



Teledetección aplicada en la evaluación de los cambios ocasionados por la dinámica en la línea de costa y zona de manglar influenciada bajo la desembocadura del río San Juan y la dinámica mareal del pacífico en las veredas Ladrilleros, Juanchaco y La barra, Buenaventura.

Dylan Esteban Restrepo Muñoz



Universidad[®]
Católica
de Manizales

VIGILADA Mineducación

Obra de Iglesia
de la Congregación



Hermanas de la Caridad
Dominicas de La Presentación
de la Santísima Virgen

Teledetección aplicada en la evaluación de los cambios ocasionados por la dinámica en la línea de costa y zona de manglar influenciada bajo la desembocadura del río San Juan y la dinámica mareal del pacífico en las veredas Ladrilleros, Juanchaco y La barra, Buenaventura.

Dylan Esteban Restrepo Muñoz

Trabajo de grado en modalidad:

Proyecto de investigación articulado al semillero GeoInformación

Tutor

Alexandra Díaz Gil

Geóloga MSc y Especialista

<https://orcid.org/0000-0001-9131-212X>

Grupo de Investigación Geoinformación

**Universidad Católica de Manizales
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Ingeniería Ambiental**

Manizales

2023

TABLA DE CONTENIDO

1. AGRADECIMIENTOS	Pág. 8
2. RESUMEN	Pág. 9
3. INTRODUCCIÓN	Pág. 11
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	Pág. 12
5. PREGUNTA PROBLEMA	Pág. 12
6. OBJETIVOS	Pág. 13
7. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	Pág. 14
8. MARCO TEÓRICO	Pág. 15
9. ANTECEDENTES	Pág. 38
10. METODOLOGÍA	Pág. 39
11. ANÁLISIS DE RESULTADOS 52	Pág.
12. CONCLUSIONES	Pág. 87
13. RECOMENDACIONES	Pág. 89
14. ANEXOS	Pág. 91
15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	Pág.129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Imagen 1. Litoral Pacífico efecto por inundación.	Pág. 17
Imagen 2. Esquema geomorfológico en marea baja de las bocas del San Juan.	Pág. 20
Imagen 3. Delta del río San Juan. Imagen Landsat TM, composición RGB, 742, University of Maryland.	Pág. 21
Imagen 4. Litoral del Pacífico colombiano.	Pág. 24
Imagen 5. Temperatura media del Valle del Cauca.	Pág. 25
Imagen 6. Ecosistemas del Valle del Cauca.	Pág. 29
Imagen 7. Parque Nacional Natural Uramba Bahía Málaga.	Pág. 31
Imagen 8. Sitios designados y propuestos a la lista Ramsar vs Runap.	Pág. 32
Imagen 9. Áreas de humedales Colombia vs Designados sitios Ramsar.	Pág. 33
Imagen 10. Aplicación de la tecnología ARCGIS al planeamiento urbano.	Pág. 35
Imagen 11. Aplicación de la tecnología ARCGIS para el cálculo del modelo digital de terreno.	Pág. 36
Imagen 12. Zona de Estudio General (Autoría Propia).	Pág. 40
Imagen 13. Zona de Estudio de Líneas de Costa (Autoría Propia).	Pág. 40
Imagen 14. Zona de Estudio de Líneas de Manglar (Autoría Propia).	Pág. 41
Imagen 15. Imagen Procesada 1986.	Pág. 42
Imagen 16. Imagen Procesada de 1998.	Pág. 42
Imagen 17. Imagen Procesada de 2002.	Pág. 42
Imagen 18. Imagen Procesada de 2011.	Pág. 42
Imagen 19. Imagen Procesada de 2019.	Pág. 43

Imagen 20. Imagen Procesada de 2021.	Pág. 43
Imagen 21. Línea de Costa Trazada de 1986.	Pág. 43
Imagen 22. Línea de Costa Trazada de 1998.	Pág. 43
Imagen 23. Línea de Costa Trazada de 2002.	Pág. 44
Imagen 24. Línea de Costa Trazada de 2011.	Pág. 44
Imagen 25. Línea de Costa Trazada de 2019.	Pág. 44
Imagen 26. Línea de Costa Trazada de 2021.	Pág. 44
Imagen 27. Línea de Manglar Trazada de 1986.	Pág. 45
Imagen 28. Línea de Manglar Trazada de 1998.	Pág. 45
Imagen 29. Línea de Manglar Trazada de 2011.	Pág. 45
Imagen 30. Línea de Manglar Trazada de 2019.	Pág. 45
Imagen 31. línea de Manglar Trazada de 2021.	Pág. 46
Imagen 32. Líneas base trazadas, ejemplo Líneas de Costa y Líneas de Manglar.	Pág. 46
Imagen 33. Lc, Lm, Lb del Periodo A.	Pág. 51
Imagen 34 . Lc, Lm, Lb del Periodo B.	Pág. 51
Imagen 35. Lc, Lm, Lb del Periodo C.	Pág. 51
Imagen 36. Lc, Lb del periodo D.	Pág. 51
Imagen 37. Lc, Lb del Periodo E.	Pág. 52
Imagen 38. Transectos líneas de costa ejemplo.	Pág. 53
Imagen 39. Transectos línea de costa detallada ejemplo.	Pág. 53
Imagen 40. Transectos línea de manglar ejemplo.	Pág. 53
Imagen 41. Transectos línea de manglar ejemplo detallado.	Pág.53
Imagen 42. Comparativo Transectal - LRR - LC - A.	Pág. 59

Imagen 43. Comparativo Transectal - LRR - LM-Z11-A.	Pág. 60
Imagen 44. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z12-A	Pág. 61
Imagen 45. Comparativo Transectal - LRR - LM-Z21-A	Pág. 62
Imagen 46. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z22-A	Pág. 63
Imagen 47. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z31-A.	Pág. 64
Imagen 48. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z32-A	Pág. 65
Imagen 49. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z41-A.	Pág. 66
Imagen 50. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z42-A.	Pág. 67
Imagen 51. Comparativo Transectal - LRR -LC-B.	Pág. 68
Imagen 52. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z11-B.	Pág. 69
Imagen 53. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z12-B.	Pág. 70
Imagen 54. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z21-B.	Pág. 71
Imagen 55. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z22-B.	Pág. 72
Imagen 56. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z41-B	Pág. 73
Imagen 57. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z42-B.	Pág. 74
Imagen 58. Comparativo Transectal - LRR -LC-C	Pág. 75
Imagen 59. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z11-	Pág. 76
Imagen 60. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z12-C	Pág. 77
Imagen 61. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z21-C	Pág. 78
Imagen 62. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z22-C	Pág. 79
Imagen 63. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z41-C.	Pág. 80
Imagen 64. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z42-C	Pág. 81
Imagen 65. Comparativo Transectal - LRR -LC-D	Pág. 82

Imagen 66. Comparativo Transectal - LRR -LC-E

Pág. 83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diversidad de fauna y flora del Valle del Cauca (CIDZOO, 2007).	Pág. 29
Tabla 2. Ejemplo de tabla de atributos de línea de costa.	Pág. 50
Tabla 3. Ejemplo de tabla de atributos de línea base.	Pág. 50
Tabla 4. Periodos establecidos para el análisis de línea de costa y línea de manglar.	Pág. 50
Tabla 5. Transectos Obtenidos en el Análisis de las Líneas de Costa y Líneas de Manglar en los Periodos A-B-C.	Pág. 55
Tabla 6. Transectos Obtenidos en el Análisis de las Líneas de Costa en los Periodos A-B-C-D-E.	Pág. 56
Tabla 7. Características de las Zonas de Estudio.	Pág. 57
Tabla 8. Comparación visual de las líneas de costa en sus diferentes periodos.	Pág. 84
Tabla 9. Comparación visual de las líneas de manglar en sus diferentes periodos.	Pág. 85

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Explicativo de la tecnología ARCGIS.	Pág. 34
---	---------

1. AGRADECIMIENTOS

Quiero usar este espacio para expresar mi gratitud a todas las personas e instituciones que ayudaron a llevar a cabo este proyecto de grado. Su ayuda, respaldo y guía fueron esenciales para el éxito de este proyecto.

Para comenzar, deseo agradecer a mi directora de tesis, la profesora Alexandra Díaz Gil, geóloga MSc y especialista, por su orientación experta, su dedicación y su valioso tiempo. El éxito de este proyecto dependió de su conocimiento y liderazgo. Mi investigación ha sido significativamente mejorada gracias a sus comentarios y sugerencias, que también han ayudado a mi crecimiento académico y profesional.

Además, quiero expresar mi gratitud a los miembros del comité evaluador por su tiempo, experiencia y comentarios útiles. Sus comentarios y recomendaciones me han permitido mejorar y fortalecer mi trabajo.

Además, quiero agradecer a mi familia por su paciencia, amor y apoyo constante. Gracias por confiar en mí y ser mi inspiración. Su apoyo emocional inquebrantable y su confianza en mis habilidades han sido cruciales en cada etapa de este proyecto.

Finalmente, pero no menos importante, expreso mi gratitud a la Universidad Católica de Manizales por permitirme llevar a cabo este proyecto.

2.RESUMEN

El proyecto de grado examina cómo las desembocaduras de los ríos y los diferentes tipos de marea derivan el cambio de las líneas de costa y las áreas de manglares a nivel mundial. Según la investigación de Li et al. (2021), las desembocaduras de los ríos tienen un impacto significativo en la morfología costera y pueden influir en la distribución de los manglares.

Según el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), las desembocaduras de los ríos y el tipo de marea tienen un impacto significativo en las líneas de costa y zonas de manglares del Pacífico colombiano. La costa del Pacífico se distingue por la presencia del fenómeno conocido como Quiebra Y Puja.

El Sistema Digital de Análisis de la Línea de Costa (DSAS) es de gran utilidad en el análisis de Tendencias Históricas (HTA) se utiliza para investigar los cambios en la línea de costa. Como menciona Saad et al. (2015), este método utiliza mapas topográficos, imágenes de satélite y fotografías aéreas para analizar los cambios en la zona de estudio.

La región de investigación se encuentra en los pueblos de Juanchaco, Ladrilleros y La Barra, que están cerca del Parque Nacional Natural Uramba, en Buenaventura, Colombia. Se lleva a cabo una caracterización visual del área en estudio.

Los hallazgos muestran una tendencia persistente a la pérdida de sedimentos en los primeros 1000 metros de la línea de costa, particularmente en la zona norte cercana a la desembocadura del río San Juan. Se cree que existe una conexión directa entre el comportamiento de la línea de costa y las corrientes que desembocan en el río San Juan, según esta tendencia. Los porcentajes de erosión en estos primeros transectos oscilaron entre el 9,5 % y el 24,9 % durante los distintos períodos examinados.

Palabras clave: Desembocaduras de los ríos; Cambio de líneas de costa; Zonas de manglares; Impacto; Morfología costera; Distribución de manglares; Pacífico colombiano; Sistema Digital de Análisis de la Línea de Costa (DSAS).

ABSTRACT

The degree project examines how river outputs and different types of tide derive from changing coasts and mangrove areas around the world. According to research by Li et al. (2021), river spills have a significant impact on coastal morphology and can influence the distribution of mangroves.

According to the Institute of Maritime and Coast Research (INVEMAR), river outflows and tide type have a significant impact on the coasts and mangrove areas of the Colombian Pacific. The Pacific coast is distinguished by the presence of the phenomenon known as Quiebra and Puja.

The Digital Coastal Line Analysis System (DSAS) is widely used in historical trend analysis (HTA) used to investigate changes in the coastal line. As mentioned by Saad et al. (2015), this method uses topographic maps, satellite images and aerial photographs to analyze changes in the study area.

The research region is located in the villages of Juanchaco, Ladrilleros and La Barra, which are near the Uramba National Park, in Buenaventura, Colombia. A visual characterization of the studied area is made.

The findings show a persistent trend towards sediment loss in the first 1000 meters of the coast, in the northern area near the mouth of the San Juan River. It is believed that there is a direct connection between the coastal behavior and the currents that flow to the San Juan River, according to this trend. The percentages of erosion in these early transects ranged from 9.5% to 24.9% during the different periods examined.

Keywords: River mouths; Change of coastlines; Manglar Zones; Impact; Coastal Morphology; Distribution of Manglars; Colombian Pacific; Digital Coastal Line Analysis System (DSAS).

3. INTRODUCCIÓN

El impacto de las desembocaduras de los ríos y los tipos de marea en el cambio de las líneas de costa y las zonas de manglares es un tema de gran importancia a nivel mundial. Según una investigación de (Li et al. 2021), las desembocaduras de los ríos tienen un impacto significativo en la morfología de las costas y pueden afectar la distribución de las áreas de manglares. De manera similar, un estudio realizado por (Luo et al. (2020) en China encontró que la interacción entre las desembocaduras de los ríos y los tipos de marea surge la dinámica de la costa.

A nivel global, los ríos y sus desembocaduras tienen un gran impacto en la evolución de las costas y la distribución de los ecosistemas costeros, como los manglares. La forma y posición de las costas y los manglares cambian continuamente debido a la influencia del agua dulce y los sedimentos que aportan los ríos, así como a las variaciones de las mareas (Luo et al., 2020; Li et al., 2021).

Por otro lado, numerosos estudios han utilizado la extensión DSAS para analizar los cambios en las líneas de costa en todo el mundo, por ejemplo en el caso de estudio por (Lentz et al. 2018), examinaron la tasa de erosión en la costa sureste de los Estados Unidos utilizando DSAS. Además, (Anderson et al. 2019) examinaron la erosión de los acantilados y las playas del sur de la bahía de Monterey, California con DSAS. Con lo anteriormente nombrado por los autores, se necesita que la extensión de DSAS tenga resultados precisos y útiles para la gestión costera.

En Colombia, es notable la influencia que tienen las desembocaduras de los ríos y el tipo de marea en las líneas costeras y zonas de manglares del pacífico colombiano. Según el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), el tipo de marea conocido como Quebra Y Puja es una característica significativa de la costa del Pacífico colombiano.

Además, la interacción entre ríos y el tipo de marea puede afectar la costa y las zonas de manglares es la desembocadura del Río San Juan en el Pacífico colombiano. La influencia de los ríos en la costa tranquila es particularmente importante en Colombia. La desembocadura del río San Juan en el Pacífico colombiano es un ejemplo de cómo las fluctuaciones de los ríos y las mareas tienen un impacto en la línea costera y los ecosistemas que la rodean. Las mareas de tipo Quebra y Puja, que son comunes en el Pacífico colombiano, tienen un impacto en esta región.

En contexto, la bahía de Buenaventura es estrecha y poco profunda, lo que provoca el fenómeno de la marea Queibra y Puja en la costa pacífica colombiana. Esta configuración hace que el agua se acumule en la bahía durante la pleamar, lo que provoca una gran marea.

Por otro lado, durante la bajamar, el agua se retira de la bahía rápidamente, lo que reduce la amplitud de las mareas. La distribución de los manglares es particularmente afectada por la dinámica de las mareas Queibra y Puja. La marea alta durante la Queibra inunda los manglares, lo que facilita la sedimentación y la creación de nuevos manglares. Sin embargo, la baja marea durante Puja expone el sustrato del manglar, lo que dificulta su crecimiento y acelera la erosión de la costa.

Por lo tanto, se analiza cómo las dinámicas mencionadas anteriormente han cambiado las líneas de costa y las áreas de manglares. Para vigilar estos cambios, las herramientas de teledetección y las imágenes satelitales son útiles. Además, el análisis geoespacial es una herramienta útil para examinar estos cambios. Y un estudio realizado en China por Zhang (et al. 2021) utilizó imágenes de satélite para examinar cómo cambiaron la línea de costa y las áreas de manglares. (Bayas et al. 2020) realizaron un estudio en Ecuador que utilizó herramientas ArcGIS para evaluar los cambios en la línea de costa y las áreas de manglares.

Además, es fundamental reconocer e implementar las herramientas del sistema de análisis de líneas costeras digitales, como la extensión de ArcGIS DSAS, que permite analizar el cambio de líneas costeras (Según Gesch et al. 2018). Por otro lado, DSAS también puede permitir a los usuarios calcular las tasas de cambio de la línea de costa utilizando datos de línea de costa, lo que permite la toma de decisiones sobre la gestión y la aplicación de medidas para reducir el impacto de estas zonas costeras. El método de transecto DSAS se utiliza para determinar la tasa de cambio de la línea de costa.

Este método consiste en dibujar una línea recta en un ángulo determinado a través de la línea de costa y medir la distancia entre la línea de costa y la línea de transecto en intervalos regulares a lo largo del transecto, según (Anderson et al. 2019). La diferencia en estas mediciones a lo largo del tiempo da como resultado la tasa de cambio.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia, no se conoce la situación actual, ni la del área del Pacífico real, a pesar de que la región posee una amplia variedad de flora y fauna, la importancia ecológica de la región no ha sido reflejada ni en la existencia y ni en el esfuerzo de las instituciones encargadas de preservar estos ecosistemas.

Existe una gran cantidad de información y estudios realizados en la región del Pacífico colombiano, lo que hace que se desconozca sobre su estado actual de la zona y las posibles estrategias de conservación. Banguera et al. (2020) afirman que la falta de estudios sobre los

manglares y las costas del Pacífico colombiano dificulta la comprensión de la dinámica de estas áreas, lo que dificulta la toma de decisiones sobre su conservación y manejo.

Se requiere información detallada sobre las variaciones de las mareas (puja y quiebra) y la desembocadura del río San Juan, su influencia en la costa y la zona de manglares, así como su influencia en los ecosistemas en los corregimientos de Ladrilleros, Juanchaco y La Barra en el Pacífico colombiano.

Para preservar los ecosistemas, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y los Parques Nacionales Naturales de Colombia deberían estar más presentes y trabajando en la zona. No obstante, debido a la falta de recursos y la falta de disposición política, estas instituciones no han logrado desempeñar adecuadamente su función (Páez et al., 2021).

Según el estudio de Moreno et al. (2020), la presencia de la alcaldía de Buenaventura y la gobernación del valle del Cauca (Colombia) es escasa, la falta de coordinación y acción de estas entidades ha hecho que sea difícil monitorear y conservar los manglares y la línea de costa en la región de los corregimientos de Ladrilleros, Juanchaco y La Barra. Adicional a esto, los habitantes de las comunidades antes participaban en actividades ilegales como la caza de animales y la extracción de madera de los bosques de manglares.

De acuerdo con Salazar et al. (2017), la falta de regulación y monitoreo de estas actividades ilegales en la región de los corregimientos de Ladrilleros, Juanchaco y La Barra ha llevado a la degradación del ecosistema de manglares y la línea de costa, lo que ha afectado negativamente la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Esto se debe a la ausencia de alternativas financieras y a la falta de representación de las autoridades en la región aunque éstas tienen un impacto ambiental negativo, dichas actividades permiten que la zona, continúe generando ingresos para las comunidades.

Existen problemas ambientales y sociales en la región que no se conocen por completo. Por lo tanto, se hace necesario que se comiencen y aborden proyectos, que permitan poner en la mira, los problemas ambientales y sociales de la zona, apoyados en herramientas de teledetección para monitorear las líneas de costa y las áreas de manglares, permitiendo esto, una evaluación y sus posibles estrategias de su conservación generando así, un cambio positivo a lo largo del tiempo.

