeda, seca y carbono.

Sector	Biomasa húmeda(g/m ²)	Biomasa seca (g/m ²)	Carbono (g/m ²)
Punta Robalo	331.42	258.35	118.84
Ciénaga Navío	179.73	42.53	19.22
Punta Nisperal	238.62	62.59	28.79
Ostional	128.14	28.65	13.17
Chorrillo	477.22	107.41	49.41
La Flotante	343.93	117.15	53.89

5.1. Comparación por zonas entre salinidad y carbono

La zona estuarina en comparación con la zona salina presento valores más bajos de salinidad y carbono a lo largo del estudio con valores de 13,06-28,76 g/m² respectivamente el ANOVA de Fisher mostro una asociación positiva entre los valores de salinidad y captura de carbono en cada una de las zonas estudiadas (Fisher P -valor = $6,489 \times 10^{-8}$). Esto se debe a la influencia directa que presenta la zona salina a cuerpos de agua dulce, formando una zona con características particulares, como son los ecosistemas estuarinos, que contribuyen a la baja concentración de sal, por ende, si los valores de salinidad son bajos la reserva de carbono también serán, ya que existe una dependencia entre estas dos variables (Dutil y Brander, 2003).

5.1.2. Comparación de salinidad y carbono por sectores:

A nivel espacial se encontró que de los 6 sectores estudiados en la bahía de Cispata, el que presento valores más altos de salinidad fue la flotante con una media de 27.50 ± 2.75 y para carbono el sector que registro valores más altos fue Punta Robalo con una media de $118,82 \pm 116,51$ respectivamente. Por su parte el sector con menos salinidad y producción de carbono fue Ostional

con una media de $4,75 \pm 1,22$ y $13,17 \pm 9,04$ respectivamente. La prueba de Kruskal Wallis muestra que existen diferencias estadísticamente significativas tanto de salinidad como de carbono entre los sectores. (salinidad, p -value = $1,214e-11$; carbono p -value = $1,293e-07$).

El sector La Flotante registro valores altos de salinidad en comparación con los otros sectores esto pudo presentarse debido a que al momento de realizar el muestreo las temperaturas se encontraban elevadas gracias a que había un veranillo. según la Unesco (1981) las elevadas temperaturas influyen en la intensidad de la evaporación del agua haciendo que las concentraciones de sal sean altas.

Por su parte El sector Ostional perteneciente a la zona estuarina mostró valores bajos con respecto a salinidad y captura de carbono, esto se pudo presentar debido a las intensas lluvias registradas en este periodo del año (junio – agosto) cuando fueron tomadas las muestras, y la influencia antrópica que presenta la zona, específicamente por la obtención de madera por parte de los habitantes, lo cual no permite que los árboles cumplan su ciclo fenológico al punto de no dejar descendencia (plántulas) por otra parte la alta influencia de agua dulce proveniente del río Sinú disminuye las concentraciones de sal y favorece la baja captación de carbono por parte de las plántulas.

Sin embargo se observó que el punto con mayor captación de carbono fue Punta Robalo, localizado en la zona marina el cual presenta influencia directa del mar, teniendo en cuenta que al momento de realizar los muestreos en esta zona era época de lluvia, lo cual favorece las inundaciones periódicas permitiendo un proceso de lixiviación de la materia orgánica retenida en el ecosistema, bajando los niveles de eutrofización y por ende manteniendo mínimas las condiciones de estrés (valores de potencial redox positivos) al ser un manglar de tipo ribereños es dominado principalmente por la especie *R. mangle*, según Spalding (2010) esto podría atribuirse a la mayor capacidad de establecimiento y desarrollo de sus semillas en el sedimento, ya que germinan del embrión antes de que se desprendan del árbol, algo que no sucede con las otras especies de mangle, que enfrentan dificultades para germinar y establecerse en el sustrato.

Otros factores que influyen afectando la diversidad florística del manglar son las condiciones de salinidad, baja pluviosidad estos factores influyen en la disponibilidad de agua y, por consiguiente,

provocan una mayor evaporación; para las condiciones anteriores el mangle rojo presenta adaptaciones fisiológicas que le permiten subsistir (Saenger 2002; Cornejo 2014). Presentando una mayor capacidad de absorción de carbono, y se debe a su dominancia y morfología puesto que, al poseer una mayor altura, mayor grosor del tallo, hojas más grandes y gruesas favorecen la formación de biomasa y por ende la captación de carbono; esto coincide con lo reportado por Segovia (2019) quien realizó estudios en los manglares de la isla de Mondragón determinando que la especie de mangle capaz de captar una mayor tasa de carbono es *Rhizophora* sp. (mangle rojo).

5.1.3. Similitud entre sectores

El Dendrograma de similitud entre los sectores de estudio muestra la formación de dos grupos. Uno se encuentra compuesto por los sectores Chorrillo y La Flotante y un segundo grupo que presenta otros dos subgrupos (Punta Nisperal- Punta Robalo) y (Ciénaga Navío -Ostional) (figura 2). Los sectores Chorrillo y La Flotante presentan una estrecha relación, lo cual puede deberse a que se encuentran en espacios geográficos cercanos y muy similares, por lo tanto, comparten las mismas características medio ambientales como es el caso de la salinidad, presentando una vegetación similar, por lo cual la captación de carbono es más o menos equivalente en ambos sectores, aunque se encuentren en zonas diferentes.

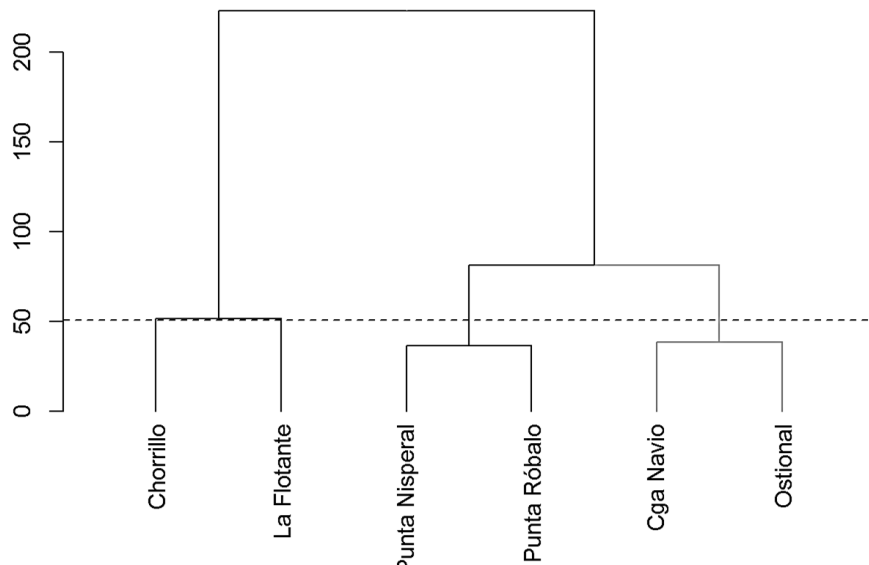


Figura 2. Dendrograma.

En el subgrupo mostrado en el Dendrograma compuesto por Punta Nisperal, Punta Robalo se relacionan por encontrarse en la misma zona marina, sin embargo, cabe resaltar que a pesar de ellos no presentan los mismos niveles de salinidad ni de absorción de carbono, aunque los muestreos se realizaron en el mismo periodo del año, esto pudo deberse a que hay una alta actividad antrópica en Punta Nisperal, el cual se encuentra rodeado por fincas que alteran la salud del ecosistema con remoción de suelos y cultivos (Gil & Ulloa, 2001) puesto que varía el pH trayendo acidificación al medio por consiguiente, los mangles localizados en este sector gastan más energía en su supervivencia que la acumulación de biomasa, mientras que en Punta Robalo se encuentra menos perturbado, por lo tanto la absorción de carbono es más eficiente, debido a esto presentan una vegetación muy similar ya sea por ubicación.

Ciénaga Navío y Ostional se encuentran relacionados por encontrarse en la misma zona, por lo tanto, ambos sectores presentaron bajos niveles de salinidad esto puede deberse a los cuerpos de agua dulce cercanos a la zona, también puede deberse a las intensas lluvias registradas al momento del muestreo en este periodo del año, por lo tanto al presentar mayor flujo de agua dulce, las concentraciones de sal disminuyen; por otro lado, las reservas de carbono son bajas en estos sectores puesto que la biomasa era poca debido a las distintas actividades antrópicas

realizadas que han desplazado la cobertura vegetal endémica evitando así el desarrollo de la biomasa limitando las reservas de carbono ya que como reporta (Rodríguez, 2017) a mayor biomasa mayor serán las reservas de carbono.

6. CONCLUSIONES

- La reserva de carbono en plántulas de mangle en la bahía de Cispatá es de 65.99g/m^2 presentándose mayores valores en el sector Punta Robalo ($118,81\text{g/m}^2$) y el menor el menor en ostional ($13,17\text{g/m}^2$).
- Los valores de biomasa presentaron la misma tendencia que la reserva de carbono.
- Las reservas de carbono en plántulas de mangle fueron mayores en la zona marina con un valor de ($65,67\text{ g/m}^2$) en comparación a la zona estuarina con un valor de ($28,76\text{ g/m}^2$).

7. Recomendaciones

- Profundizar el desarrollo investigativo de la captación de carbono a nivel municipal y departamental con el fin de que se siga demostrando la importancia de preservar los ecosistemas marino costeros.
- Realizar estas investigaciones en otros sectores de la bahía de Cispata y educar a la población para su preservación desde el niño hasta el adulto mayor.
- Fomentar estudios que abarquen no solo al carbono azul, sino, a otros estudios que vayan relacionados con los tipos de carbono: café, negro y verde en cada una de las zonas del país para ayudar a mitigar el cambio climático.
- Se recomienda realizar este estudio con un monitoreo más extenso que abarque varios ciclos con el propósito de verificar si la relación entre salinidad y carbono es constante en la bahía de Cispata.

BIBLIOGRAFÍA

- Alongi DM (2002) Estado actual y futuro de los manglares del mundo. *Conservación ambiental* 29: 331–49.
- Blanco-Libreros, J. F., Ortiz-Acevedo, L. F., & Urrego, L. E. (2015). Reservorios de biomasa aérea y de carbono en los manglares del golfo de Urabá (Caribe colombiano). *Actualidades Biológicas*, 37(103), 131–141.
- Callaway, J.C., Borde, A., Diefenderfer, H.L., Parker, V.T., Rybczyk, J.M., Thom, R.M. et al., (2012). Pacific Coast tidal wetlands. University of California Press Berkeley, CA, USA.
- Canadell, J. G., C. L. Quéré, M. R. Raupach, C. B. Field, E. T. Buitenhuis, P. Ciais, T. J. Conway, N. P. Gillett, R. A. Houghton and G. Marland. 2007. Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104:18866-18870.
- Cifuentes Jara, M., Brenes, C., Leandro, P., Molina, O., Romero, T. E., Torres Gómez, D., & Velásquez Mazariegos, S. (2018). Manual centroamericano para la medición de carbono azul en manglares.
- Clirsen, Memoria del Seminario sobre “Aplicación de Sensores Remotos en el Estudio del Ecosistema Manglar”, Guayaquil –Ecuador, 2006.
- Colado-Amador, C. E., Robles-Zazueta, C. A., & Meling-López, A. E. (2018). Ana L. Bautista-Olivas; Mayra Mendoza-Cariño; Julio Cesar-Rodriguez. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 24(3).