5.PREGUNTA PROBLEMA

¿Los impactos más relevantes en la zona de manglar y líneas de costa del pacifico colombiano vinculadas a la dinámica mareal y la desembocadura del río San Juan, determinan el modelamiento geográfico urbano en los corregimientos de Ladrilleros, Juanchaco y La Barra de Buenaventura, Colombia?

6.OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

Evaluar la dinámica y los cambios en la línea de costa y la zona de manglar generados por la influencia de la desembocadura del Río San Juan y la dinámica mareal a del Pacífico en las veredas Ladrilleros, Juanchaco y La Barra en Buenaventura.

6.2 Objetivos específicos

- Identificar, delimitar y procesar las dinámicas de las zonas de manglar y líneas de costa en las veredas Ladrilleros, Juanchaco y La Barra utilizando imágenes satelitales de alta resolución y técnicas de teledetección.
- Determinar los cambios en la línea de costa y la zona de manglar en las veredas Ladrilleros, Juanchaco y La Barra durante los últimos 30 años, utilizando técnicas de análisis y estadísticas de teledetección por medio de la extensión DSAS.
- Analizar los factores que afectan la dinámica de la línea de costa y la zona de manglar en las veredas Ladrilleros, Juanchaco y La Barra, incluyendo la dinámica de la desembocadura del Río San Juan y la dinámica mareal puja/quiebra del Pacífico, con el fin de identificar las principales causas y relaciones en los cambios observados.

7. JUSTIFICACIÓN

Mundial

La teledetección es una gran herramienta para la ejecución de decisiones y la implementación de políticas, proyectos y programas adecuados para la conservación de estos ecosistemas al identificar patrones de uso del suelo y cambios en la distribución y extensión de los ecosistemas. Giri et al. (2013) en su investigación, indican que la teledetección se ha utilizado con éxito para evaluar y monitorear los ecosistemas de manglares a nivel mundial.

Local

Las instituciones encargadas de proteger y preservar estos ecosistemas están preocupadas por los problemas ambientales y sociales que han resultado del cambio en las líneas de costa y zonas de manglares en los corregimientos de Ladrilleros, La Barra y La Palma de Buenaventura, Colombia. La falta de datos e investigaciones en la región del Pacífico colombiano hace que sea difícil tomar decisiones y llevar a cabo políticas y programas apropiados para la aparición de estos ecosistemas. La teledetección es una herramienta útil para evaluar, monitorear y conocer el estado de los ecosistemas, las líneas de costa y las zonas de manglares, lo que puede ser de gran utilidad para las instituciones que trabajan para preservar estas áreas.

Las extensiones DSAS y ArcGIS son herramientas útiles para abordar los problemas del cambio en las líneas de costa y las zonas de manglar. realizada por Houser et al. (2017), el método de Análisis de Cambio de Línea de Costa (DSAS) permite identificar y medir el cambio en la línea de costa, lo que puede ser de gran ayuda para la ejecución de proyectos y programas apropiados para la conservación de estos ecosistemas. Por otro lado, ArcGIS es un programa de información

geográfica que permite la integración de diversas capas de información, lo que facilita la identificación de patrones de uso del suelo y el análisis espacial de la distribución de los ecosistemas de manglares.

Es de gran importancia, abordar el tema de conservación en este tipo de zonas y a su vez, encontrar soluciones a las problemáticas planteadas ligadas al cambio en las líneas de costa y zonas de manglares en los corregimientos de Ladrilleros, La Barra y La Palma de Buenaventura, Colombia, ya que estos ecosistemas son vitales para la supervivencia y bienestar de la población local.

Por otro lado, los manglares sirven como hábitat y fuente de alimento para una amplia gama de especies de fauna, incluidos peces, crustáceos, aves y mamíferos, que son esenciales para la subsistencia de las comunidades locales. Además, los manglares protegen a las comunidades costeras de los efectos perjudiciales de los tsunamis y las tormentas al actuar como una barrera natural contra la erosión costera y la intensidad de los fenómenos climáticos extremos (Alongi, 2015).

Por tanto, la economía de la región se ve impulsada por la importancia de las líneas de costa como lugares de recreación y turismo para la población local (Barbier et al., 2011). Además, para evitar la salinización de los suelos cercanos, que puede afectar negativamente la productividad agrícola y la disponibilidad de agua dulce, es crucial preservar las líneas de costa (Boyd et al., 2014).

Además, algunos objetivos de desarrollo sostenible se pueden alcanzar a través de este tipo de investigación:

ODS 11 El objetivo de sobre ciudades y comunidades sostenibles es crear comunidades y ciudades inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Este objetivo se puede lograr mediante la conservación y restauración de los manglares, ya que se preservan los ecosistemas costeros, los cuales son esenciales para la biodiversidad y la resiliencia ante condiciones climáticas extremas. Además, "los manglares también pueden brindar servicios de protección contra tormentas y tsunamis, reduciendo la vulnerabilidad de las comunidades costeras", según un estudio del Banco Mundial.

ODS 13, La acción por el clima implica tomar medidas rápidas para enfrentar el cambio climático y sus consecuencias. La protección y restauración de los manglares puede ayudar a mitigar el cambio climático al almacenar grandes cantidades de carbono en sus suelos y biomasa. Un estudio publicado en la revista Nature afirma que los manglares son uno de los ecosistemas más eficientes para almacenar y secuestrar carbono. (Donato et al., 2011).

ODS 14, El objetivo de la vida submarina es preservar y utilizar de manera sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible. Los manglares son un ecosistema costero esencial para la biodiversidad marina porque brindan hábitat y alimento a muchas especies marinas. Debido a que muchos peces y mariscos utilizan los manglares como lugares de cría y refugio, también son esenciales para la pesca sostenible. Monitorear los cambios

en las líneas de costa y evaluar la erosión costera son esenciales para planificar la gestión costera sostenible y proteger la vida submarina.

ODS 15, El objetivo de Vida de ecosistemas terrestres es proteger, restaurar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, la gestión sostenible de los bosques, combatir la desertificación, detener y revertir la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad. restauración y poseían manglares. La planificación de la gestión costera y la protección de los ecosistemas terrestres se benefician del monitoreo del cambio en las líneas de costa.

8.MARCO TEÓRICO

Los Litorales

El ambiente litoral son aquellos espacios donde ocurre una interacción compleja entre los factores y elementos sean oceánicos y terrestres, estos son condicionados por acciones hidrogeomorfológica, atmosféricas y geológicas y que se altera por las formas de ocupación humana. Dentro del litoral existe una gran diversidad de geofomas y sistemas morfogénicos que se derivan de: Estructuras geológicas, condiciones bioclimáticas pasadas y actuales, de cambios del nivel del mar, de la disponibilidad de sedimentos para la formación de playas, también de la naturaleza de las corrientes marinas y sus formas de ocupación (IDEAM, 2023).

Esta zona en específico, considerada como interfase océano-continente refleja la dinámica que se genera en consecuencia a los cambios globales, regionales y locales; los cuales son la razón de que exista una gran variedad de modelados y procesos definidos en función de las condiciones litológicas, bioclimáticas, topográficas y litorales —oleaje, marea, deriva litoral—; inclusive algunos sistemas están asociados más íntimamente a las formas de ya sea su uso y apropiación social que se tiene del espacio (IDEAM, 2023).

Los litorales colombianos son considerados como espacios de alta sensibilidad que se relaciona con la orogenia pasada y presente del sistema andino, efectos neotectónicos (levantamiento, subsidencia, sismicidad), cambios climáticos (y del nivel del mar) desde el conocimiento geológico, y desde la influencia antrópica, presentándose en el continente como en el litoral mismo y generando que su dinámica propia del litoral bajo las acciones marino continentales (IDEAM, 2023).

Mareas (Dinámica de los cuerpos de agua)

Las mareas son aquellos movimientos de agua que son causados por la fuerza que se deriva de la gravedad que la Luna y el sol ejercen sobre los mares, provocando así una fuerte atracción del océano hacia el astro. Los términos más utilizados en la descripción de las mareas son:

- **Marea alta o pleamar:** Es aquel instante donde el agua logra alcanzar su máxima altura, en el marco del ciclo de las mareas.

- **Marea baja o bajamar:** Momento contrario, cuando el mar alcanza su punto más bajo. La duración entre una pleamar y la bajamar es de 6 horas 12 minutos, lo que completa un ciclo de 24 horas 50 minutos.
- **Flujo:** El proceso de ascenso lento y continuo de las aguas marinas como resultado del aumento progresivo de la atracción lunar o solar se conoce como flujo.
- **Reflujo:** El reflujo es el proceso lento y progresivo de descenso de las aguas marinas, debido a la disminución de la atracción lunar o solar.
- **Carrera de marea:** La diferencia de altura que existe entre la pleamar y la bajamar.
- **Marea viva, o sizigia:** Son las mareas que ocurren cuando la Luna Llena y la Luna Nueva, cuando el Sol, la Luna y la Tierra se encuentran alineados. La Marea Viva que se genera en la fase de Luna Nueva se denomina "Marea Viva de Conjunción"; y mientras que la que tiene lugar la fase de Luna Llena se llama "Marea Viva de Oposición". Darse cuenta de la época de pleas de sicigias ya que se da cuando tenemos luna llena (luna completa en el cielo) o luna nueva (sin luna en el cielo) es sencillo.
- **Marea muerta, o de cuadratura:** Las mareas que ocurren durante las fases de Cuarto Creciente y Cuarto Menguante, cuando las posiciones de la Tierra, el Sol y la Luna forman un ángulo aparente de 90° . Dándose cuenta en qué época de mareas de cuadratura porque vemos en el cielo la característica "media luna" ya sea creciente o menguante (Abastos, 2023).

Mareas Macromareal

El litoral Pacífico cuenta con una longitud aproximadamente de 1.524 km, dicho litoral se caracteriza principalmente por un clima demasiado húmedo y aun amplitud de marea cercana a los 4 m. Las formas de ocupación urbana dentro de esta zona es significativamente inferior a las del litoral Caribe; no obstante, las tendencias poblacionales y de infraestructura permiten anticipar fuertes incrementos en el futuro cercano y, por tanto, se espera un aumento en las afectaciones relacionadas con el aumento del nivel del mar y las dinámicas litorales que se presentan en la zona.

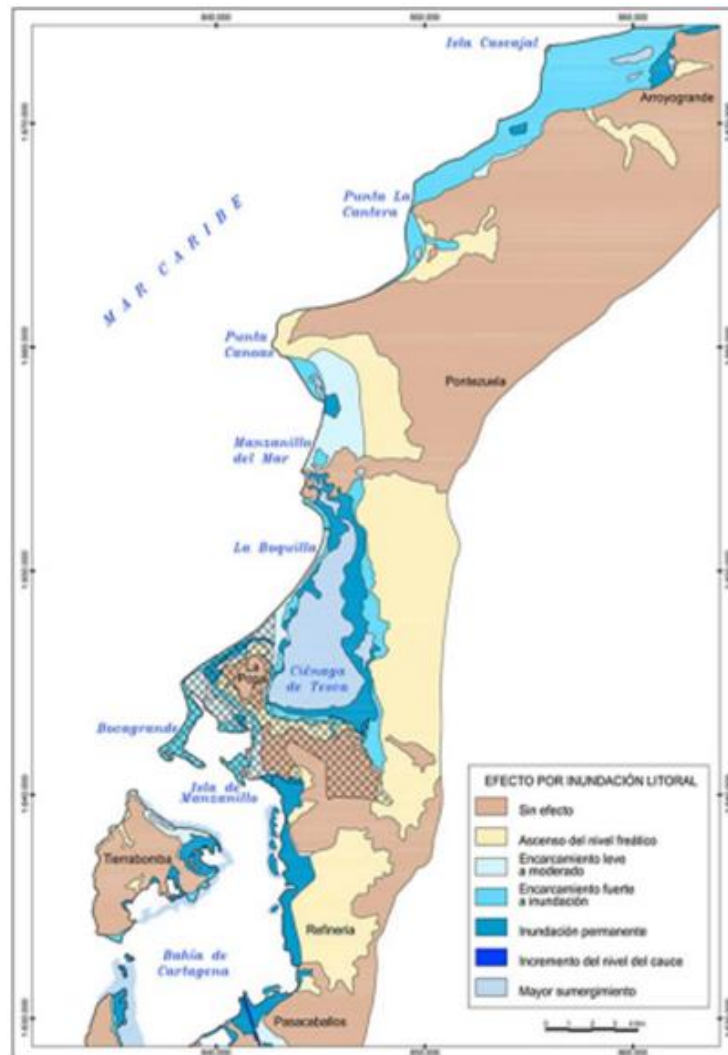


Imagen 1. Litoral Pacífico efecto por inundación

El litoral Pacífico, como el litoral Caribe, se clasifica geológicamente, como de margen convergente.

Sin embargo el caso del Pacífico Colombiano, resulta de la tectó dinámica de la placa de Nazca que subduce bajo la placa Andina y estructuralmente se pueden identificar dos sectores: El bloque norte o Serranía del Baudó, estas constituidas principalmente por rocas basálticas obducidas y acrecidas al continente. El litoral de este sector se caracteriza por acantilados actuales y heredados en los que los movimientos en masa como derrumbes son los procesos más activos en la zona (IDEAM, 2023).

En la zona sur, entre la Ensenada de Catripe hasta los límites con Ecuador, esta es una área principalmente sedimentaria con depósitos fluvio marinos, en los que se distinguen planicies

fluviomarinas y zonas fluviodeltaica que corresponden a los ríos San Juan, Patía y Mira (IDEAM, 2023).

Otra causa determinante en la geomorfología del litoral del pacifico colombiano es la alta influencia de la acción de las mareas, cuya fluctuación es próxima a los 4 m. Este suceso estructura la presencia de estuarios, rías y la acumulaciones de sedimentos fluviomarininos litorales quedando dispuestos en cordones, barras, playas y deltas menores que encierran bahías, radas, ensenadas y otras geoformas (IDEAM, 2023).

Marismas

El ambiente del litoral del pacifico colombiano comprende aquellos espacios donde ocurre una extensa interacción de los factores oceánicos y terrestres, condicionados por variables atmosféricas, geológicas y antrópicas.

Las marismas se pueden comprender como depósitos formados en áreas bajas depresiones mal drenadas, compuestos por sedimentos fluviales marinos sin consolidar que se encuentran a un nivel cercano o igual al de la marea alta.

Estas características especiales de las marismas condicionan el desarrollo de diferentes formas de vida adaptadas a desarrollarse en estos ambientes, resaltando los bosques de mangle. Toda esta unidad se distribuye a lo largo de la costa como una barrera que bordea el litoral al sur del cabo Corrientes (IDEAM, 2023).

El sistema cartográfico encierra ríos, estuarios y marismas y los presenta bajo una sola unidad. Los ríos son las zonas bajas de los sistemas fluviales donde fluctúan las mareas y las corrientes de esta misma con el reflujó del río arriba durante la marea alta. En el litoral pacífico colombiano, los ríos se denominan esteros y en algunas ocasiones caños (IDEAM, 2023).

Geomorfológicamente hablando, los estuarios del pacifico colombiano son valles amplios de una pendiente en su mayoría casi plana donde sucede un proceso de sedimentación importante por decantación. La sedimentación que se presenta de las arcillas es acelerada por la mezcla con agua salobre (floculación). Estas son las formas y formaciones más conspicuas del litoral Pacífico, al sur de la Ensenada de Catripe, tal como se muestra en la cartografía (IDEAM, 2023).

En la mayoría de los casos, los ríos o estuarios del Pacífico colombiano se entrelazan en marea alta. Esto fomenta la deforestación y el transporte de madera y facilita la navegación "hacia adentro". La actividad genera una gran cantidad de desechos vegetales que empeoran la colmatación y los sedimentos limosos de los ríos y sus piedemontes, lo que altera los sistemas de amortiguamiento de aguas y, por supuesto, destruye áreas ecológicas (IDEAM, 2023).

Algunas microcuencas que reciben los sistemas de ríos han sufrido la disección y truncamiento de formaciones superficiales como resultado de la deforestación. Se menciona como ejemplo el área que se extiende desde Buenaventura hasta Bahía Málaga y Ladrilleros. La movilidad notable

de los sedimentos litorales del Pacífico se debe a las corrientes de marea, avenidas extremas de los ríos, la deriva litoral y los efectos sísmicos. Estos eventos redistribuyen los sedimentos hacia las playas, bocanas, barras y cordones. (IDEAM, 2023).

La acreción por sedimentación litoral es sin duda el proceso más común. Los tsunamis causados por la sismicidad en la corteza oceánica hacen que el sistema descrito sea vulnerable a la acción del oleaje y un ascenso excepcionalmente breve. Además del aumento generalizado del litoral en la actualidad, este no se ha acelerado con el tiempo y se han identificado áreas subsidentes locales como Tumaco y Bahía Solano. (IDEAM, 2023).

Se define como un sistema que experimenta cambios rápidos y, en muchos casos, cambia el curso de las corrientes fluviales en el sector litoral. (IDEAM, 2023).

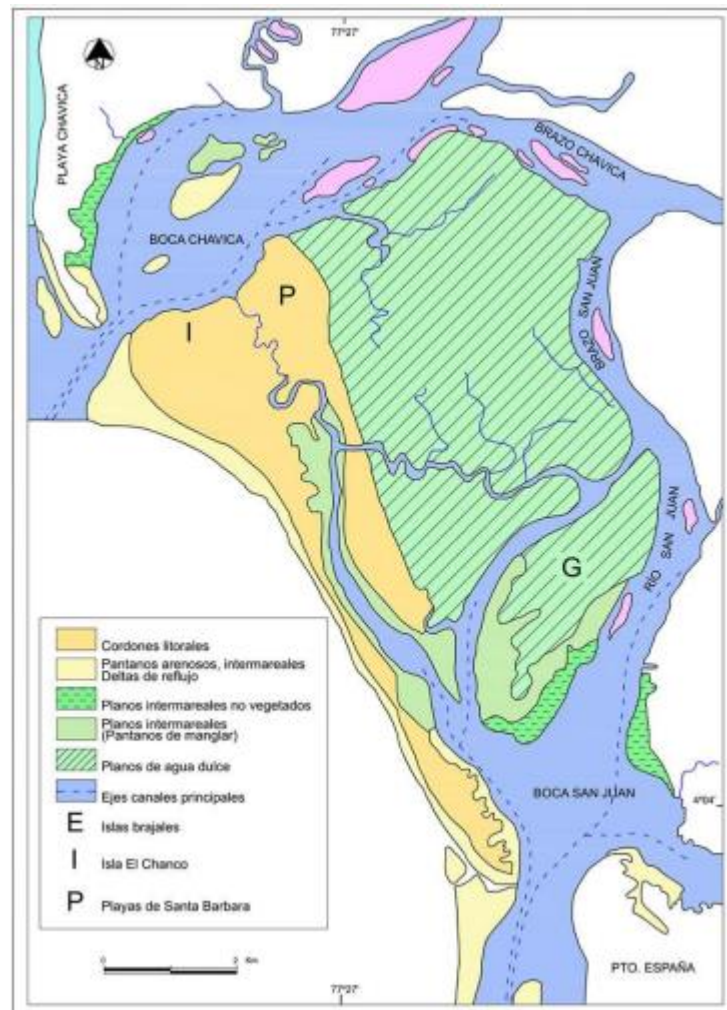


Imagen 2. Esquema geomorfológico en marea baja de las bocas del San Juan (IDEAM, 2023).

Terrazas Fluvio Marina

Son aquellas plataformas que están elevadas levemente sobre el nivel de base regional y parcialmente disectadas, están comúnmente asociadas con antiguos niveles de origen fluvial y marino. Los niveles de formación más reciente, es decir los más bajos, están compuestos de sedimentos cuaternarios no consolidados y no muy resistentes que recubren rocas sedimentarias subyacentes de mayor resistencia.

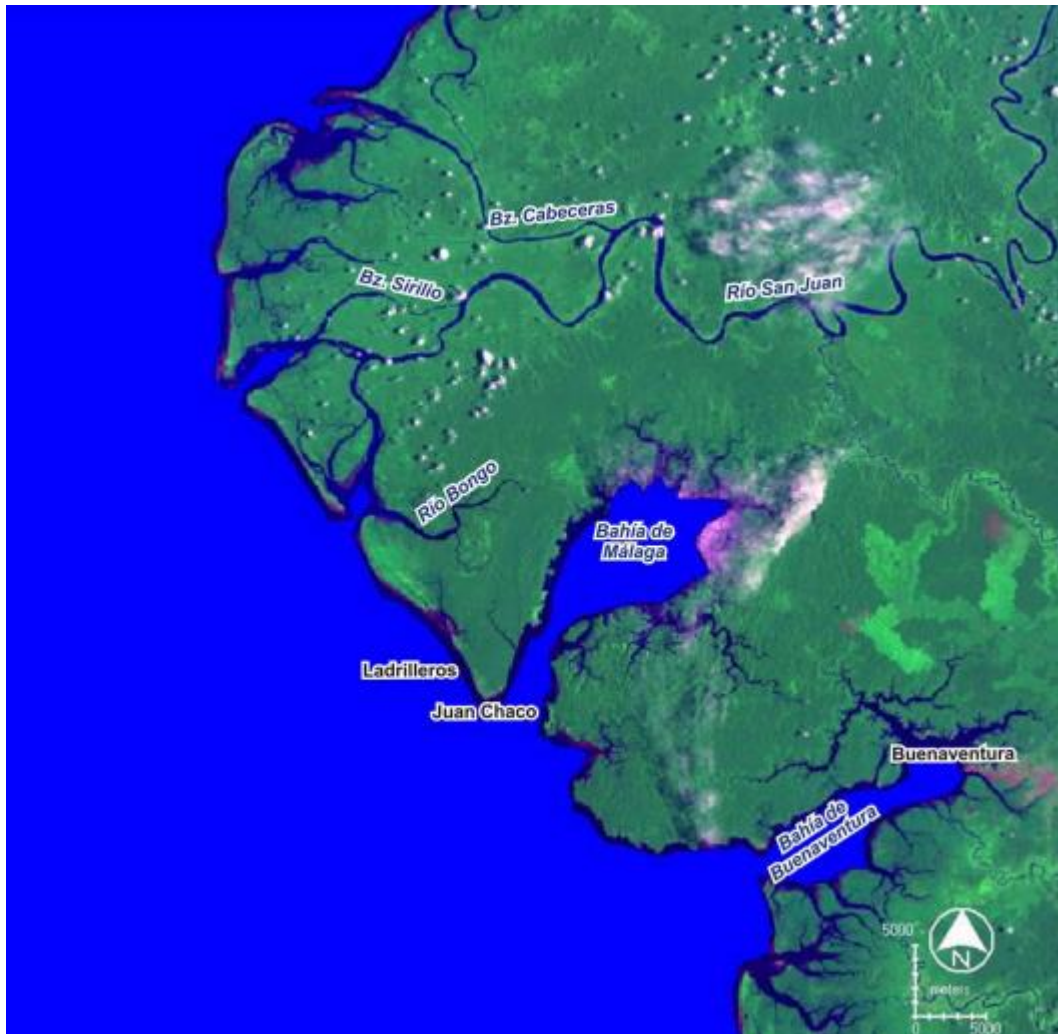


Imagen 3. Delta del río San Juan. Imagen Landsat TM, composición RGB, 742, University of Maryland (IDEAM, 2023).

Cartográficamente se representaron dos niveles que corresponden con las terrazas bajas (LTp3b) y las terrazas altas (LTp3a) (IDEAM, 2023).

Las terrazas fluvio-marinas bajas con aquellas que tienen plataformas subhorizontales parcialmente disectadas encontrándose levantadas levemente sobre el nivel de base regional, asociadas con antiguos niveles de origen fluvial y marino muy posiblemente. Los niveles que se encuentran más abajo son de formación considerablemente reciente y están conformadas de

sedimentos cuaternarios no consolidados y poco resistentes que recubren rocas sedimentarias subyacentes de mayor resistencia. Están comúnmente localizadas frente a la costa entre la ensenada de Catripe al norte y la bahía de Buenaventura al sur. Es por tal razón que las terrazas marinas se caracterizan por una cobertura aluvio-deltaica las cuales incluyen arenas y gravillas con estratificación cruzada de dominio fluvial hasta sedimentos arenosos bien seleccionados de playas (IDEAM, 2023).

Tales acumulaciones superficiales, que logran alcanzar espesores de hasta 10 metros, esparciéndose y descansando discordantemente sobre rocas sedimentarias que están suavemente plegadas del Mioceno-Plioceno (IDEAM, 2023).

En ambientes marinos y fluviales se forman las terrazas fluvio-marinas altas, localizadas en una posición más elevada que la anterior, presentando un grado de disección más fuerte. Su origen se considera antiguo y posiblemente esté relacionado con antiguos niveles del mar durante el Cuaternario o por levantamiento tectónico. Gracias a su posición elevada, su origen debe atribuirse a una formación tectónica en la región costera y en las estribaciones sureñas de la Serranía del Baudó, ya que se encuentra hasta 100 metros por encima del nivel del mar actual. (IDEAM, 2023).

El Retroceso de la Línea de Costa en el Pacífico

El aumento del nivel del mar debido al calentamiento global y la erosión de los litorales son fenómenos globales, como se mencionó anteriormente para el litoral Caribe. La erosión actúa de manera discontinua dependiendo de varios factores, incluida la resistencia de las rocas y formaciones superficiales, la pendiente e incluso los sedimentos continentales aportados por la red de drenaje. La erosión marina causada por el ascenso del nivel del mar está debilitando el litoral del Pacífico. (IDEAM, 2023).

Una de las consecuencias del avance del mar hacia el continente es la formación de la plataforma y la abrasión del mar, una forma que, aunque se ha heredado en gran medida hasta el presente. Varios pequeños pedazos de tierra en la costa son solo restos de una antigua línea de costa continente que permitía la continuidad con el (IDEAM, 2023).

Según el análisis de vulnerabilidad de las costas (IDEAM, 2001), si el nivel del mar aumenta 1 m en los próximos 100 años, habría una amenaza alta por inundación permanente que afectaría 717,7 km² del litoral. Para el mismo fenómeno, con una amenaza media de 3121.0 km², habría una amenaza media de encharcamiento en 2771.7 km², mientras que una amenaza baja por encharcamiento leve y moderado afectaría 2301.4 km². Además, aumentan el nivel freático y los procesos de salinización del suelo. (IDEAM, 2023).

El avance del mar afecta cada vez más a las poblaciones asentadas en el litoral, especialmente a las ubicadas junto o en la línea de costa. (IDEAM, 2023).

Los centros urbanos cercanos a la costa, como El Charco, Nuquí, Juradó, Santa Bárbara, Olaya Herrera y Tumaco, albergan el 36% de la población del litoral Pacífico (Martínez et ál, 2001).Se

espera que el nivel del mar aumenta 1 metro en los próximos 100 años, lo que tendrá un impacto en varias poblaciones y áreas rurales utilizadas para la producción de pastos y cultivos en un área cercana al millón y medio de hectáreas. (IDEAM, 2023).

En la actualidad, no hay datos sistematizados sobre el retroceso de la línea de costa, solo se conocen casos aislados y se sabe que es mayor en el área sur del litoral, donde predominan las formaciones superficiales fluviomarinas. Los eventos de mar de leva, las mareas de tormenta y la ocurrencia de tsunamis son otros factores que empeoran la vulnerabilidad de la costa Pacífica. Como resultado, es necesario realizar estudios exhaustivos para identificar amenazas, vulnerabilidades y riesgos en los planos de ordenamiento ambiental territorial del litoral Pacífico (IDEAM, 2023).

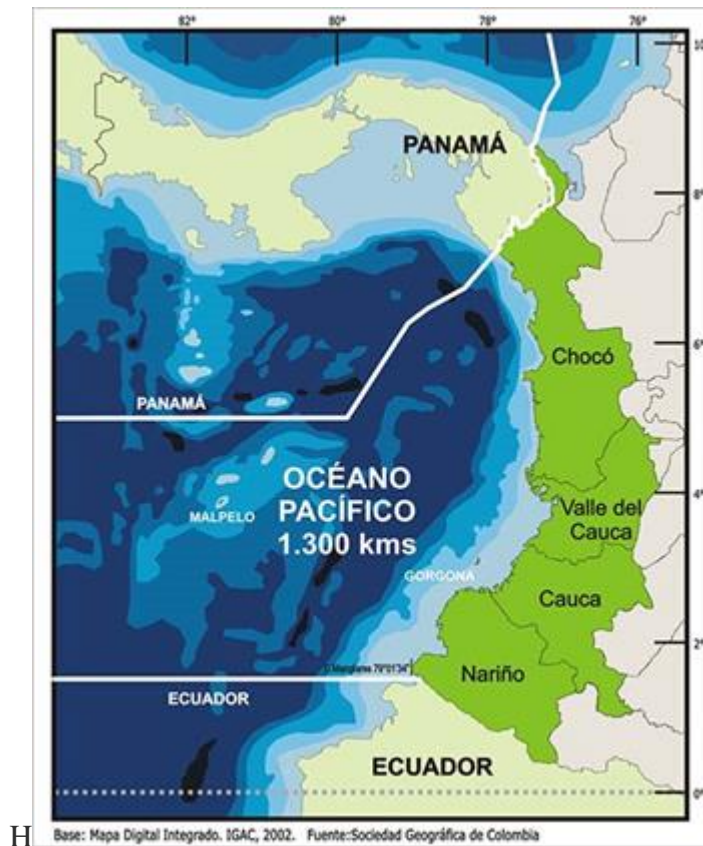
Marco Geográfico

Litoral Pacífico Colombiano

Por estar cerca y paralelo a los límites de las placas litosféricas, tanto el litoral del Pacífico como el Caribe se consideran "márgenes convergentes", esto implica movilidad tectónica y procesos de acreción. (IDEAM, 2023).

Los procesos hidrodinámicos, influenciados por el clima, los movimientos de la corteza y los cambios en la distribución de los niveles oceánicos, provocan ciertas perturbaciones en el ambiente costero, que se reflejan en la morfología (IDEAM, 2023).

Esta configuración multicausal crea ambientes inestables, siendo de erosión o de acreción. Actualmente, la morfología costera está en parte formada por relictos y se originó a partir de condiciones climáticas que se dieron en el pasado reciente. Sin embargo, las condiciones actuales presentan una tendencia evolutiva hacia la erosión de las geformas existentes. (IDEAM, 2023).



Referencia: <https://pacifico.univalle.edu.co/region-pacifico/caracteristicas-pacifico>

Imagen 4. Litoral del Pacífico colombiano.

Los litorales son un lugar particularmente dinámico para responder a los cambios globales, locales y regionales debido a la interacción de los procesos de la dinámica marina y continental. (IDEAM, 2023).

El litoral, también conocido como interfase océano-continente, incluye el área de aguas poco profundas en la que las olas pueden transportar sedimentos y el área hacia el continente bajo la influencia del viento, el oleaje, las mareas y la dinámica fluvial, así como las formas correspondientes como playas, acantilados, dunas costeras, deltas, cordones, barras y flechas, entre otras formas geológicas. (IDEAM, 2023).

Los litorales sufren principalmente el impacto del transporte de materiales de las montañas, ya que son un espacio en proceso de sedimentación. Sin embargo, en los litorales, los procesos de abrasión marina dominan los acantilados y las acumulaciones de sedimentos son escasas debido al proceso de levantamiento. (IDEAM, 2023).

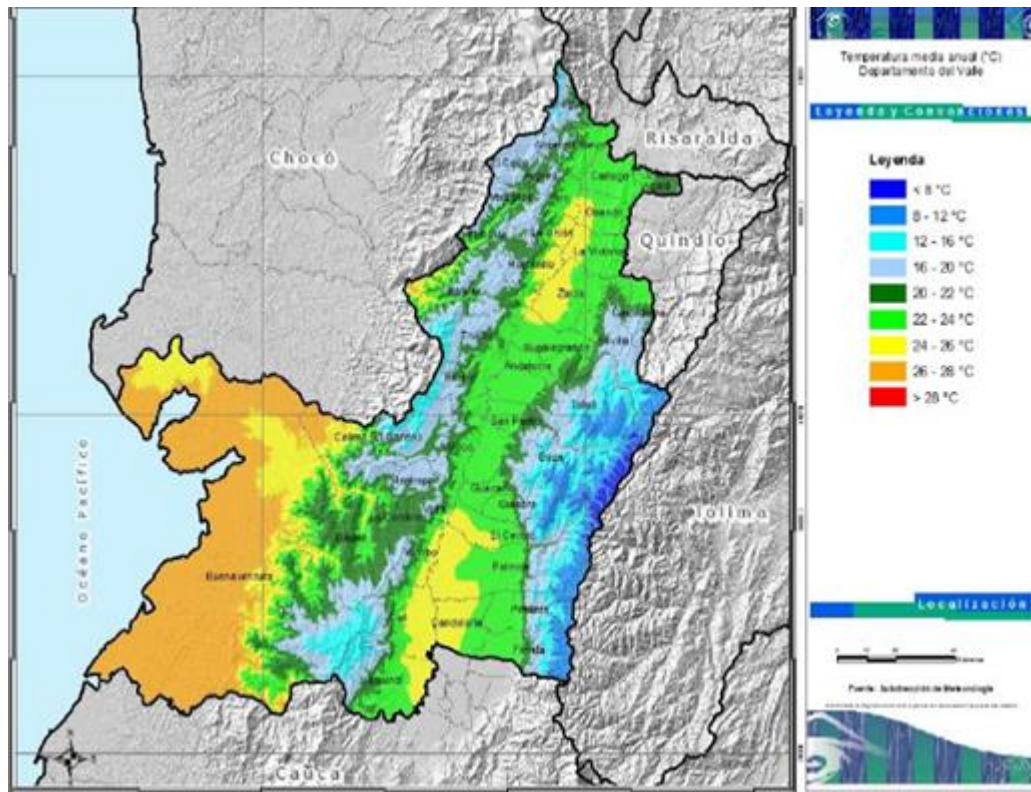
Características Área de Estudio

Clima

La mayoría del valle geográfico del río Cauca tiene un clima entre cálido y semihúmedo. Los climas son fríos y muy fríos en el extremo oriental del departamento y en las estribaciones de la cordillera occidental en el centro. El clima es cálido y superhúmedo en la parte occidental del litoral. (Toda Colombia, 2019).

Temperatura

El régimen térmico tiene una amplia gama de variaciones. En la parte inferior del valle y en la costa del Pacífico, las temperaturas promedio anuales son de 24 a 28 grados Celsius, siendo las más altas del departamento. Las temperaturas en las estribaciones cordilleranas disminuyen linealmente en función de la elevación, lo que resulta en valores extremadamente bajos en los picos más altos de la cordillera central, en el extremo oriental del departamento. (IDEAM, 2023).



Referencia: <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/valle-del-cauca/clima.html>

Imagen 5. Temperatura media del Valle del Cauca.

Hidrología

La red hidrográfica del Valle del Cauca está compuesta por numerosas corrientes que fluyen a través del río Cauca en dos vertientes, la del Pacífico y la del Magdalena. La primera incluye ríos como el Naya, Yurumanquí, Anchicayá, Dagua, Casambre, Calima, Dovio, Vueltos y Garrapatos. Los principales arroyos del río Cauca incluyen el Desbaratado, Frailes, Nima, Amaima, Zabaletos, Sonso, Tuluá, Bugalagrande, Guadalajara, La Vieja, Timba y Cali, entre otros (Mintrabajo, 2023).

Fisiografía

Cuatro áreas fisiográficas componen el territorio del departamento de Valle del Cauca: la llanura del Pacífico, la cordillera Occidental, el valle del río Cauca y el flanco occidental de la cordillera Central. En la llanura del Pacífico se puede distinguir una banda costera o andén aluvial de entre un kilómetro y 50 metros de ancho, cubierta de mangle y cruzada por un laberinto de esteros, caños y bocanas que originan los ríos que desembocan en el océano Pacífico; algunos forman deltas como el San Juan con varias bocas e islas (Mintrabajo, 2023).

Hay una gran cantidad de accidentes costeros, incluyendo el golfo Tortugas, las ensenadas de El Tigre, Guineo, las puntas Soldado y Bazán, los cuales rodean la ciénaga de Buenaventura, la más significativa del litoral pacífico colombiano. La llanura selvática comienza después de esta faja litoral y se extiende hasta las estribaciones de las montañas.

Desde los cerros Naya (2.500 m) hasta el cerro Tatamá (3.950 m sobre el nivel del mar), la cordillera Occidental se extiende por el departamento en dirección sureste-norte. Los Farallones de Cali, que tienen una altura de hasta 4.200 metros, son uno de los accidentes orográficos más importantes, así como la serranía de Los Paraguas, las cuchillas Aguacatal, Buenos Aires, Calima, Garrapatos y Dapa (Mintrabajo, 2023).

En esta región, se distinguen dos zonas: la del Pacífico y la del Valle del Cauca. La primera está formada por rocas metamórficas con suelos superficiales limitados por rocas, un bosque heterogéneo y un relieve abrupto. La segunda está formada por rocas volcánicas del cretáceo, con suelos profundos y bien drenados, con áreas de agricultura y ganadería establecidas (Mintrabajo, 2023).

El valle del río Cauca es una planicie formada por una depresión tectónica interandina en el departamento de. Tiene aproximadamente 200 km de largo y 15 de ancho en promedio, con una longitud máxima de 50 km en su parte más ancha. Está formado por depósitos aluviales cuaternarios o con suelos profundos y superficies de alta fertilidad (Mintrabajo, 2023).

Se forman abanicos largos y de poca pendiente en la región oriental del valle, que es más ancha que la occidental. La parte occidental de la cordillera Central abarca el valle del río Cauca y el macizo central, que es un área de páramos y bosque con relieves escarpados que se encuentra en mayor medida en el cinturón cafetero. En el macizo central y en la frontera con el departamento del Tolima se destacan los páramos de Chinche, Los Hermosos, Miraflores y Barragán (Mintrabajo, 2023).