- Colado-Amador, Christian E., Carlos A. Robles-Zazueta, and Alf E. Meling-López. "Ana L. Bautista-Olivas¹; Mayra Mendoza-Cariño^{2*}; Julio Cesar-Rodriguez¹." *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 24.3 (2018).
- Collins, M. E. and R. J. Kuehl. 2000. Organic matter accumulation and organic soils. pp. 137-162. In: J. L. Richardson and M. J. Vepraskas (eds.). *Wetland soils: genesis, hydrology, landscapes and classification*. Lewis Publishers. Boca Raton, FL, USA
- Cornejo, X. 2014. *Plants of the South American Pacific Mangrove Swamps (Colombia, Ecuador, Peru)*. Guayaquil, Ecuador, Universidad de Guayaquil. 310 p.
- Corporación Autónoma Regional de los valles del Sinú y del san Jorge (CVS), & Instituto Alexander von Humboldt (IAvH). (2006). *Delimitación y formulación de un distrito de Manejo Integrado de los Recursos naturales (DMI) de los manglares de la bahía de Cispata, Tinajones, La Balsa y sectores aledaños* (p. 299). Montería, Colombia: Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú & San Jorge (CVS)-Instituto Alexander von Humboldt (IAvH), convenio 026.
- Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del san Jorge (CVS), & Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR). (2010). *Plan integral de manejo Distrito de Manejo Integrado (DMI) bahía de cispata- la Balsa-Tinajones y sectores aledaños*. En G. X. Rojas y P.C. Sierra-Correa (Eds.) serie de publicaciones especiales No.18 de INVEMAR. Santa Marta.
- CVS (Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge). 2004. *Diagnóstico Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Río Sinú. Informe Final*. Montería, Colombia.
- Daniel C. Donato, J. Boone Kauffman, Daniel Murdiyarso, Sofyan Kurnianto, Melanie Stidham & Markku Kanninen. *Nature Geoscience* volume 4, pages 293–297 (2011).
- Donato et al 2011 = Donato, DC, Kauffman, JB, Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. y Kanninen, M. (2011). Manglares entre los bosques más ricos en carbono de los trópicos. *Nature geoscience*, 4 (5), 293.
- Duarte, C.M., Middelburg, J.J. & Caraco, N. (2005). Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences*, 2, 1–8.

- Dutil, J-D. & Brander, K. (2003). Comparing productivity of North American cod (*Gadus morhua*) stocks and limits to growth production. *Fish. Oceanogr.*, 12: 502–512.
- FAO. 2011. La seguridad alimentaria: información para la toma de
- Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M.A. et al. (2012a). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, 5, 505–509.
- Gil-Torres, W., & Ulloa-Delgado, G. (2001). Caracterización, diagnóstico y zonificación de los manglares del departamento de Córdoba. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y el San Jorge–CVS. Informe técnico. Montería.
- IPCC. 2001: Cambio climático. 2001. La base científica. Contribución del Grupo de trabajo I al Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Houghton, J. T., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell y C. A. Johnson (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos. 944 p.
- *IUCN*, Blue Carbon policy framework, Based on the first workshop of the International Blue Carbon Policy Working Group, 2011.
- Kauffman, J. B., Heider, C., Norfolk, J., & Payton, F. (2014). Carbon stocks of
- Kauffman, J.B. & Donato, D. (2011). Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in
- Kauffman, J.B., Arifanti, V.B., Hernández Trejo, H., Jesús García, M. del C., Norfolk, J., Cifuentes, M., Hadriyanto, D., Murdiyarso, D. (2017). The jumbo carbon footprint of a shrimp: Carbon losses from mangrove deforestation. *Frontiers of Ecology and the Environment*, 15(4):183-188. doi:10.1002/fee.1482.
- Kauffman, JB; Donato, DC; Adame, MF. 2013. Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares. CIFOR.
- Kennedy, H., Beggs, J., Duarte, C.M., Fourqurean, J.W., Holmer, M., Marbà, N. et al. (2010). Seagrass sediments as a global carbon sink: Isotopic constraints. *Global Biogeochemical Cycles*, 24.

- Lo Iacono, C., Mateo, M.A., Gràcia, E., Guasch, L., Carbonell, R., Serrano, L. et al. (2008). Very high-resolution seismo-acoustic imaging of seagrass meadows (Mediterranean Sea): Implications for carbon sink estimates. *Geophysical Research Letters*, 35.
- Loomis, M.J. & Craft, C.B. (2010). Carbon sequestration and nutrient (nitrogen, phosphorus) accumulation in river-dominated tidal marshes, Georgia, USA. *Soil Science Society of America Journal*, 74, 1028–1036.
- Lovelock, C.E., Ruess, R.W. & Feller, I.C. (2011). CO₂ efflux from cleared mangrove peat. *PloS one*, 6, e21279.
- McKee, K.L., Cahoon, D.R. & Feller, I.C. (2007). Caribbean mangroves adjust to rising sea level through biotic controls on change in soil elevation. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 545–556.
- Mcleod, E., Chmura, GL, Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., Duarte, CM,... y Silliman, BR (2011). Un plan para el carbono azul: hacia una mejor comprensión del papel de los hábitats costeros con vegetación en el secuestro de CO₂. *Frontiers in Ecology and the Environment* , 9 (10), 552-560.(definición de carbono azul)
- Middelburg, J., Nieuwenhuize, J., Lubberts, R. & Van de Plassche, O. (1997). Organic carbon isotope systematics of coastal marshes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 45, 681–687.
- Middelburg, JJ, Nieuwenhuize, J. y van Breugel, P. (1999). Carbono negro en sedimentos marinos. *Marine Chemistry* , 65 (3-4), 245-252.
- Nellemann C, Corcoran E, Duarte CM, Valdes L, DeYoung C, et al. (Eds) (2009). Carbono Azul. Una evaluación de respuesta rápida. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, sitio web GRID-Arendal. www.grida.no. Consultado el 11 de noviembre de 2011.
- Nicholas Institute, Green payments for Blue Carbon, Nicholas Institute Report, 2011.
- Pendleton L, Donato DC, Murray BC, Crooks S, Jenkins WA, Sifleet S, et al. (2012) Estimación de las emisiones globales de “carbono azul” de la conversión y degradación de los ecosistemas costeros con vegetación. *PLoS ONE* 7 (9): e43542.

- Rodríguez Hernández, C. H. (2017). *Existencias de carbono azul y la dinámica histórica de la cobertura del bosque manglar en el Área de Conservación Sipacate-Naranjo, Guatemala, Centroamérica* (No. Thesis R696ex). CATIE, Turrialba (Costa Rica).
- Ruiz-Díaz, C., Rodríguez-Ortiz, G., Leyva-López, J. C., & Enríquez-del Valle, J. R. (2014). Metodologías para estimar biomasa y carbono en especies forestales en México. *Naturaleza y Desarrollo*, 12(1), 28-45.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ª Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 p.
- Saenger, P. 2002. Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation. s.l., Springer Science & Business Media. 360 p.
- Salas, J., & Infante, A. (2006). Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones forestales. *Revista Forestal Latinoamericana*, (40), 47-71. (biomasa)
- Sánchez-P., H., G. Ulloa-D. & R. Álvarez. 2000. Lineamientos estratégicos para la conservación y uso sostenible de los manglares de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, ACOFORE, OIMT. 290 pp. Bogotá. D.C.
- Sánchez-Páez, H., Guevara-Mancera, 2013. Plan de manejo de los manglares de las zonas de recuperación y preservación de San Onofre, Tolú Y Coveñas. Ministerio del Medio Ambiente. Sincelejo. 140 p.
- Sánchez-Páez, H., Guevara-Mancera, O. y Álvarez-León, R., 1988. Conservación y uso sostenible de los manglares del Pacífico Colombiano. Ministerio del Medio Ambiente, Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) y Asociación Colombiana de Reforestadores (ACOFORE). Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá. 178 p.
- Sanchez-páez,H.,Ulloa-Delgado,G.,Tavera Escobar,H.,& Gil Torres, W.(2005). Plan de manejo integral de los manglares de la zona de uso sostenible del sector estuarino de la Bahía de Cispata departamento de Córdoba-Colombia (p.202). Bogotá, D.C.: OIMT, CVS, CONIF, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Sánchez-Páez., H., Ulloa-Delgado., & Travera-Escobar, T. (2004). Manejo integral de manglares por comunidades locales, caribe de Colombia (p.335). Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo Territorial. CONIF-OIMT.

- Silva, C., Lacerda, y Rezende, C.,1990 “Metal reservoir in a red mangrove forest”. *Biotropica*,22(4):339-345.
- Spalding, M. 2010. *World Atlas of Mangroves*. London, United Kingdom, Washington, United States, Editor. 336p.
- Tomlinson, P. B., 1986. *The Botany of Mangroves*, Chapter 3: 40-61 Cambridge University Press, Cambridge. 413 p.
- Unesco (1981). *The Practical Salinity Scale 1978 and International Equation of state of Seawater 1980*. Tech. Pap. Mar. Sci.,36:25 pp.
- Vallejo, J., Londoño, A., López, R., Galeano, G., Álvarez, E., & Devia, W. (2005). *Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Serie: Métodos para estudios ecológicos a largo plazo; No. 1. Bogotá D. C. (Colombia), 310 p.
- Walsh, G. E. 1974 *Mangroves: A review*. In: R.J. Reinhold & W.H. Queen (eds). *Ecology of Halophytes*: 51-174. Academic Press. Nueva York.
- Wylie, L., Sutton-Grier, A. E., & Moore, A. (2016). Keys to successful blue carbon projects: Lessons learned from global case studies. *Marine Policy*, 65, 76-84.
- Wylie, Lindsay; Sutton-Grier, Ariana E.; Moore, Amber. Keys to successful blue carbon projects: Lessons learned from global case studies. *Marine Policy*, 2016, vol. 65, p. 76-84