Precipitación

En la franja andina, el régimen de lluvias es de tipo bimodal durante todo el año. El primer semestre tiene las precipitaciones más intensas entre abril y mayo, mientras que el segundo semestre tiene las precipitaciones ligeramente más altas entre octubre y noviembre. La temporada seca principal comienza a mediados del año y es más intensa en junio, julio y agosto. De enero a marzo se presenta la segunda temporada seca, que es menos evidente.

En la región del litoral del Pacífico, no hay una época seca específica y la mayoría del tiempo llueve durante todo el año. Al comienzo del año, las lluvias disminuyen en algunos lugares. En el valle geográfico del río Cauca, hay la menor cantidad de días de lluvia en el departamento, con 100 a 150 días significativos de lluvia, aunque en algunos lugares puede haber menos de 100. Los picos de las montañas pueden alcanzar los 200, mientras que en la costa puede haber entre 250 y 300 días de lluvia al año. (IDEAM, 2023).

Características de la Población del Valle del Cauca

El Departamento del Valle del Cauca tiene una superficie de 22.140 Km², lo que equivale a 2.214.000 Ha. Tiene 42 municipios que se dividen en cuatro subregiones: Norte, Centro, Sur y Pacífico, ya su vez en ocho Microrregiones. Esta agrupación territorial fue establecida por la Ordenanza Departamental No 513 de 2019, que estableció el Plan de Ordenamiento Territorial Departamental (POTD) (Roldán et al, 2018).

Al considerar la población del Valle del Cauca, es importante señalar que en nuestro territorio viven 4.475.886 personas, lo que representa el 9% de la población total del país, según el último censo poblacional del 2018 del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. El Departamento tiene una densidad poblacional de 2.021,63 habitantes por kilómetro cuadrado, con 1.989.260 mujeres (52,5%) y 1.800.614 hombres (47,5%). En términos territoriales, la población rural representa sólo el 14,45%, lo que equivale a 547.687 personas, mientras que en el área urbana residen la mayoría de las personas en el Valle del Cauca con un 85,55%, lo que equivale a 3.242.187 personas (Roldán et al, 2018).

Según el DANE de 2020, la subregión Norte tiene una población total de 377.803 habitantes al analizar la población por subregiones. Con una población de 137.302 personas, Cartago es el municipio más poblado de esta Subregión. La población promedio de Zarzal, Roldanillo y La Unión oscila entre 33.953 y 42.133 personas, siendo Ulloa con 5.381, Argelia con 5.381 y El Cairo con 6.506. La Subregión Centro tiene un total de 599.481 habitantes (Roldán et al, 2018).

Tuluá es el municipio con la mayor población de esta subregión, con 218.812 habitantes, mientras que Guadalajara de Buga tiene 128.945 habitantes. Al compararlos con los dos primeros municipios mencionados, los municipios restantes tienen una población baja, ya que hay una

diferencia de alrededor de 100.000 habitantes. Además, es importante destacar que Restrepo es el municipio con la población más baja, con 15.304 habitantes (Roldán et al, 2018).

La subregión Sur tiene una población de 3.245.061 habitantes y es la subregión del Valle del Cauca con la mayor cantidad de habitantes, superando a todas las demás subregiones en millones de habitantes. Esto se debe a que Santiago de Cali, la capital y la ciudad más importante del Departamento, pertenece a esta subregión con 2.252.616 habitantes, según el DANE. De esta manera, ayuda a aumentar la población de la zona. Además, las localidades de Palmira, Jamundí y Yumbo, con una población de 354.285, 167.147 y 110.069 personas, están dentro de los medios de población para los municipios del Valle del Cauca (Roldán et al, 2018).

Planice Marina

Las partes sur y central de la costa del Pacífico y de la mitad sur del golfo de Urabá, en el Caribe, se caracterizan por los frentes de los deltas fluviales, con barras y cordones litorales, playas y caños bordeados por manglares (Imeditores, 2009).

Biodiversidad

El Valle del Cauca, que representa el 1,85% del territorio colombiano, es considerado como una de las regiones más ricas en biodiversidad a nivel nacional. En su territorio se encuentran entre 62 el 25% y el 50% de las especies de fauna y el 22% de las especies de flora de Colombia (CIDZOO, 2007).

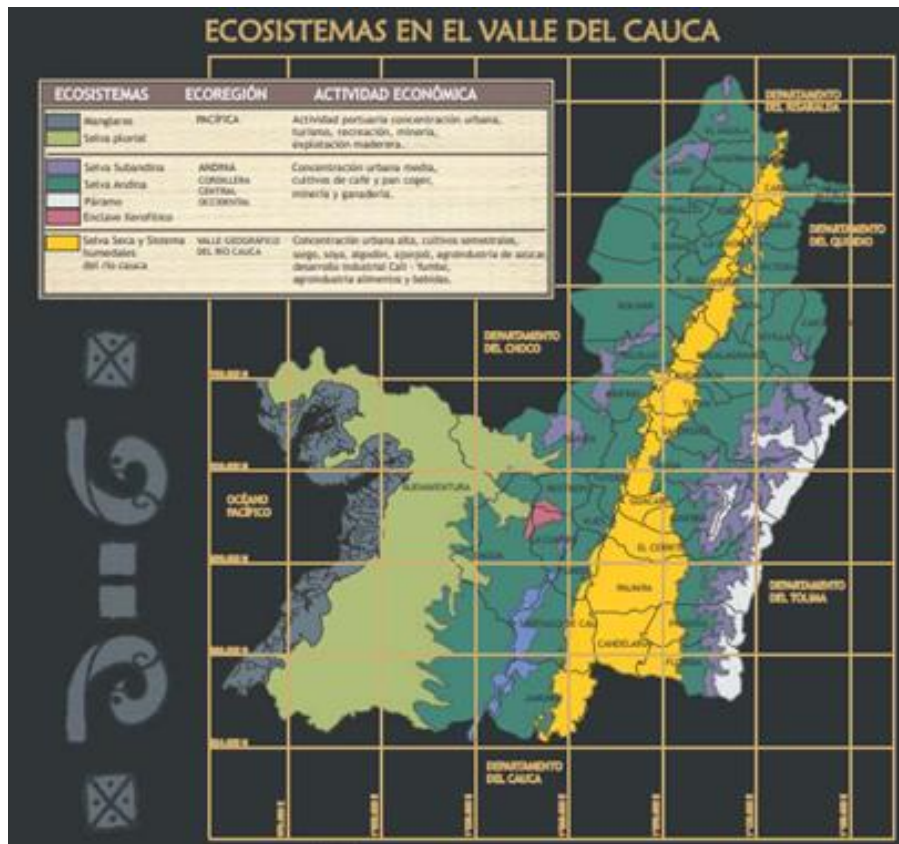


Imagen 6. Ecosistemas del Valle del Cauca (CIDZOO, 2007).

DIVERSIDAD DE ESPECIES ANIMALES Y VEGETALES DEL VALLE DEL CAUCA ⁴³			
	ESPECIES COLOMBIA	ESPECIES VALLE DEL CAUCA	PORCENTAJE VALLE DEL CAUCA CON RESPECTO A COLOMBIA
Aves	1.875 ⁶⁴	818	44%
Mamíferos	447 ⁶⁵	210	47%
Peces	3.500	500	14%
Reptiles	520 ⁶⁶	135	26%
Anfibios	733 ⁶⁷	200 ⁶⁸	27%
Plantas	45.000	10.000 ⁶⁹	22%

Tabla 1. Diversidad de fauna y flora del Valle del Cauca (CIDZOO, 2007).

Manglares de la Costa Pacífica Caucana

Las formaciones vegetales de las zonas costeras cuya especie principal es el manglar se conocen como ecosistemas de manglar. Estos sistemas dependen del agua salada de las mareas y del agua dulce de las escorrentías superficiales. Debido a esto, los manglares tienen características morfológicas, fisiológicas y reproductivas que les permiten adaptarse a estas condiciones y sobrevivir en ambientes inundados con frecuencia, a pesar de la alta acidez (CVC, 2023).

Los manglares se consideran un ecosistema estratégico debido a su gran biodiversidad y los servicios ecosistémicos que brindan, como la regulación (estabilización de la línea de costa y control de la erosión, sumidero de carbono, purificación del agua y del aire), aprovisionamiento (madera, colorantes, taninos, pesca artesanal e industrial), soporte (productividad, ciclaje de nutrientes, formación de suelo) y cultural (recreación, paisajismo, espiritualidad) (CVC, 2023).

Los manglares en el Pacífico son parte de los territorios ancestrales de las comunidades negras e indígenas, y existe una relación tradicional cultural, social y económica entre estas comunidades y el ecosistema. El departamento de Valle tiene las siguientes especies de mangle: (CVC-INVEMAR: 2007):

- **Mangle rojo:** *Rhizophora mangle*, *Rhizophora harrisonii* y *Rhizophora racemosa*.
- **Mangle negro, iguanero o pelaojo:** *Avicennia germinans*, *Avicennia tonduzii*.
- **Mangle blanco, amarillo o comedero:** *Laguncularia racemosa*.
- **Mangle piñuelo:** *Pelliciera rhizophorae*.
- **Mangle nato o nato:** *Mora oleífera*, *M. megistosperma*.

(CVC, 2023).

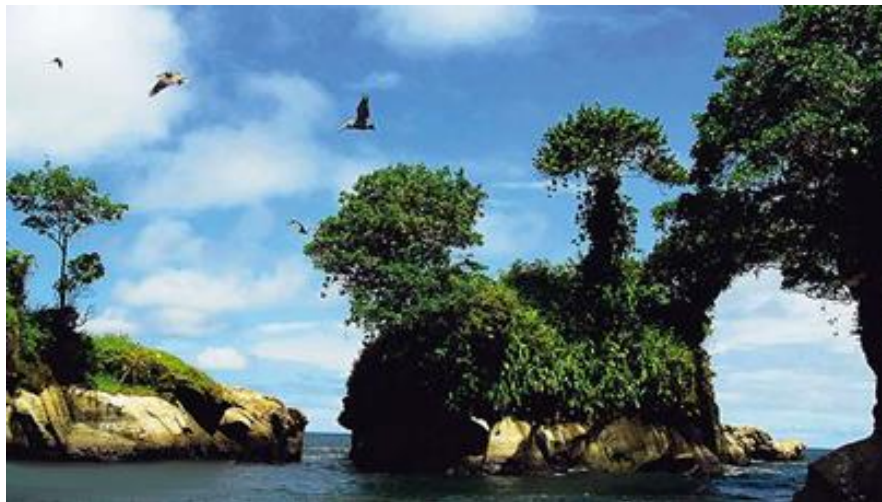
Parque Nacional Natural Uramba Bahía Málaga

Uramba se refiere al trabajo colectivo y se refleja en la definición del Parque Nacional Natural como un proceso de construcción colectiva que avanza en el cambio de paradigma en la declaración de áreas protegidas y aún más en su planificación y manejo con las seis autoridades ancestrales del territorio, como los Consejos Comunitarios de las Comunidades Negras de la Bahía de la Plata, Ladrilleros, Puerto España, Juanchaco, la Barra y la ensenada de Chucheros (Parques Nacionales, 2020).

El 4 de agosto de 2010, se declaró como Parque Nacional Natural Uramba Bahía Málaga 47.094 hectáreas marinas en la bahía de Málaga del Distrito de Buenaventura con el objetivo de integrar de manera funcional con resguardos indígenas, territorios colectivos de comunidades negras, el Distrito de Manejo Integrado Bahía Málaga y el Parque Regional Natural de La Sierpe (Parques Nacionales, 2020).

La conservación de los ecosistemas marinos y costeros de la bahía como soporte fundamental de la biodiversidad que posee, la provisión de beneficios ambientales para el bienestar y la calidad de vida en armonía con prácticas tradicionales orientadas a la conservación, y la contribución al fortalecimiento de la dinámica cultural y organización social para el manejo del territorio basado en conocimientos son los propósitos de existencia de esta importante unidad de conservación (Parques Nacionales, 2020).

El entorno marino de la bahía Málaga se caracteriza por la presencia de diversas formas de vida apreciables en toda la bahía, con una gran biodiversidad y productividad. Es interesante destacar la presencia de una población de ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) durante el período de junio a noviembre, indicando a las aguas costeras, someras y cálidas del Parque Nacional las condiciones necesarias para sobrevivir (Parques Nacionales, 2020).



Referencia: <https://colombiapais.com/pagina-parques-nacionales-naturales/parques-nacionales-naturales-uramba-bahia-malaga.html>

Imagen 7. Parque Nacional Natural Uramba Bahía Málaga

Sitios Ramsar

La designación de un humedal como sitio Ramsar implica la conservación de ese humedal y la provisión de servicios ecosistémicos que garanticen su uso sostenible, la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero y la adaptación al cambio climático. Para que esto sea posible más allá del reconocimiento internacional, es necesario que se tomen medidas locales para garantizar su gestión (Biodiversidad, 2021).

Los humedales son uno de los ecosistemas más susceptibles al cambio climático, pero también son un aliado estratégico para reducir los gases efecto invernadero (GEI) y adaptarse a él. La captura de carbono, la regulación climática, el control de inundaciones y sequías, la provisión de materias primas, agua y energía son algunos de sus muchos servicios ecosistémicos (Biodiversidad, 2021).

Existe un total de 2435 humedales de importancia internacional o sitios Ramsar en todo el mundo. Estos representan los humedales más protegidos y aprobados por cada nación y fomentan la conservación, el uso sostenible y el mantenimiento de las funciones ecológicas e hidrológicas, asegurando el suministro de SS. (Biodiversidad, 2021).

En Colombia se han sugerido doce sitios Ramsar y una ampliación de uno. De estos, 9 están designados oficialmente (RG 1 propuestos y designados) y representan aproximadamente el 3 % de los humedales del país (RG 2 área oficialmente designada (760K ha), en comparación con el área total de 25 531K ha. Esta cobertura es baja en comparación con la superficie total de Colombia y los sitios Ramsar en los otros países de la región (RG 3). Esta designación reconoce el valor de los humedales. Biodiversidad, 2021).

Según las fichas informativas de humedales Ramsar -FIR-, en Colombia se ha utilizado poco el criterio de sustento regular o frecuente del 1 % de la población, lo que podría ser relevante para humedales con especies endémicas. (Biodiversidad, 2023).

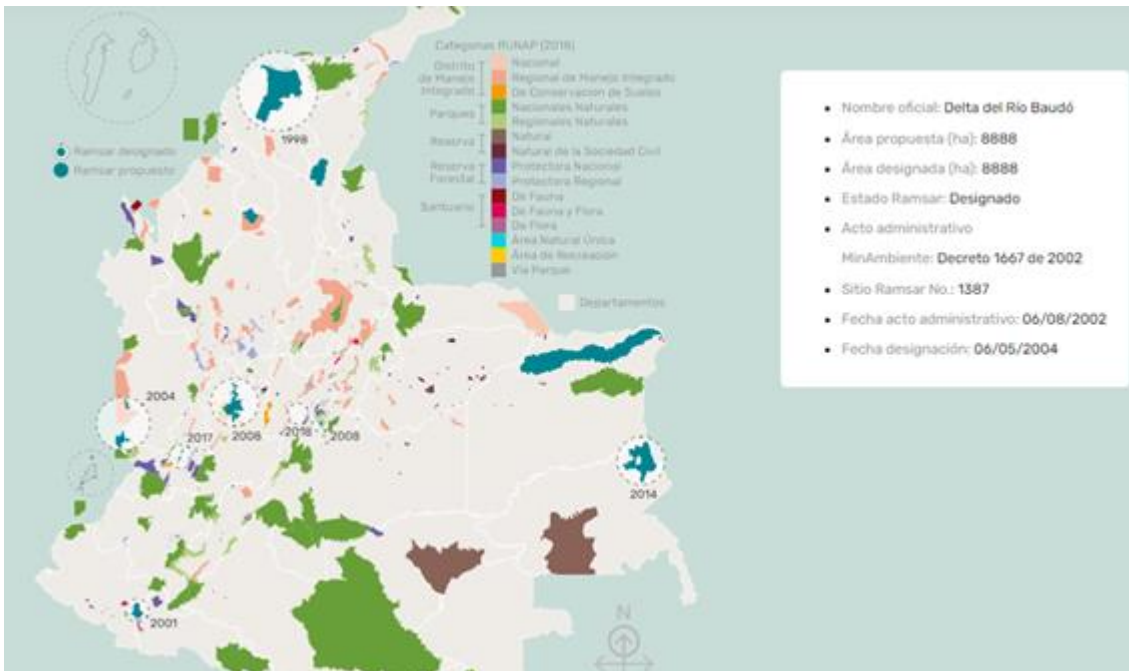


Imagen 8. Sitios designados y propuestos a la lista Ramsar vs Runap (Biodiversidad, 2021).

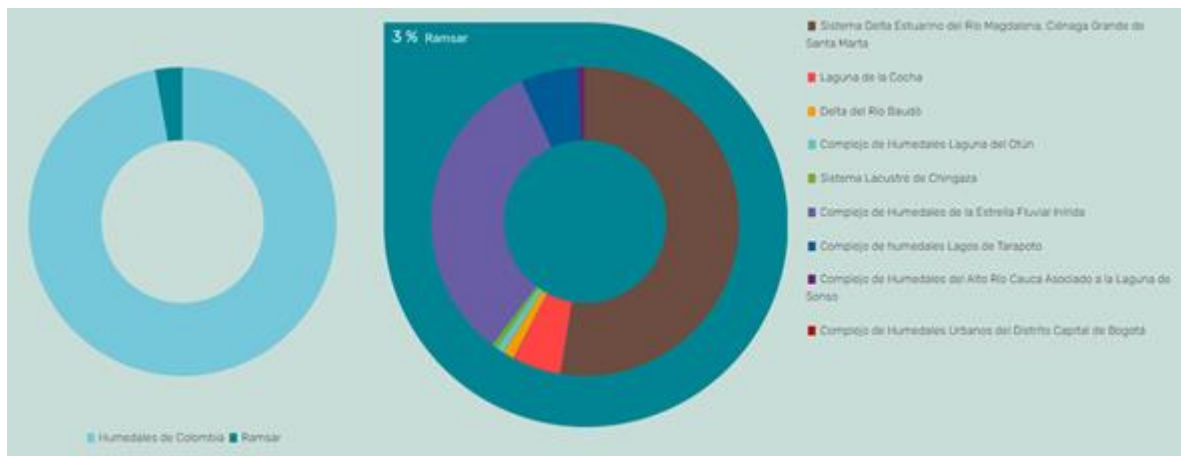


Imagen 9. Áreas de humedales Colombia vs Designados sitios Ramsar (Biodiversidad, 2021).

Software de Sistemas de Información Geográfico

ARCGIS

Actualmente, ARCGIS es la tecnología predominante en los Sistemas de Información Geográfica (SIG). La compañía propietaria de ESRI (Environmental Systems Research Institute) ha desarrollado y mejorado esta tecnología durante más de tres décadas (Bermejo, 2023).

ESRI ha evolucionado a lo largo de su historia, comenzando con el primer ArcInfo basado en comandos y luego con el éxito de ArcView y el formato shape (Bermejo, 2023).

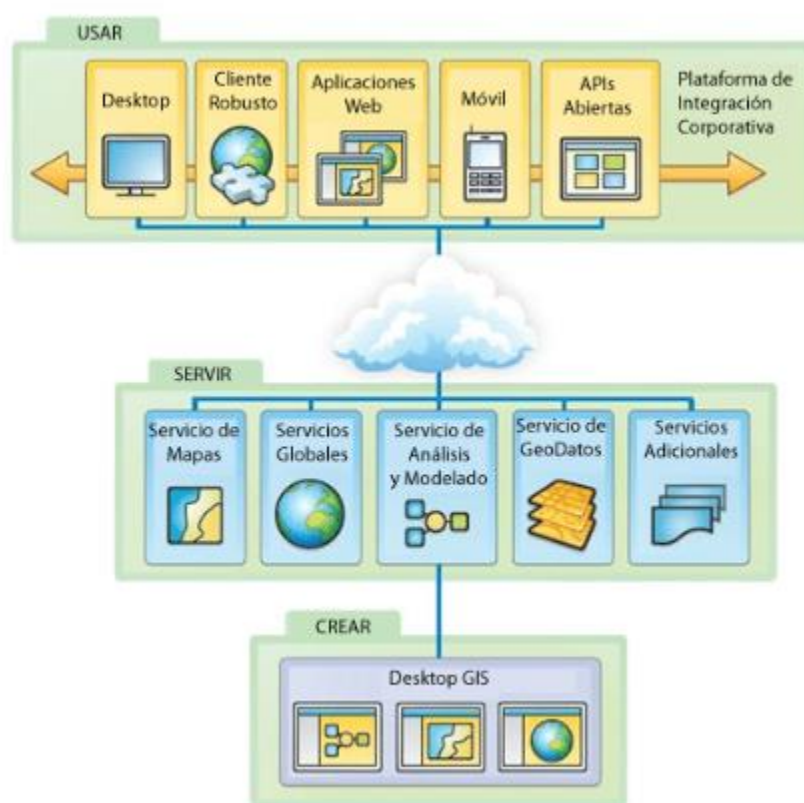


Diagrama 1. Explicativo de la tecnología ARCGIS (Bermejo, 2023).

Actualmente, ARCGIS es más que una simple tecnología para crear mapas; es una infraestructura basada en la nube que facilita la colaboración y el uso de datos geográficos. Por lo tanto, ARCGIS ha pasado de ser solo una herramienta para el análisis y el procesamiento de datos espaciales a una amplia gama de aplicaciones relacionadas con el manejo y el tratamiento de la información geográfica. Su característica más destacada es que es un SIG diseñado para ser utilizado por múltiples usuarios (Bermejo, 2023).

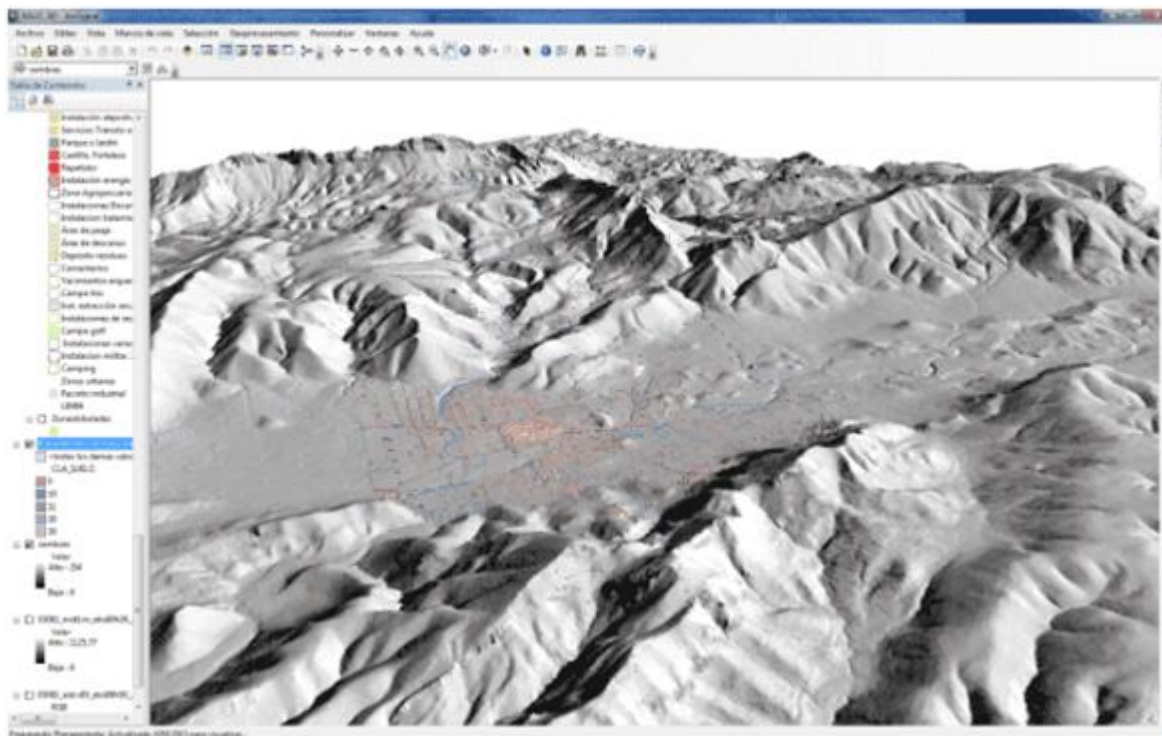


Imagen 10. Aplicación de la tecnología ARCGIS al planeamiento urbano (Bermejo, 2023).

La tecnología ARCGIS incluye una variedad de productos software escalables con la misma arquitectura de componentes (ArcObjects), que permiten la creación, gestión, manipulación, edición, análisis y distribución de datos geográficos. Cada producto está diseñado y pensado para completar cada una de las etapas de un proyecto SIG (Bermejo, 2023).

- Entre las funcionalidades de estas herramientas se encuentran las siguientes: la creación de datos geográficos mediante digitalización asistida.
- crear y modificar entidades en un mapa.
- Actualizar los datos de los dispositivos móviles en tiempo real.
- Compile datos de varias fuentes.
- en una base de datos geográficos.
- Realizar operaciones relacionadas con el análisis espacial.
- Calcular y desarrollar redes.
- automatizar procesos geográficos.
- crea visualizaciones de propiedades espaciales en dos dimensiones y tres dimensiones.
- Maquetar mapas y supervisar los resultados de datos.
- Publicar la información geográfica para que todos los usuarios la puedan ver.

(Bermejo, 2023).

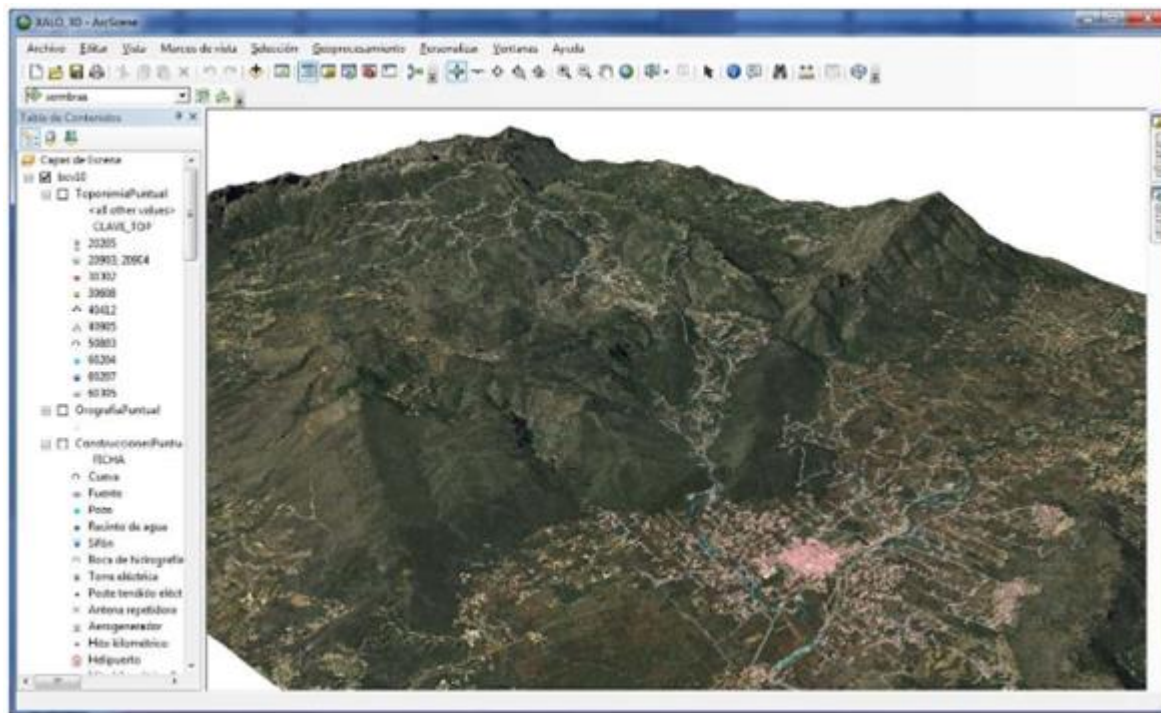


Imagen 11. Aplicación de la tecnología ARCGIS para el cálculo del modelo digital de terreno (Bermejo, 2023).

Estadísticos calculados en DSAS

Las tasas de cambio de la línea costera se calculan utilizando el método DSAS en función de las diferencias entre las posiciones de la línea costera durante períodos de tiempo específicos. Las siguientes medidas estadísticas [Thieler et al., 2009] son posibles en DSAS (Castañeda, 2017):

1. Net Shoreline Movement (NSM) - Movimiento neto de la costa: Como su nombre indica, muestra el movimiento neto de la línea de costa. Este estadístico indica la distancia que hay entre la línea de costa más vieja y la más nueva. Determina la variabilidad de la línea de costa en función de la fecha inicial, lo que proporciona una buena fuente de resultados para medir la tendencia global de las playas en estudio (Castañeda, 2017).

2. Shoreline Change Envelope (SCE) - Sobre cambio costero: Es una medida del cambio total en el movimiento de la costa tomando todas las posiciones disponibles e informando sus distancias, sin referencia a sus fechas específicas (Castañeda, 2017).

3. End Point Rate (EPR) - Tasa de punto final: Es la relación entre la línea de costa más antigua y la más reciente, así como el tiempo que ha transcurrido entre ambas. La distancia entre la posición más antigua y la más reciente de la costa se divide por el tiempo transcurrido. Los patrones espaciales de cambio en las estadísticas de cambio de costas se pueden mostrar en cada parámetro. [Oyedotun, 2014] (Castañeda, 2017).

4.Linear Regression (LRR): Este parámetro se utiliza para determinar las tendencias en los cambios de la línea de costa durante períodos de tiempo prolongados. Este método calcula la regresión lineal intersectando los puntos de cada transecto; la pendiente es la tasa de cambio, expresada en metros por año.

Considerado un método confiable para predecir posiciones costeras futuras, puede determinar el tipo de asociación existente (a través del valor R) y el valor de la varianza de la variable dependiente (la posición de la línea costera en una fecha específica, que es la variable independiente) (Crowell et al., 1991; Douglas y Crowell 2000). Sin embargo, el método de regresión lineal tiende a subestimar la velocidad de cambio en comparación con otras estadísticas y es susceptible a los efectos de valores atípicos (Dolan et al., 1991; Genz et al,2007) (Martin et al, 2018).

5.Weighted Linear Regression (WLR): El comportamiento histórico de la línea de costa puede describirse utilizando una recta de regresión ponderada. Se pueden utilizar los datos para identificar las áreas con las tasas de cambio más altas como posibles áreas de mayor vulnerabilidad erosiva (Viridis, 2012) (Martin et al, 2018).

Es un parámetro estadístico importante porque tiene en cuenta las incertezas asociadas con los errores como factor de ponderación en las ecuaciones de regresión. Esto es particularmente cierto en fotografías antiguas. Este método se basa en puntos de datos con un intervalo de confianza del 95 % donde la precisión de la posición litoral es inferior en un año. (Thieler et al, 2009) (Martin et al, 2018).

MARCO LEGAL

Ley 70 de 1993 - Ley de Comunidades Negras

Descripción: La ley colombiana reconoce y protege los derechos de las comunidades negras, incluidas sus relaciones con los territorios colectivos y los recursos naturales, como los manglares. establece reglas específicas para que las comunidades negras conserven y usen sosteniblemente los manglares (Mincultura, 2017).

Decreto 2372 del 1 de julio de 2010 -Por medio del cual se establecieron la reglamentación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y los procedimientos generales relacionados con el Sistema.

Descripción: La Ley 99 de 1993 refleja los principios constitucionales y del Convenio en la política ambiental colombiana, incluyendo el artículo 1 que establece que la biodiversidad, como patrimonio nacional y de interés humano, debe ser protegida y aprovechada de manera sostenible. La Ley 99 de 1993 también estableció las responsabilidades de las autoridades ambientales para reservar, declarar y administrar diversas figuras de manejo y protección de los recursos naturales

reguladas por el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y sus reglamentos, así como las creadas por la misma ley (Fundación Pública, 2010).

Ley 1454 de 2011- Por la cual se dictan normas orgánicas sobre ordenamiento territorial y se modifican otras disposiciones “Esquemas asociativos territoriales

Descripción: El Gobierno Nacional fomentará la colaboración de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) para crear y llevar a cabo programas de protección ambiental, especialmente enfocados en el mantenimiento de las zonas productoras de agua. Esto permitirá proteger ecosistemas estratégicos y crear programas de reducción de riesgos. En el transcurso de esta labor, las Corporaciones Autónomas Regionales tendrán la capacidad de realizar inversiones fuera de su territorio bajo la aplicación de los acuerdos establecidos entre ellas (Fundación Pública, 2011).

Resolución 1263 de 2018

Descripción: Al actualizar las medidas para asegurar la sostenibilidad y la gestión integral de los ecosistemas de manglar, y tomar otras decisiones, se estableció la “Guía para la restauración de los ecosistemas de manglar de Colombia” (Minambiente, 2018).

Ley 2243 de 2022- Se protegen los ecosistemas de manglar y se dictan otras disposiciones

Descripción: La ley también establece el Plan Nacional para la restauración de los manglares y los Programas Regionales para la restauración de los manglares, que son administrados por las autoridades ambientales con jurisdicción sobre estos ecosistemas.

Finalmente, la ley establece que la restauración ecológica de los manglares en todo el país es necesaria y de interés público para preservarlos y aumentar el conocimiento en el país (Cruz, 2022).

9. ANTECEDENTES

Debido a la erosión y la acreción costera, las zonas litorales son cada vez más vulnerables a la devastación. Así pues, el cálculo costero o de la línea de costa es un aspecto crucial en la manifestación de la erosión y la acreción costeras, ya que, desempeña un papel importante en la investigación morfodinámica de la línea de costa (Saad et al,2015).

Para investigar las posiciones o la forma anteriores o actuales de la línea de costa el Sistema Digital de Análisis de la Línea de Costa (DSAS) puede utilizarse en el HTA (Análisis de Tendencias Históricas). Utilizando un análisis diacrónico de fotografías aéreas e imágenes de satélite obtenidas, así como un mapa topográfico, para analizar los cambios ocurridos en toda la zona de investigación (Saad et al,2015).

La metodología utilizada se basa en correcciones geométricas y radiométricas de fotografías aéreas e imágenes de satélite para digitalizar la línea costera mediante la versión 5 de DSAS

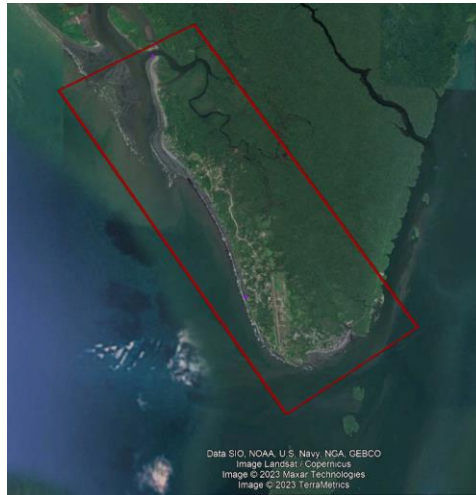


Imagen 12. Zona de Estudio General (Autoría Propia).

Zona de estudio general: **1.** $3^{\circ}55'10.21''\text{N } 77^{\circ}21'35.98''\text{O}$; **2.** $3^{\circ}55'55.83''\text{N } 77^{\circ}20'26.88''\text{O}$; **3.** $3^{\circ}58'34.54''\text{N } 77^{\circ}22'24.45''\text{O}$; **4.** $3^{\circ}58'00.12''\text{N } 77^{\circ}23'35.60''\text{O}$.

Para delimitar la zona de estudio general se quiso abarcar en totalidad los corregimientos ya mencionados y los principales ecosistemas que los rodean, siendo estos las zonas costeras y zonas de bosque de manglar.



Imagen 13. Zona de Estudio de Líneas de Costa (Autoría Propia).

Zona de líneas de costa: **1.** $3^{\circ}56'01.33''\text{N } 77^{\circ}22'11.55''\text{O}$; **2.** $3^{\circ}56'26.58''\text{N } 77^{\circ}21'25.74''\text{O}$; **3.** $3^{\circ}58'33.03''\text{N } 77^{\circ}22'52.79''\text{O}$; **4.** $3^{\circ}58'11.48''\text{N } 77^{\circ}23'42.09''\text{O}$.

La zona de líneas de costa se delimitó y se dividió en tres secciones para poder dar un análisis más detallado de la zona. Aquí se busca abarcar un gran área para ver los grandes cambios que pudo haber en las líneas de costa.

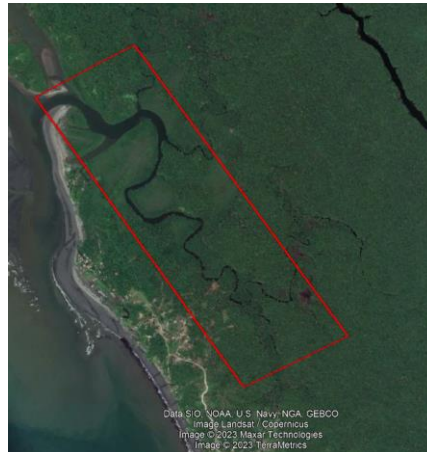


Imagen 14. Zona de Estudio de Líneas de Manglar (Autoría Propia).

Zona de líneas de manglar: **1.** $3^{\circ}57'00.77''N$ $77^{\circ}21'54.22''O$; **2.** $3^{\circ}57'14.91''N$ $77^{\circ}21'25.53''O$; **3.** $3^{\circ}58'34.51''N$ $77^{\circ}22'29.46''O$; **4.** $3^{\circ}58'20.59''N$ $77^{\circ}22'52.05''O$.

Para la zona de líneas de manglar se procedió de igual manera a delimitar mediante un polígono. Se buscó abarcar todas las zonas de manglar a estudiar dentro de las zona de línea de manglar.