ANEXOS

ANEXO A: Descripción estadística para el sector Ciénaga Navío

	Varn	n	Mean	Sd	Median	Trimmed	Mad	Min	Max	Skew	Kurtosis
Salinidad	7	12	6.92	1.83	6.50	6.80	2.22	5.00	10.00	0.27	-1.62
Peso húmedo	8	12	179.73	68.68	176.93	178.62	96.20	79.70	290.93	-0.02	-1.43
Peso seco	9	12	42.53	12.38	41.53	42.06	15.73	26.06	63.77	0.02	-1.37
Biomasa	10	12	42.53	12.38	41.53	42.06	15.73	26.06	63.77	0.02	-1.37
Carbono	11	12	19.22	5.60	18.73	18.93	5.67	11.99	29.33	0.36	-1.19

ANEXO B: Descripción estadística para el sector Chorrillo

	Varn	n	Mean	Sd	Median	Trimmed	Mad	Min	Max	Skew	Kurtosis
Salinidad	7	12	26.50	2.88	26.50	26.80	2.22	20.00	30.00	-0.55	-0.25
Peso húmedo	8	12	477.22	343.80	415.93	413.19	171.24	136.93	1457.80	1.80	2.66
Peso seco	9	12	107.41	53.38	109.90	100.86	44.60	38.72	241.55	1.02	0.68
Biomasa	10	12	107.41	53.38	109.90	100.86	44.60	38.72	214.55	1.02	0.68
Carbono	11	12	49.41	24.56	50.55	46.40	20.51	17.82	111.11	1.02	0.68

ANEXO C: Descripción estadística para el sector La flotante

	Varn	n	Mean	Sd	Median	Trimmed	Mad	Min	Max	Skew	Kurtosis
Salinidad	7	12	27.50	2.75	26.00	27.30	1.48	25.00	32.00	0.68	-1.37
Peso húmedo	8	12	343.93	160.56	366.40	342.63	158.64	99.93	600.93	-0.15	-1.28
Peso seco	9	12	117.15	30.89	119.72	114.66	33.44	77.03	182.20	0.46	-0.77
Biomasa	10	12	117.15	30.89	119.72	114.66	33.44	77.03	182.20	0.46	-0.77
Carbono	11	12	53.89	14.21	55.07	52.72	35.43	35.43	83.81	0.46	-0.77

ANEXO D: Descripción estadística para el sector Ostional

	Varn	n	Mean	Sd	Median	Trimmed	Mad	Min	Max	Skew	Kurtosis
Salinidad	7	12	4.75	1.22	5.00	4.70	0.00	3.00	7.00	-0.12	-0.85
Peso húmedo	8	12	128.14	92.08	140.85	126.93	125.80	3.70	264.70	-0.10	-1.62
Peso seco	9	12	28.65	19.64	32.66	28.76	23.17	1.09	55.09	-0.29	-1.61
Biomasa	10	12	28.65	19.64	32.66	28.76	23.17	1.09	55.09	-0.29	-1.61
Carbono	11	12	13.17	9.04	15.03	13.23	10.66	0.50	25.34	-0.29	-1.61

ANEXO E: Descripción estadística para el sector Punta Nisperal.

	Varn	n	Mean	Sd	Median	Trimmed	Mad	Min	Max	Skew	Kurtosis
Salinidad	7	12	26.42	3.02	27.00	26.30	3.71	22.00	32.00	0.17	-1.28
Peso húmedo	8	12	238.62	103.89	239.43	238.19	134.35	91.70	389.93	0.05	-1.63
Peso seco	9	12	62.59	29.78	56.06	62.06	31.15	22.35	108.15	0.24	-1.57
Biomasa	10	12	62.59	29.78	56.06	62.06	31.15	22.35	108.15	0.24	-1.57
Carbono	11	12	28.79	13.70	25.79	25.79	14.33	10.28	49.75	0.24	-1.57

ANEXO F: Descripción estadística para el sector Punta Robalo

	Varn	n	Mean	Sd	Median	Trimmed	Mad	Min	Max	Skew	Kurtosis
Salinidad	7	12	14.67	4.68	13.00	14.30	3.71	10.00	23.00	0.53	-1.45
Peso húmedo	8	12	331.42	113.99	216.20	233.46	52.63	86.70	548.70	1.27	1.44
Peso seco	9	12	258.35	27.77	59.80	60.00	23.94	24.95	130.35	0.89	0.38
Biomasa	10	12	258.35	27.77	59.80	60.00	23.94	24.95	130.35	0.89	0.38
Carbono	11	12	118.84	116.51	49.82	106.99	46.46	11.48	344.49	0.67	-1.23