Fase 1: Revisión bibliográfica

Inicialmente, se ejecutó una revisión bibliográfica de artículos, proyectos o tesis académicas referentes a el análisis de los cambios dinámicos de la costa litoral del pacífico colombiano aplicando la teledetección utilizando los software ARCGIS y DSAS.

Fase 2: Recolección y procesamiento de Imágenes satelitales

2.1 Búsqueda y descarga de imágenes satelitales

Se realizó una búsqueda de imágenes satelitales en la base de datos del servicio geológico de Estados Unidos (USGS) esta es una agencia federal que se dedica a la recopilación, estudio y distribución de información geológica, geoespacial y de recursos naturales en los Estados Unidos. El USGS desempeña un papel crucial en la comprensión de los procesos geológicos, la evaluación de los recursos naturales y la gestión de los riesgos naturales.

La finalidad es suministrar información verídica que colabore a entender y dirigir los recursos naturales de los Estados Unidos y así mismo, los peligros relacionados a ellos. Adicionalmente, es necesario llevar a cabo un registro en la página web y luego, se identifica la zona seleccionada y se adecuan las variables deseadas, y por último, se desarrolla la investigación para así, identificar las imágenes satelitales disponibles (tipo landsat colletion 2 nivel 2); para adquirir las imágenes satelitales de los años 1986-1998-2002-2011 y 2021 (USGS, 2021).

Por otra parte se procede a realizar la búsqueda de una imagen satelital en google earth que permitiera darnos una guía con una resolución más detallada de la zona, que de igual manera

servirá para el análisis de las líneas de costa y zonas de manglar. Se obtiene imagen satelital del 2019.

2.2 Procesamiento y recorte de las imágenes

Una vez descargadas las imágenes satelitales del USGS se procedió a ejecutarlas dentro del software Arcgis 10.4 donde se exponen todas las bandas de las imágenes y se unen en una sola de manera respectiva con el objetivo de tener un solo shape por imagen que contenga todas las bandas. Una vez realizado esto con todas las imágenes se realiza un recorte de éstas buscando sólo conservar las zonas de estudio ya establecidas.

Ya por último se procedió a generar un cruce de bandas que permita diferenciar de manera visual la cobertura vegetal y el suelo del mar o de las redes hídricas que se distribuyen a lo largo de los manglares. A continuación se muestran las imágenes seleccionadas y procesadas.

Para la imagen satelital obtenida por google earth no se realiza ningún cambio a excepción del recorte. A continuación se presentan las imágenes ya procesadas.

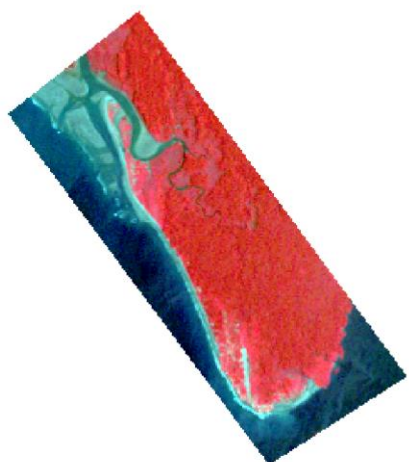


Imagen 15. Imagen Procesada 1986.

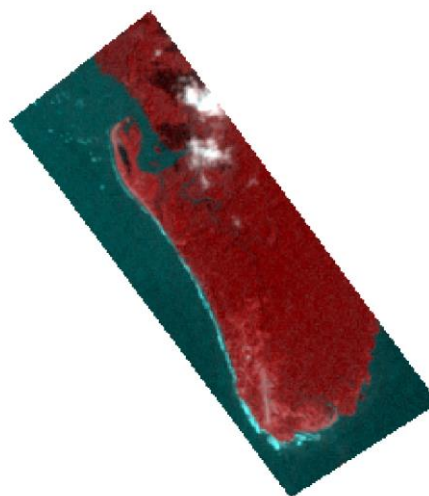


Imagen 16. Imagen Procesada de 1998.

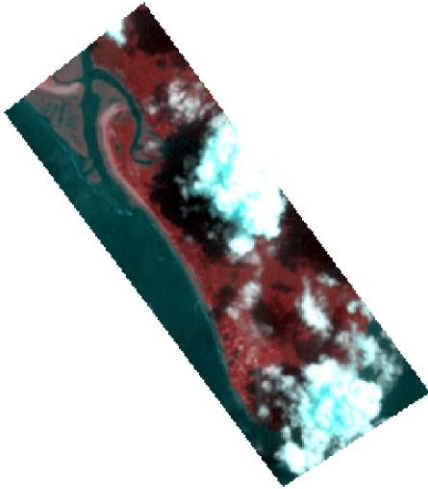


Imagen 17. Imagen Procesada de 2002.

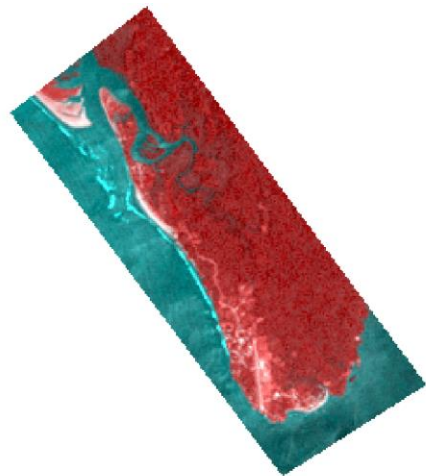


Imagen 18. Imagen Procesada de 2011.



Imagen 19. Imagen Procesada de 2019

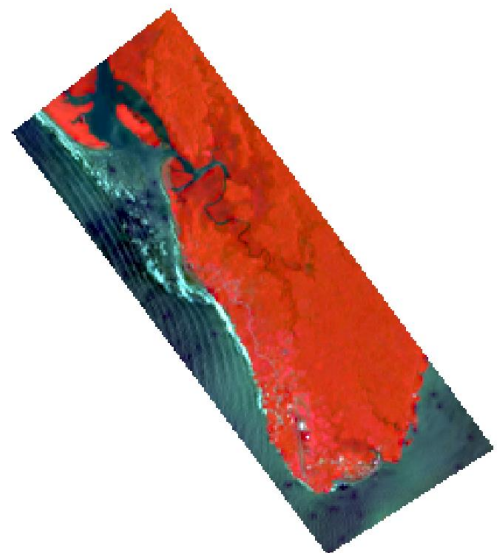


Imagen 20. Imagen Procesada de 2021.

2.3 Generación líneas de costa

Para la generación de las líneas de costa se procedió a analizar cada imagen por separado. Se genera un geodatabase para almacenar los shapes que tendrán las líneas de costa y se procede de manera manual a realizar un trazo por las línea de costa de cada imagen.

Para esto se tomó como referencia guía la línea húmeda de la línea de costa que es la zona hasta donde presentan las olas más profundas. Se establecen las siguientes líneas de costa.

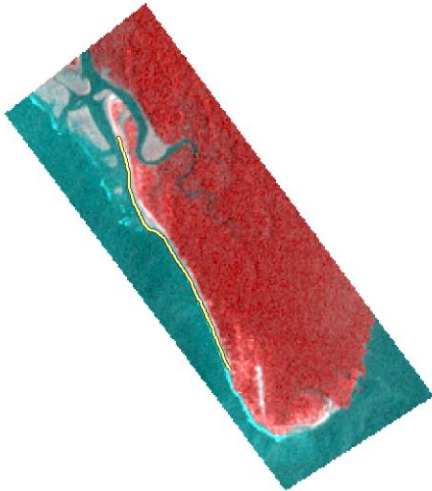


Imagen 21. Línea de Costa Trazada de 1986.



Imagen 22. Línea de Costa Trazada de 1998.

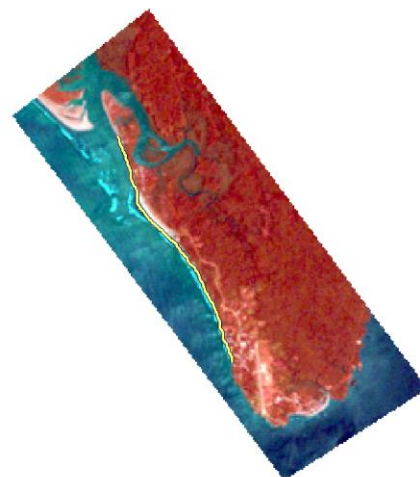
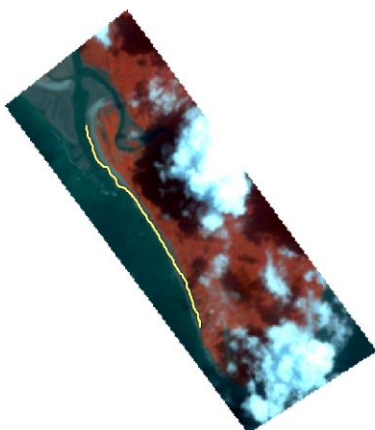


Imagen 23. Línea de Costa Trazada de 2002.



Imagen 24. Línea de Costa Trazada de 2011.

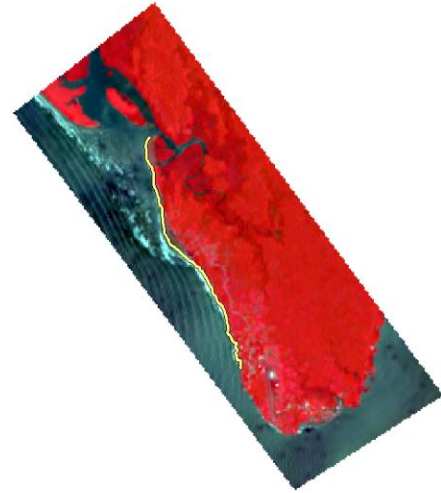


Imagen 25. Línea de Costa Trazada de 2019.

Imagen 26. Línea de Costa Trazada de 2021.

2.4 Generación líneas de manglar

Para la generación de las líneas de manglar se procede a analizar cada imagen por separado. Se genera un geodatabase para almacenar los shapes que tendrán las líneas de manglar y de manera manual a realizar un trazo por las línea de manglar de cada imagen. Se realizan 4 (cuatro) zonas de manglar a estudiar que en conjunto comprenden una de las principales redes hídricas de los bosques de manglar presentes en la zona de estudio.

De cada zona de manglar se realiza una línea de manglar para cada cara de la red hídrica, para esto nos basamos en la línea de cobertura vegetal que nos trazan las copas de los árboles de los bosques de manglar siguiendo su red hídrica principal.



Imagen 27. Línea de Manglar Trazada de 1986.



Imagen 28. Línea de Manglar Trazada de 1998.

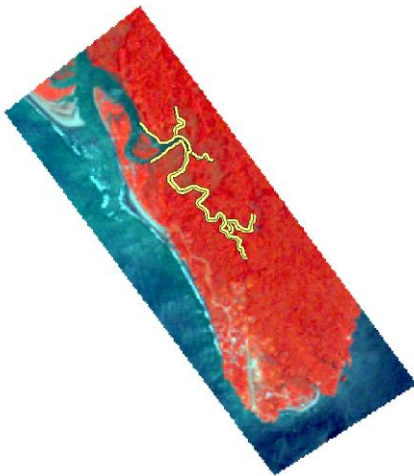


Imagen 29. Línea de Manglar Trazada de 2011.



Imagen 30. Línea de Manglar Trazada de 2019.



Imagen 31. línea de Manglar Trazada de 2021.

2.5 Generación de líneas base

Para la generación de las líneas base se procedió a identificar las líneas de costa ya delimitadas y se establecieron líneas base de manera general para cada zona de estudio, esto se hace de manera manual paralela a las líneas de costas, entre la costa y tierra adentro.

La línea base sirve como guía referencia para el cálculo estadístico de las líneas de costa y líneas de manglar, le permite al software DSAS tener una línea de referencia para calcular las tasas de cambio de las líneas a estudiar.

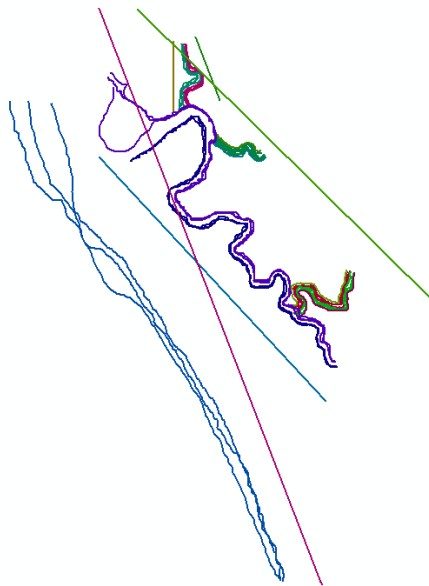


Imagen 32. Líneas base trazadas, ejemplo Líneas de Costa y Líneas de Manglar.

Fase 3: Salida a campo zona de estudio

Se realizan dos salidas a la zona de estudio. Se genera una primera salida a los corregimientos de Ladrilleros, Juanchaco y La Barra con el fin de conocer el estado ambiental de la zona, los ecosistemas presentes, generar relacionadas con las comunidades presentes y generar entrevistas para conocer los acontecimientos en líneas de costa y líneas de manglar presentes de la zona de estudio.

Primera salida - Septiembre 20 del 2022

“El objetivo de la salida fue identificar, analizar y conceptualizar el estado ambiental de la zona de interés con casos reales, teniendo como base los temas relacionados con contaminación ambiental, daños y contaminación de fuentes hídricas, procesos AVR costeros y daños en manglares; todo esto, articulado con la gestión de riesgos y desastres y su reconocimiento base desde imágenes de satélites”.

De las entrevistas realizadas en esta primera salida se destacan varias donde se hace visible el conocimiento de la comunidad en los cambios de erosión y acreción de la líneas de costas de sus corregimientos. Se mencionan entonces las siguientes entrevistas. (Los entrevistados de la zona, estuvieron de acuerdo con la entrevista y aceptaron de manera verbal, lo cual reposa en las grabaciones)

Entrevista 1

Nombre: Romer Asprilla

Edad: 58 años

Ocupación: Guia turistico

Nos cuenta Romer Asprilla que hace unos 25-30 años aproximadamente se borró parte de la playa en la zona de la barra. Ahora la única forma de cruzar por la playa es esperar que la marea esté en plena baja. Don Romer asegura que antes por más marea alta que estuviera se conservaban la mayoría de playa. Explica que la comunidad desconoce si esto se debe al calentamiento global o a las fluctuaciones cíclicas del área y el oleaje, pues estas playas son movedizas y hay un constante intercambio entre sus arenas. Hay pujas que trae arena y puja que quita arena. Se desconocen las fechas de llegada o pérdida de arena.

Entrevista 2

Nombre: Angel Castro Gonzales

Edad: 15 años

Ocupación: Administración hotelera

La principal economía de las tres veredas es el turismo, es el fuerte, el turismo alimenta las demás actividades económicas como la pesca, el transporte, el comercio de artesanías, los restaurantes, entre otras. Hay una época entre enero y febrero donde se prohíbe pescar el camarón. Es el único tipo de protección que hay para esa especie, no hay una prohibición de temporada de pesca para otras especies de fauna marina.

Por otra parte angle refleja su preocupación por la poca tecnificación con el que las familias de las comunidades de los corregimientos construyen sus hogares. Nos cuenta que hace 25-30 años aproximadamente en sectores del corregimiento de La Barra se tuvieron que desplazar varias familias debido a que la línea de costa se había corrido con el pasar del tiempo y ya el agua del oleaje llegaba a sus hogares.

Segunda Salida - julio 21 del 2023

“El objetivo de la segunda salida fue contrastar la información obtenida, con las primeras visitas en campo, zonas impactadas y opiniones de la comunidad. Este trabajo se presenta y ofrece a las comunidades como un plan piloto para el estudio detallado de las comunidades del pacifico colombiano del valle del cauca”.

En esta pudimos contrastar las zonas de mayor erosión y acreción de las zonas de estudio. Se pudo validar el cambio arrojado por el análisis estadístico que nos dio DSAS, de igual manera se pudo verificar la zona de desplazamiento urbano en la línea de costa del corregimiento de La Barra y Ladrilleros. De igual manera se pudo conocer el interés de las comunidades por realizar más estudios de sus líneas de costa y zonas de manglar a lo largo del pacifico colombiano del valle del cauca. Es por esto que se mencionan las comunidades de Cajambre y Mayorki y se realiza un recorrido para generar un primer concepto visual de la zona y un acercamiento con las comunidades.

Al comparar la información obtenida desde el aire o el espacio con la realidad en el terreno, estas salidas permiten validar y verificar los datos recopilados mediante imágenes de teledetección. Además, brindan la oportunidad de recopilar datos complementarios, como detectar topográficas y muestras de sedimentos y vegetación, e identificar cambios no detectados por teledetección, como la erosión costera o la aparición de nuevas características. Las salidas de campo también permiten obtener imágenes de referencia del terreno, que pueden ser utilizadas para calibrar las imágenes de teledetección. Por último, pero no menos importante, estas actividades brindan la oportunidad de interactuar con las comunidades locales y obtener información sobre sus perspectivas y experiencias con los cambios en la línea de costa.

Fase 4: Ejecutar Extensión DSAS

4.1 Instalación de la extensión DSAS:

Para utilizar la extensión DSAS en ArcGIS, fué necesario descargar e instalar la versión adecuada para la versión de ArcGIS que se está utilizando. La versión 5 de DSAS es compatible con ArcGIS 10.4 y puede descargarse desde la página web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés).

Una vez instalada la extensión, se configuró para que utilice los datos preparados. En primer lugar, se debe abrir el archivo de configuración de DSAS y especificar la ubicación de los datos de línea de costa. Luego, se deben configurar los parámetros de análisis, tales como la resolución espacial, el umbral de cambio mínimo y la ventana de tiempo para la detección de cambios. Thieler et al. (2009) indican que el archivo de configuración de DSAS es un archivo de texto que puede editarse manualmente o mediante la interfaz gráfica de usuario de DSAS.

DSAS crea transectos que se proyectan perpendiculares a la línea base de referencia en un área de costa que el usuario decide. La línea de base de referencia puede dibujarse entre las posiciones históricas de la línea de costa o completamente a un lado de los datos de la línea de costa . DSAS crea las métricas de cambio siguientes mediante la medición de la distancia entre la línea de base y cada intersección de la línea de costa a lo largo de un transecto. Además, combina la información de fecha y la incertidumbre posicional para cada línea de Costa:

Midiendo la distancia:

- En relación con el cambio de línea de costa (SCE)
- Movimiento de costa neta (NSM)

Estadísticas:

- La tasa de punto final (EPR)
- Las tasas de regresión lineal
- La tasa de regresión lineal ponderada (WLR)
- Estas son estadísticas adicionales para la regresión lineal y ponderada
- Los intervalos de confianza de LCI/WCI
- Error estándar (LSE/WSE)
- Cuadro R (LR2/WR2)

Los resultados de todos los cálculos se envían a una nueva clase de entidad de tasa. Puede ver los resultados en un estándar de clasificación predeterminada o aumentar según la extensión de los datos. La longitud del transecto puede calcularse automáticamente y ajustarse a la extensión de los datos de la costa.

4.2 Preparación de datos:

Antes de haber comenzado el análisis, fue necesario tener los datos preparados. Para la evaluación de la línea de costa, se requirió un conjunto de datos que incluya la ubicación de la línea de costa en diferentes momentos. Estos datos pueden provenir de imágenes satelitales, fotografías aéreas, mapas topográficos, entre otros. Como señalan Thieler et al. (2009), el DSAS puede trabajar con diferentes tipos de datos de línea de costa, incluyendo datos vectoriales (por ejemplo, archivos shapefile) y datos raster (por ejemplo, imágenes georreferenciadas). Para esto se hace necesario la modificación de las tablas de atributos de las líneas de costa y líneas base, con el fin de agregar las variables solicitadas para la correcta ejecución de la extensión. A continuación se muestra el ejemplo de la modificación respectiva a las tablas de atributos de la línea de costa, línea manglar y línea base.

OBJECTID	SHAPE	SHAPE_Length	DSAS_date	DSAS_uncy
1	Polyline	xxx	Fecha	#
2	Polyline	xxx	Fecha	#
3	Polyline	xxx	Fecha	#

Tabla 2. Ejemplo de tabla de atributos de línea de costa.

OBJECTID	SHAPE	SHAPE_Length	DSAS_ID
1	Polyline	xxx	#

Tabla 3. Ejemplo de tabla de atributos de línea base.

De igual manera se procede a generar cinco (5) períodos de tiempo (A,B,C,D,E) donde se busca analizar las imágenes en pequeños grupos con el fin de comprender más a detalle la dinámica de estas zonas costeras y zonas de manglar. Cabe mencionar que para los dos últimos periodos solo se estudió el cambio de las líneas de costa. A continuación se presentan los años establecidos por periodos

Periodos Establecidos				
A	1986	1998	2002	
B	1998	2011	2019	
C	2002	2019	2021	
D	1998	2002	2019	
E	1986	2011	2021	

Tabla 4. Periodos establecidos para el análisis de línea de costa y línea de manglar.

Una vez actualizadas las tablas de atributos se muestran las líneas de costa, líneas de manglar y líneas base de manera respectiva para cada periodo se establecen los grupos de estos a analizar por periodo, a continuación se muestran las líneas de costa, líneas de manglar y líneas base para cada periodo de tiempo.

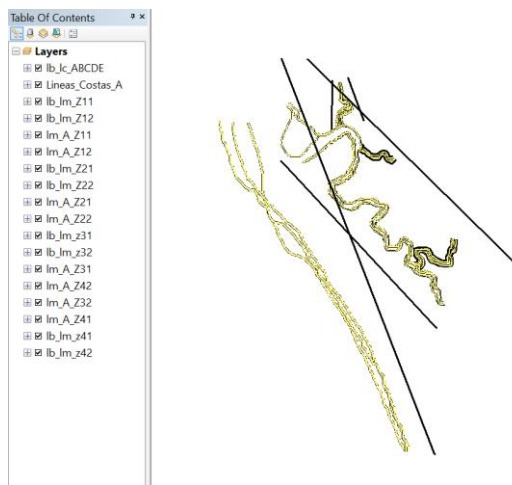


Imagen 33. Lc, Lm, Lb del Periodo A.

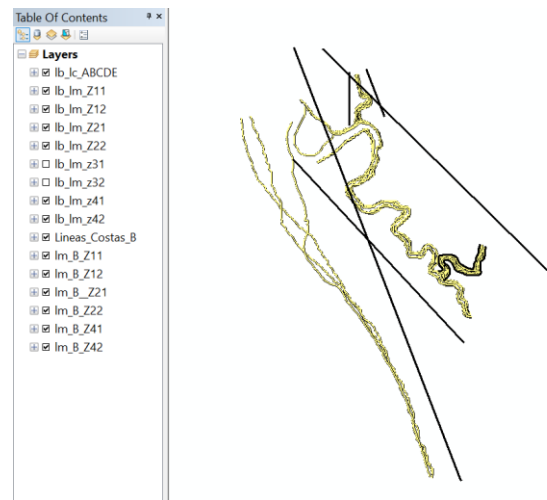


Imagen 34 . Lc, Lm, Lb del Periodo B.

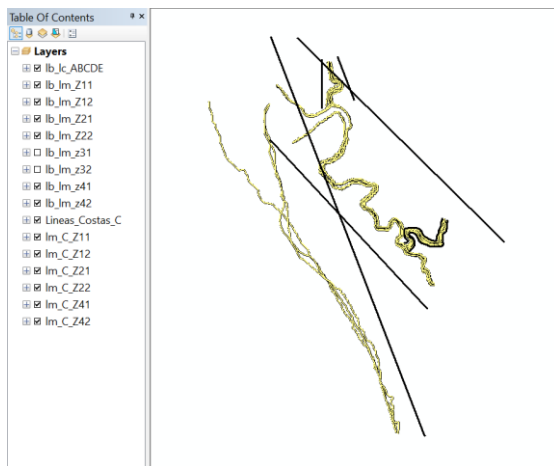


Imagen 35. Lc, Lm, Lb del Periodo C.

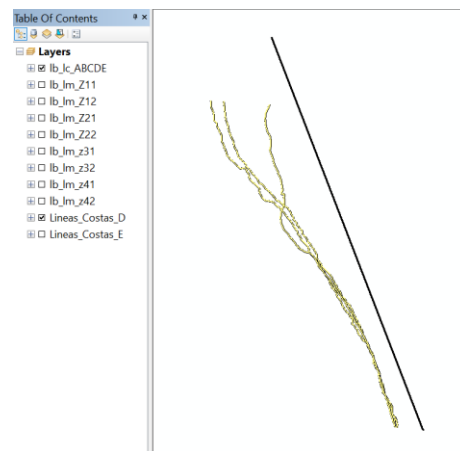


Imagen 36. Lc, Lb del periodo D.

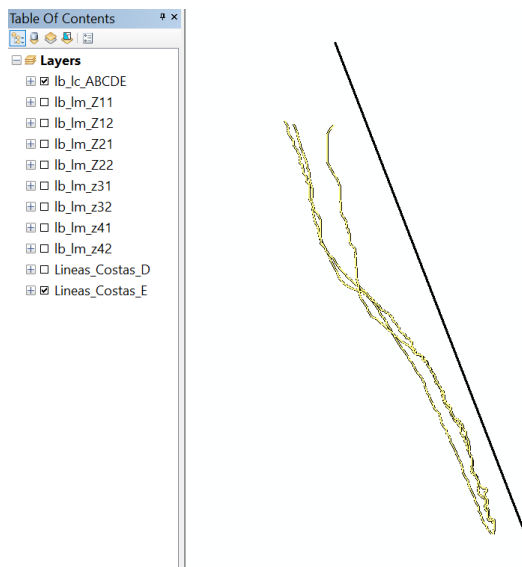


Imagen 37. Lc, Lb del Periodo E.

Fase 5: Interpretación de los resultados:

5.1 Análisis de datos arrojados

Con la extensión DSAS configurada, se pudo comenzar a analizar el cambio en la línea de costa. DSAS utiliza una técnica llamada análisis de estabilidad de la costa (ESA, por sus siglas en inglés) para detectar cambios en la línea de costa. El ESA se basa en el análisis de las variaciones en la distancia entre la línea de costa y una línea de referencia (normalmente la línea de costa en un momento anterior).

DSAS utiliza una ventana deslizante para evaluar el cambio en la línea de costa en diferentes puntos a lo largo de la costa. Como señalan Thieler et al. (2009), el análisis de cambio en la línea de costa en DSAS implica la ejecución de una secuencia de herramientas de ArcGIS que procesan los datos de línea de costa y generan los resultados.

Una vez obtenido los resultados se procede a generar unos parámetros de análisis que son, identificar zonas de ganancia, pérdida y estabilidad de sedimentos en términos de porcentajes. Para esto se procede a cambiar las categorías y simbología de los resultados obtenidos, limitándose a tres categorías (Rojo, naranja y verde) que representan pérdida, estabilidad y ganancia respectivamente.

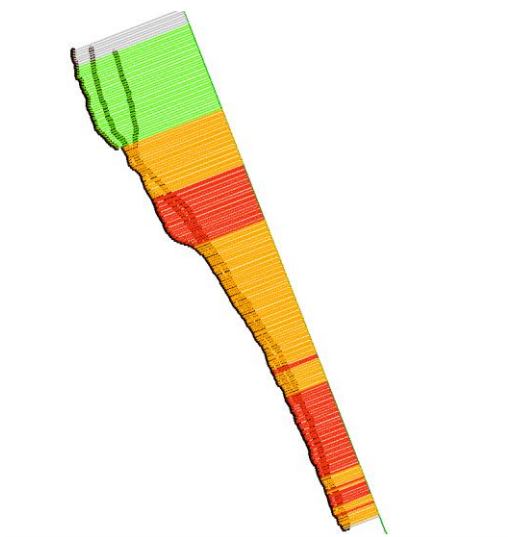


Imagen 38. Transectos líneas de costa ejemplo.

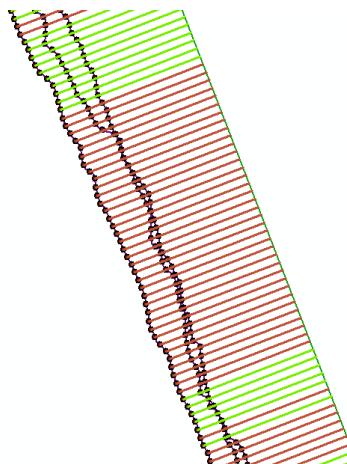


Imagen 39. Transectos línea de costa detallada ejemplo.

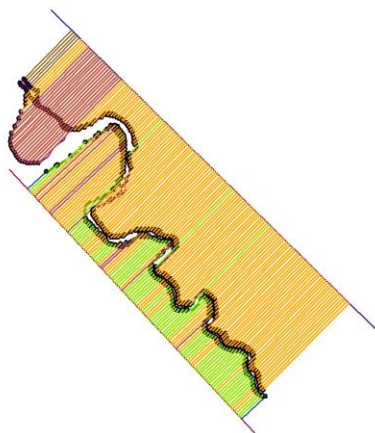


Imagen 40. Transectos línea de manglar ejemplo.

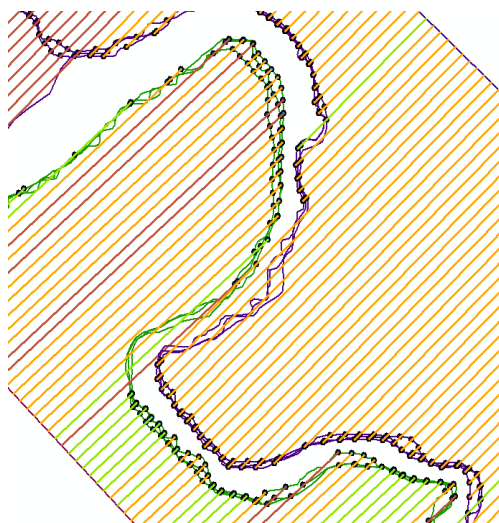



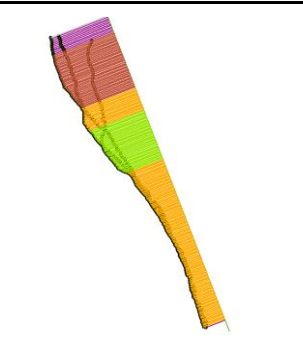
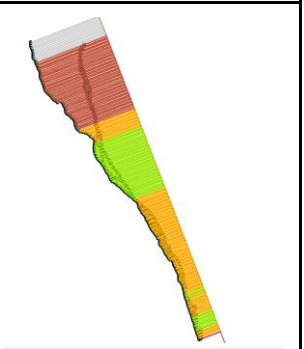
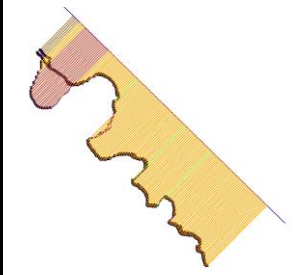
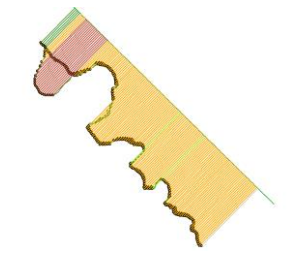
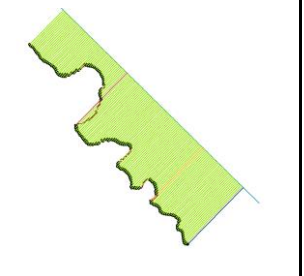
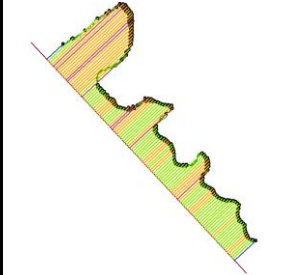
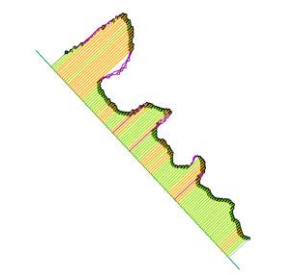
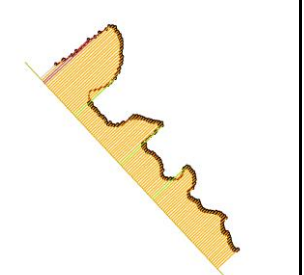
Imagen 41. Transectos línea de manglar ejemplo detallado.

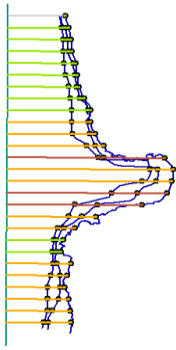
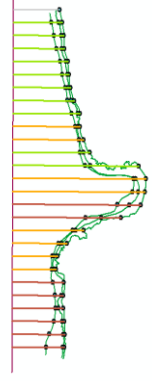
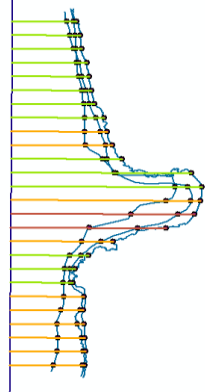
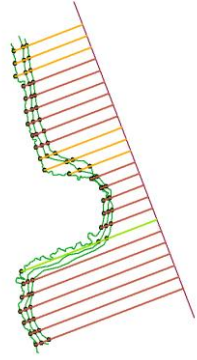
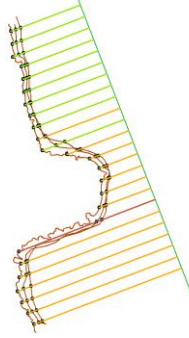
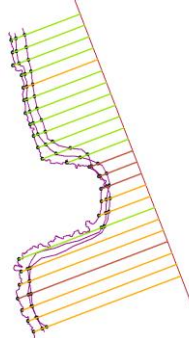
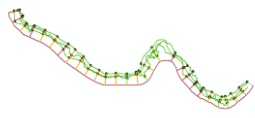
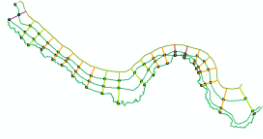
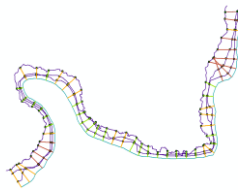
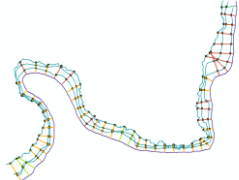
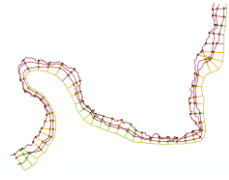
Consideraciones

Se debe tener en cuenta la codificación de las zonas de manglar para poder identificar cada una de las caras del cuerpo de agua a estudiar. Para esto se establece un primer dígito número que indica la zona a estudiar dentro de la red hídrica escogida que se divide en cuatro zonas (Z1,Z2,Z3,Z4), seguido a esto se ingresa otro dígito número que varía entre 1 y 2 lo que indica la cara de línea de manglar a estudiar de la zona escogida (Z11,Z12,Z21,Z22,Z31,Z32,Z41,Z42).

Esto nos permite tener una comprensión mucho más clara del cuerpo hídrico y de su comportamiento.

La zona 3 de la red hídrica de manglar solo se pudo estudiar en un periodo de tiempo (A) debido a que en los otros periodo se presenta una alta nubosidad en las zona de estudio Z3 por lo que el trazo de la línea de manglar en su ambos lados no era viable.

Transectos Obtenidos en el Análisis de las Líneas de Costa y Líneas de Manglar en los Periodos A-B-C.			
	A	B	C
Línea de Costa			
Línea de Manglar Zona 11			
Línea de Manglar zona 12			

<p>Línea de Manglar Zona 21</p>			
<p>Línea de Manglar Zona 22</p>			
<p>Línea de Manglar Zona 31</p>		<p>Sin disponibilidad de resolución adecuada</p>	<p>Sin disponibilidad de resolución adecuada</p>
<p>Línea de Manglar Zona 32</p>		<p>Sin disponibilidad de resolución adecuada</p>	<p>Sin disponibilidad de resolución adecuada</p>
<p>Línea de Manglar Zona 41</p>			

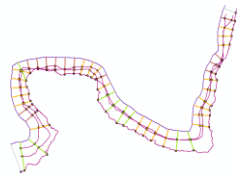
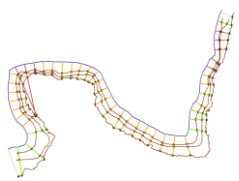
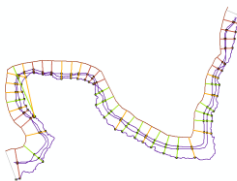
Línea de Manglar Zona 42			
-------------------------------------	---	--	---

Tabla 5. Transectos Obtenidos en el Análisis de las Líneas de Costa y Líneas de Manglar en los Periodos A-B-C.

Esta tabla nos permite apreciar de manera visual el comportamiento y modelamiento - movimiento de las líneas de costa y líneas de manglar estudiadas.

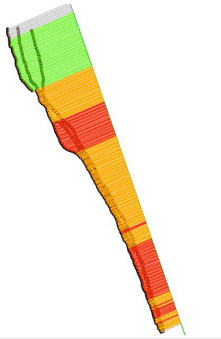
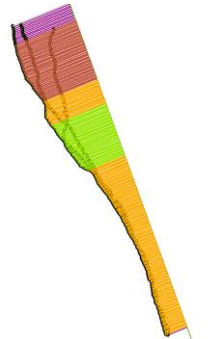
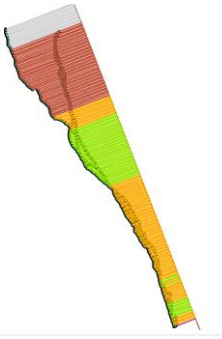
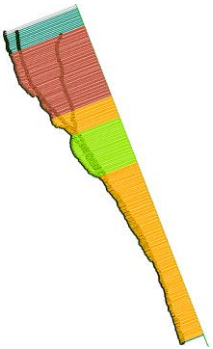

Transectos Obtenidos en el Análisis de las Líneas de Costa en los Periodos A-B-C-D-E.			
Línea de Costa	 A	 B	 C
	 D	 E	

Tabla 6. Transectos Obtenidos en el Análisis de las Líneas de Costa en los Periodos A-B-C-D-E.