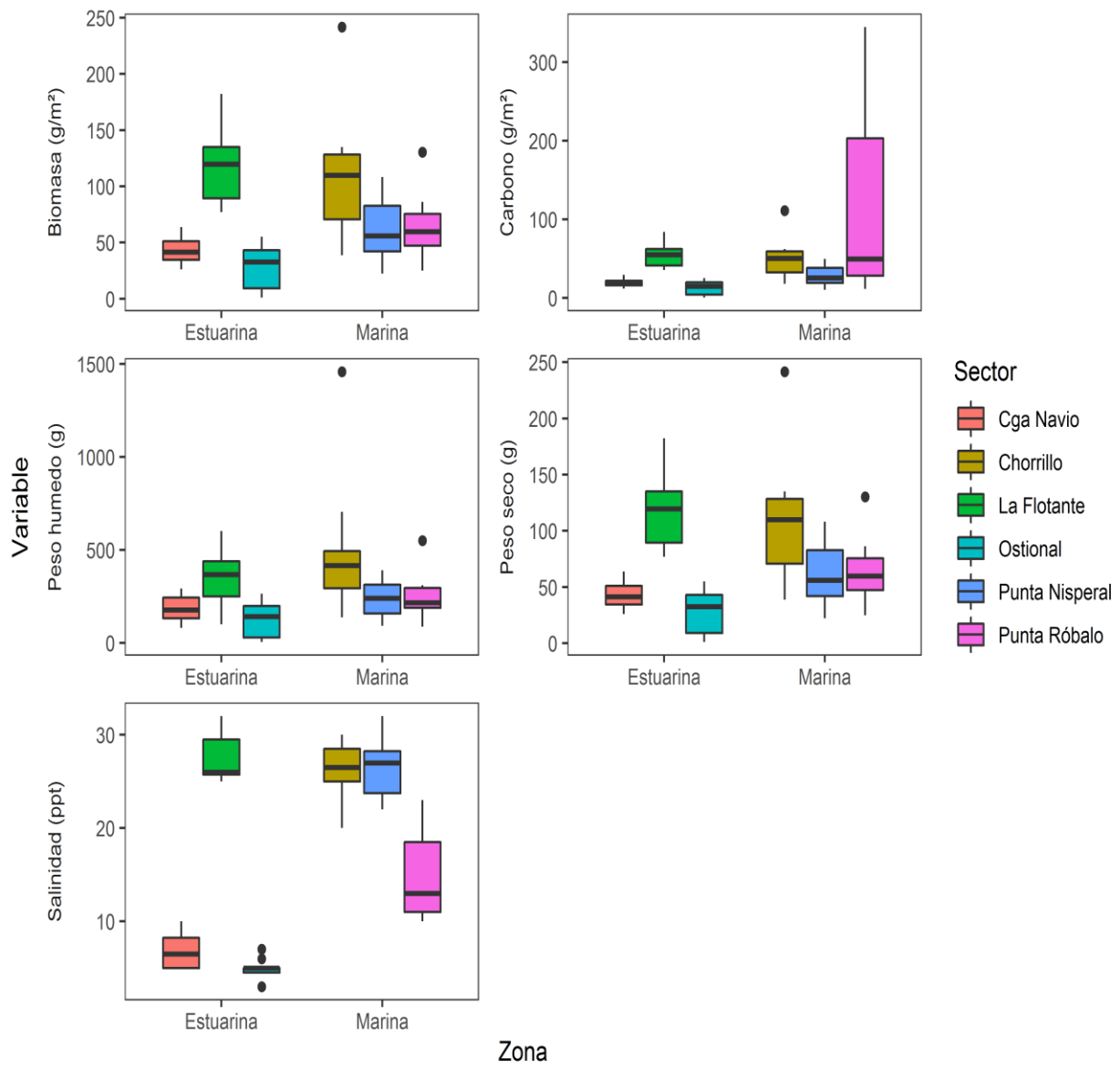


Figura 3: diagrama de cajas de bigotes de las variables estudiadas por zona y sector.

ANEXO G: Descripción estadística para la zona estuarina

	Varn	n	Mean	Sd	Median	Trimmed	Mad	Min	Max	Skew	Kurtosis
Salinidad	7	36	13.06	10.58	7.00	12.20	2.97	3.00	32.00	0.68	-1.39
Peso húmedo	8	36	217.27	144.77	188.81	205.66	117.70	3.70	600.93	0.77	-0.03
Peso seco	9	36	62.78	44.98	48.29	59.66	30.33	1.09	182.20	0.81	-0.22
Biomasa	10	36	62.78	44.98	48.29	59.66	30.33	1.09	182.20	0.81	-0.22
Carbono	11	36	28.76	20.74	21.28	27.30	12.57	0.50	83.81	0.82	-0.23

ANEXO H: Descripción estadística para la zona salina

	Varn	N	Mean	Sd	Median	Trimmed	Mad	Min	Max	Skew	Kurtosis
Salinidad	7	36	22.53	6.65	25.00	22.93	5.19	10.00	32.00	-0.68	-0.87
Peso húmedo	8	36	321.11	239.10	282.62	285.26	143.96	86.70	1457.80	3.02	11.53
Peso seco	9	36	77.65	43.27	68.50	73.74	37.38	22.35	241.55	1.50	3.35
Biomasa	10	36	77.65	43.27	68.50	73.74	37.38	22.35	241.55	1.50	3.35
Carbono	11	36	65.67	77.72	35.67	49.26	22.74	10.28	344.49	2.21	4.08

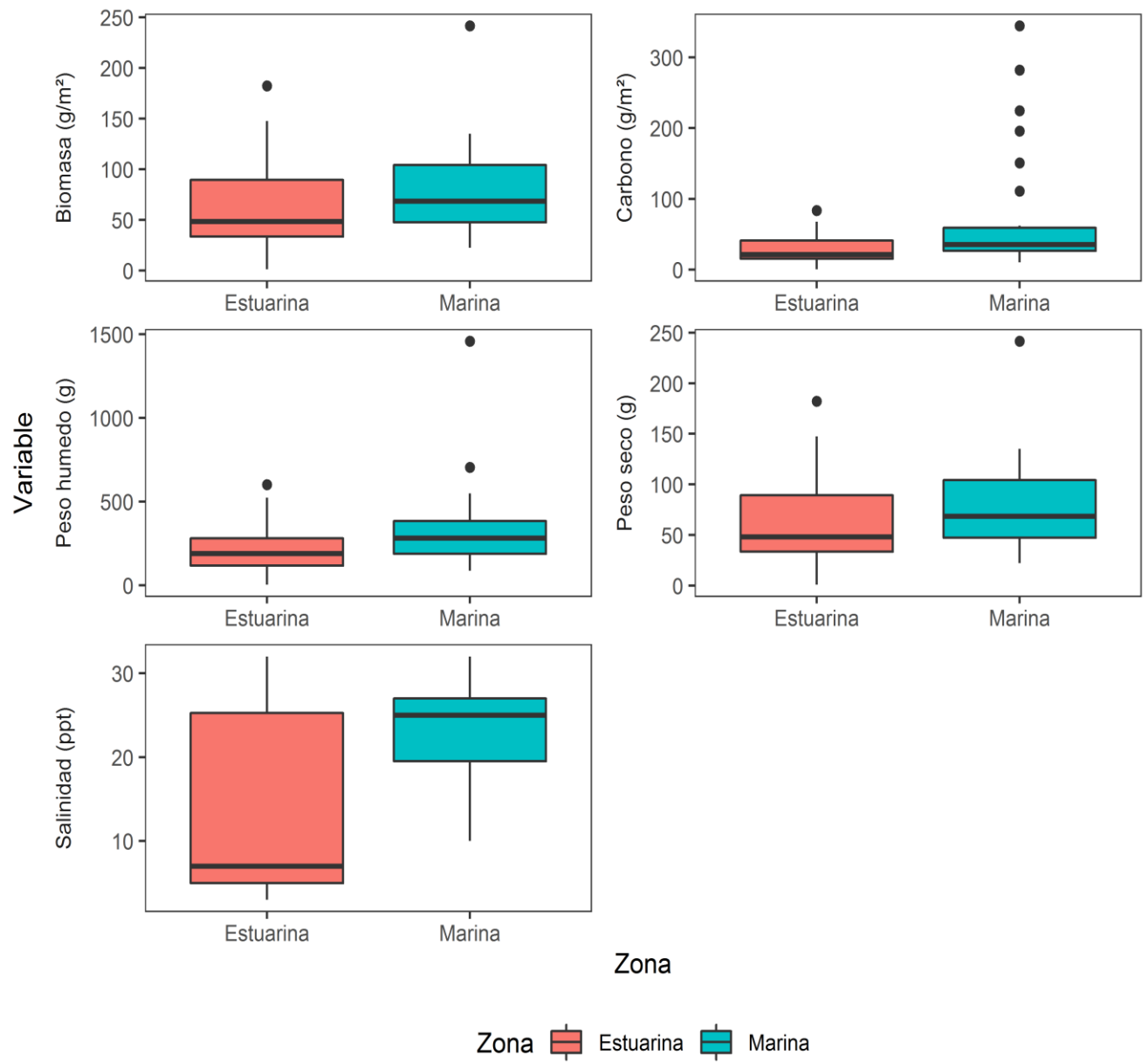


Figura 4. diagrama de cajas de bigotes de las variables estudiadas por zona.

ANEXO I: Prueba de Normalidad

Variable	Prueba	p-valor
Salinidad	Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov)	p-value = 3.293e-07
Peso húmedo	Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov)	p-value = 3.293e-07
Peso seco	Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov)	p-value = 0.00117
Biomasa	Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov)	p-value = 0.00117
Carbono	Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov)	p-value < 2.2e-16

ANEXO J: Prueba de homocedasticidad

Variable	Prueba	p-valor
Salinidad	Prueba de Bartlett de homogeneidad de varianzas	p-value = 0.001212
Peso húmedo	Prueba de Bartlett de homogeneidad de varianzas	p-value = 1.353e-07
Peso seco	Prueba de Bartlett de homogeneidad de varianzas	p-value = 0.0002754
Biomasa	Prueba de Bartlett de homogeneidad de varianzas	p-value = 0.0002754
Carbono	Prueba de Bartlett de homogeneidad de varianzas	p-value = 0.0002754

ANEXO K. Estadística inferencial para salinidad.

Kruskal-Wallis rank sum test

data: datos\$Salinidad by datos\$Punto

Kruskal-Wallis chi-squared = 60.002, df = 5, *p-value* = 1.214e-11

Dunn (con corrección de Holm)

Comparison of x by group

(Holm)

Col Mean-|

Row Mean | Cga Navi Chorrill La Flota Ostional Punta Ni

-----+-----

Chorrill | -4.373834

| 0.0001*

|

La Flota | -4.686950 -0.313115

| 0.0000* 0.7542

|

Ostional | 0.919777 5.293612 5.606727

| 0.7154 0.0000* 0.0000*

|

Punta Ni | -4.295555 0.078278 0.391394 -5.215333

| 0.0001* 0.4688 1.0000 0.0000*

Punta R6 | -1.682996 2.690837 3.003953 -2.602774 2.612559

| 0.2309 0.0285 0.0120* 0.0277 0.0315

alpha = 0.05

Reject Ho if $p \leq \alpha/2$

Prueba de dependencia o asociaci6n

RANGO	ESTUARINA	SALINA
(0,5]	7.0	7.0
(5,10]	6.0	6.0
(5,10]	3.0	3.0
(15,20]	1.5	1.5
(20,25]	7.0	7.0
(25,30]	9.5	9.5
(30,35]	2.0	2.0

Fisher's Exact Test for Count Data

data: datos\$Salinidad_rec and datos\$Zona

p-value = 6.489e-08

alternative hypothesis: two.sided

ANEXO L: Peso húmedo

Kruskal-Wallis rank sum test

data: datos\$`peso humedo` by datos\$Punto

Kruskal-Wallis chi-squared = 25.916, df = 5, p-value = 9.264e-05

Dunn (con corrección de Holm)

Comparison of x by group

(Holm)

Col Mean-

Row Mean | Cga Navi Chorrill La Flota Ostional Punta Ni

-----+-----
Chorrill | -3.511347

| 0.0031*

|

La Flota | -2.667648 0.843698

| 0.0458 0.5983

|

Ostional | 0.819314 4.330661 3.486962

| 0.4126 0.0001* 0.0032*

|

Punta Ni | -1.175325 2.336021 1.492322 -1.994640

| 0.4797 0.1072 0.4747 0.1843

|

Punta Ró | -1.336262 2.175084 1.331385 -2.155577 -0.160936

| 0.5444 0.1481 0.4577 0.1400 0.4361

alpha = 0.05

Reject Ho if $p \leq \alpha/2$

Prueba de dependencia o asociación por zona

RANGO	ESTUARINA	MARINA
(0,200]	15.5	15.5
(200,400]	14.5	14.5
(400,600]	4.5	4.5
(600,800]	1.0	1.0
(1.4e+03,1.6e+03]	0.5	0.5

Fisher's Exact Test for Count Data

data: datos\$ph_rec and datos\$Zona

p-value = 0.3844

alternative hypothesis: two.sided

ANEXO M: Peso seco

Kruskal-Wallis rank sum test

data: datos\$`peso seco` by datos\$Punto

Kruskal-Wallis chi-squared = 40.921, df = 5, p-value = 9.735e-08

Dunn (con corrección de Holm)

Comparison of x by group

(Holm)

Col Mean-|

Row Mean | Cga Navi Chorrill La Flota Ostional Punta Ni

-----+-----
Chorrill | -3.569754

| 0.0021*

|

La Flota | -4.398796 -0.829041

| 0.0001* 0.4071

|

Ostional | 0.887562 4.457317 5.286358

| 0.5622 0.0001* 0.0000*

|

Punta Ni | -1.414247 2.155507 2.984549 -2.301809

| 0.3146 0.1089 0.0156* 0.0854

|

Punta Ró | -1.570302 1.999452 2.828494 -2.457864 -0.156054

| 0.2909 0.1367 0.0234* 0.0629 0.4380

alpha = 0.05

Reject Ho if $p \leq \alpha/2$

Prueba de dependencia o asociación

	ESTUARINA	SALINA
(0,50]	15.5	15.5

(50,100]	11.5	11.5
(100,150]	8.0	8.0
(150,200]	0.5	0.5
(200,250]	0.5	0.5

Fisher's Exact Test for Count Data

data: datos\$ps_rec and datos\$Zona

p-value = 0.09142

alternative hypothesis: two.sided

ANEXO N: biomasa

Kruskal-Wallis rank sum test

data: datos\$biomasa by datos\$Punto

Kruskal-Wallis chi-squared = 40.921, df = 5, p-value = 9.735e-08

Dunn (con corrección de Holm)

Comparison of x by group

(Holm)

Col Mean-

Row Mean | Cga Navi Chorrill La Flota Ostional Punta Ni

-----+-----

Chorrill | -3.569754

| 0.0021*

|

La Flota | -4.398796 -0.829041

| 0.0001* 0.4071

|

Ostional | 0.887562 4.457317 5.286358

| 0.5622 0.0001* 0.0000*

|

Punta Ni | -1.414247 2.155507 2.984549 -2.301809

| 0.3146 0.1089 0.0156* 0.0854

|

Punta R6 | -1.570302 1.999452 2.828494 -2.457864 -0.156054

| 0.2909 0.1367 0.0234* 0.0629 0.4380

alpha = 0.05

Reject Ho if $p \leq \alpha/2$

Prueba de dependencia o asociación

	ESTUARINA	SALINA
(0,50]	15.5	15.5
(50,100]	11.5	11.5
(100,150]	8.0	8.0
(150,200]	0.5	0.5
(200,250]	0.5	0.5

Fisher's Exact Test for Count Data

data: datos\$biomasa_rec and datos\$Zona

p-value = 0.09142

alternative hypothesis: two.sided

ANEXO Ñ: Carbono

Kruskal-Wallis rank sum test

data: datos\$carbono by datos\$Punto

Kruskal-Wallis chi-squared = 40.31, df = 5, p-value = 1.293e-07

Dunn (con correccion de Holm)

Comparison of x by group

(Holm)

Col Mean-

Row Mean | Cga Navi Chorrill La Flota Ostional Punta Ni

-----+-----
Chorrill | -3.306438

| 0.0047*

|

La Flota | -4.057459 -0.751020

| 0.0003* 0.9053

|

Ostional | 0.721759 4.028198 4.779218

| 0.7057 0.0003* 0.0000*

|

Punta Ni | -1.336230 1.970208 2.721228 -2.057990

| 0.4537 0.1464 0.0293 0.1386

|

Punta R6 | -3.550276 -0.243837 0.507182 -4.272036 -2.214046

| 0.0021* 0.4037 0.6120 0.0001* 0.1073

alpha = 0.05

Reject Ho if $p \leq \alpha/2$

Prueba de dependencia o asociación

Fisher's Exact Test for Count Data

data: datos\$carbono and datos\$Zona

alternative hypothesis: two.sided p-value = 1.159e-11

CORRELACIÓN CARBONO VS SALINIDAD

Spearman's rank correlation rho

data: datos\$carbono and datos\$Salinidad

S = 28566, p-value = 9.429e-07

alternative hypothesis: true rho is not equal to 0

sample estimates:

rho

0.5407151