En la tabla 6, se puede conocer el comportamiento y modelamiento de las líneas de costa en sus 5 periodos de tiempo estudiados. Una vez se cuenta con las líneas de costa y líneas de manglar ejecutadas con la extensión DSAS se procede a generar un análisis estadístico, teniendo en cuenta la distancia entre los transectos, la pérdidas, ganancias y zonas estables. Para esto establecemos unas consideraciones primero

Se generan transectos específicos para cada periodo de tiempo y zona a estudiar, a continuación presentan los siguientes datos obtenidos.

Características de las Zonas de Estudio			
Zona de Estudio	#Transectos	Distancia reflejada (Metros)	Periodo (Años)
Línea de Costa	218	4,360	A-B-C-D-E
Zona de Manglar 11	147	2,940	A-B-C
Zona de Manglar 12	119	2,380	A-B-C
Zona de Manglar 21	27	540	A-B-C
Zona de Manglar 22	24	480	A-B-C
Zona de Manglar 31	29	580	A
Zona de Manglar 32	23	460	A
Zona de Manglar 41	54	1,080	A-B-C
Zona de Manglar 42	47	940	A-B-C
Total	688	13,760	

Tabla 7. Características de las Zonas de Estudio.

La tabla 7 nos permite conocer las zonas a estudiar, los periodos en que se analizan estos, el número de transectos que se ejecuta por zona y la distancia en metros que este representa.

5.2 Generación de histogramas horizontales

Se procede a analizar los datos obtenidos en las variables LRR, LWR, EPR

- **End Point Rate (EPR):** Es la relación de la distancia entre la línea de costa más antigua y la más reciente, y el lapso de años entre ambas líneas, como medida principal (Martin et al, 2018).
- **Regression (LRR):** Este parámetro es utilizado para capturar tendencias de cambios de la línea de costa en periodos largos de tiempo (Martin et al, 2018).
- **Weighted Linear Regression (WLR):** La recta de regresión ponderada puede ser utilizada para describir el comportamiento histórico de la línea de costa (Martin et al, 2018).

Identificamos las relaciones entre estas tres variables y procedemos a verificar una congruencia entre los transectos y datos obtenidos por las tres variables esto con el fin de comprobar la coherencia de los datos y el comportamiento de estos a lo largo de todos los transectos.

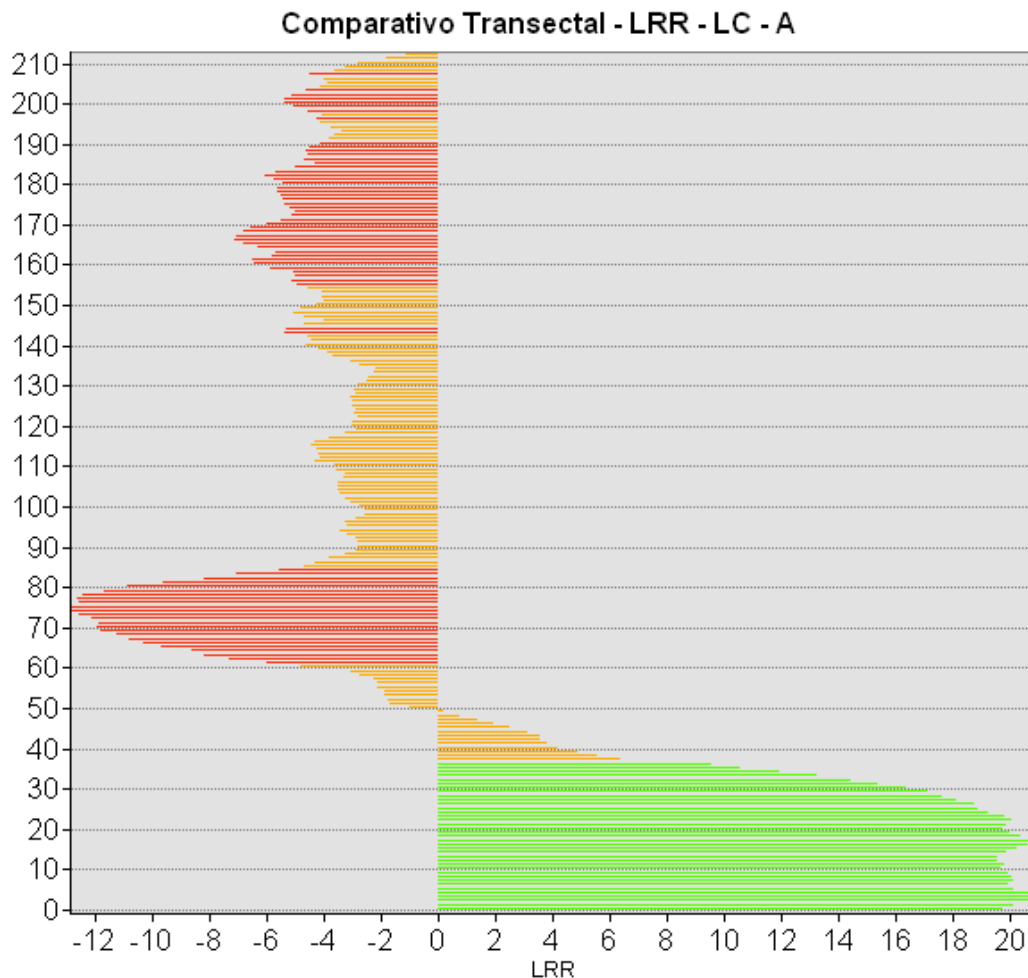
Se decide seleccionar una de las variables para generar un histograma horizontal que permita generar un análisis estadístico de los resultados generados.

El principal beneficio de los histogramas horizontales es que permiten una comparación más fácil y directa de las frecuencias entre diferentes categorías. Al tener las barras horizontales alineadas a lo largo del eje horizontal, es más sencillo apreciar las diferencias en la magnitud o frecuencia de cada categoría. Esto puede ser especialmente útil cuando se trabaja con datos categóricos o variables discretas.

Además, los histogramas horizontales también pueden ser útiles para resaltar patrones o tendencias en los datos. Por ejemplo, si se representan diferentes grupos o subconjuntos de datos en un histograma horizontal, se puede observar de manera más clara cómo se distribuyen las frecuencias en cada grupo y si existen diferencias significativas entre ellos.

Por otro lado, la regresión (LRR) es seleccionada porque estadísticamente se consideran con mayor solidez al tener cierto número de líneas esenciales de las playas disponibles, adicionalmente, las técnicas estadísticas son utilizadas para expresar la estimación de las tasas de cambio y el movimiento de la línea de costa. Consecuentemente, colabora a minimizar los errores aleatorios y los cambios a corto plazo, por medio de la utilización de una perspectiva estadística.

Por tanto, los parámetros con valores positivos expresan que la línea de la costa tiene un desplazamiento hacia el mar (acreción). De manera contraria, los parámetros con valores negativos representan un desplazamiento a la tierra (erosión). Igualmente, se presentan zonas con estabilidad, en donde la línea de costa tiene un desplazamiento poco significativo y así mismo, no hay pérdidas ni ganancias.



Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen 42. Comparativo Transectal - LRR - LC - A.

El histograma realizado para la línea de costa en el periodo A (1986-1998-2002) nos arroja una primera zona de ganancia entre los transectos 1 al 38. seguido a esto vemos un desarrollo de estabilidad y pérdida a lo largo del trayecto de la línea de costa entre los transectos 39-215.

Por tanto se parte de la zona norte de la línea de costa, observamos un comportamiento de ganancia en los primeros 38 transectos durante el periodo A, estos representan 760 metros de la línea de costa y una vez promediado nos arroja un porcentaje del 19.03% de acreción en esta primera zona con respecto a su año más antiguo.

Posterior a esto se analiza el rango entre los transectos 39 y 60 los cuales representan 420 metros de la línea de costa del período A. Esta zona presenta una estabilidad donde los valores de las tasas obtenidas no superan los valores estadísticos para representar una pérdida o ganancia.

Seguido a esto se presenta una pérdida entre los transectos 61 y 85 representando unos 480 metros de la línea de costa, esta pérdida refleja un 9.33% de erosión. Del transecto 86 al 155 se presenta una zona estable de 1380 metros. posterior a esto desde el transecto 156 al 190 se presenta una pérdida promedio de 4,7% de erosión reflejados en 680 metros de la línea de costa. Y ya por último del transecto 191 al 215 se presenta una zona en su mayoría estable con pequeñas pérdidas.

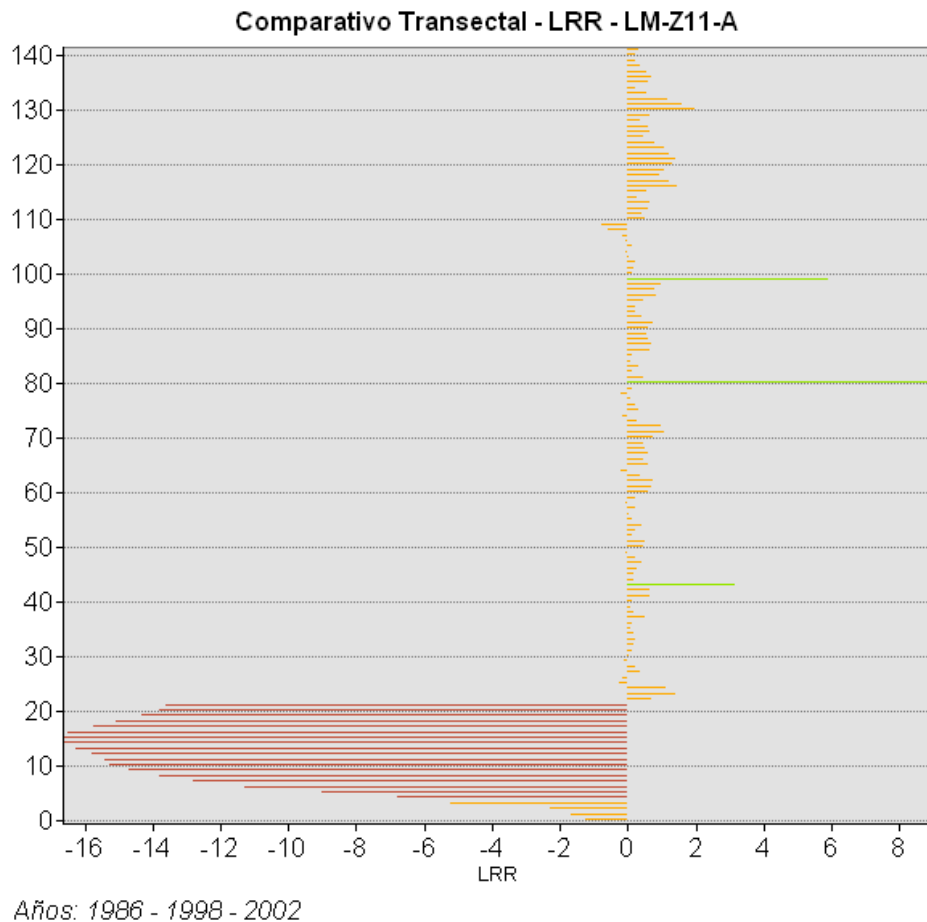


Imagen 43. Comparativo Transectal - LRR - LM-Z11-A.

La línea de manglar de la zona 11 representa una de las caras de red hídrica del bosque de manglar, la zona 1 representa el cuerpo principal de la red hídrica. podemos observar que del transecto 0 al 5 se presenta una zona de estabilidad reflejada en 100 metros de la línea de manglar de la zona 1. Seguido a esto desde el transecto 6 hasta el transecto 21 se evidencia una pérdida reflejada en 300 metros con un 13,22% de erosión. Ya por último desde el transecto 22 al 147 se presenta una estabilidad con una pequeñas zonas de ganancias que no superan los 100 metros de longitud de la línea de manglar de la zona 11.

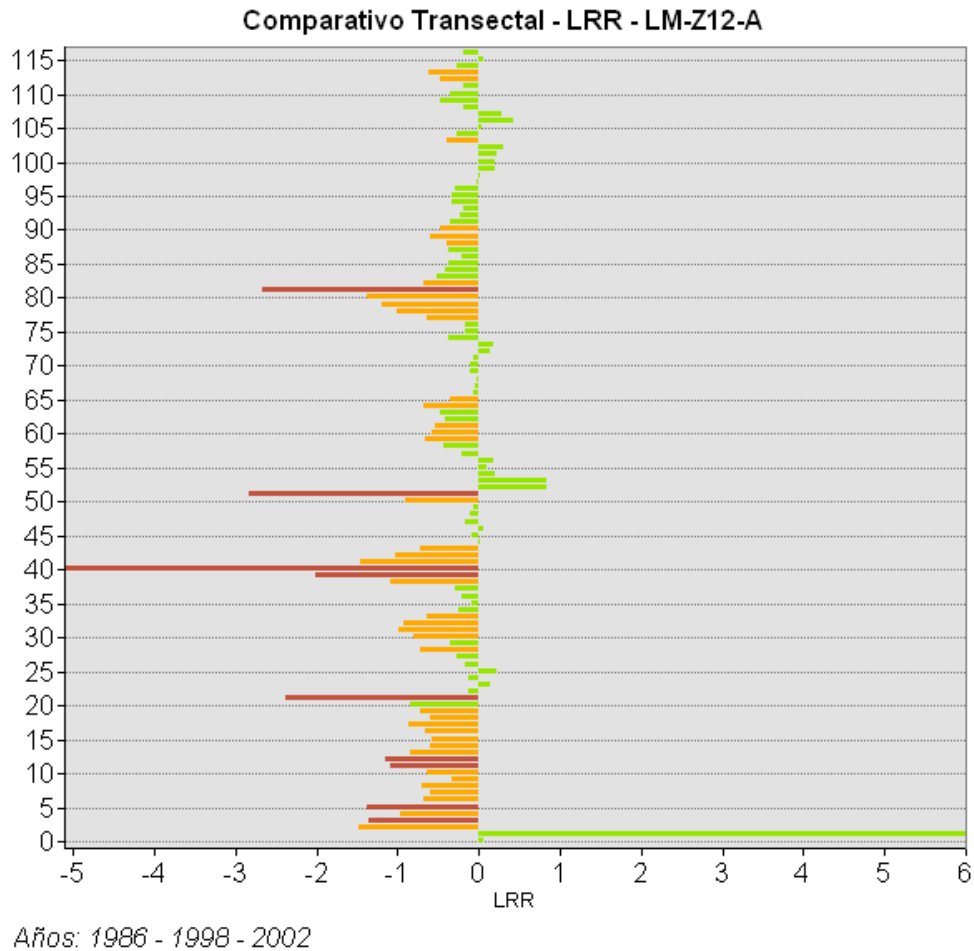


Imagen 44. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z12-A

La línea de manglar de la zona 12 representa la otra cara de la red hídrica del bosque de manglar, la zona 1 representa el cuerpo principal de la red hídrica. Podemos observar que la distribución de la línea es muy variada, presentando un constante cambio de los sedimentos en rango inferior a los 100 metros. Tenemos zonas de ganancia que no superan los 650 metros de longitud, de igual manera se presentan 1400 metros de línea de manglar de la zona 12 que son estables. Ya los restantes 250 metros de línea manglar de la zona 12 presentan pequeñas pérdidas de sedimentos.

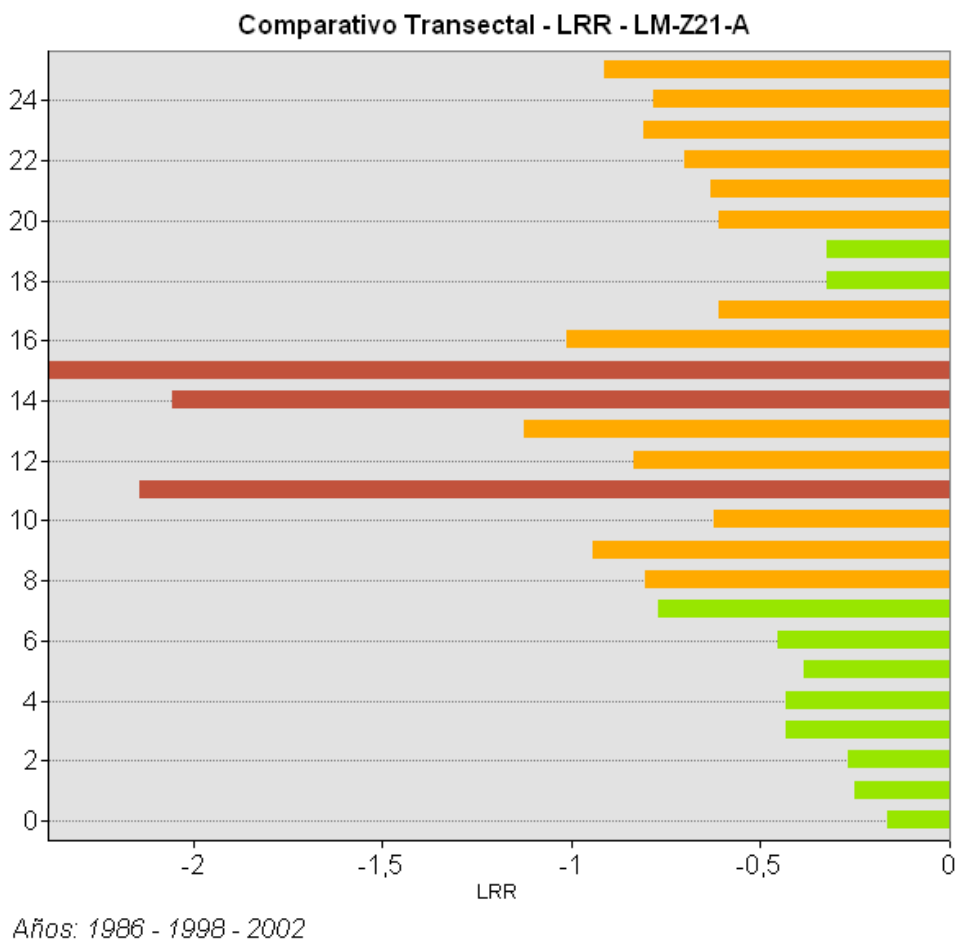


Imagen 45. Comparativo Transectal - LRR - LM-Z21-A

La línea de manglar de la zona 21 representa una de las caras de red hídrica del bosque de manglar. La zona 2 representa una de las extremidades del cuerpo principal de la red hídrica. Del transecto 0 al 7 se presenta una ganancia promedio de -0.4% de acreción que se ve reflejada en 140 metros de la línea de manglar de la zona 2, ya desde el transecto 8 al 17 se presenta una zona de estabilidad y pérdida lo equivalente a 180 metros de la línea de manglar de la zona 2 del periodo A de los cuales menos 60 metros presenta pérdida. Por último del transecto 18 al 25 se presentan zonas de ganancia y estabilidad representando 140 metros de la línea de manglar de la zona 21.

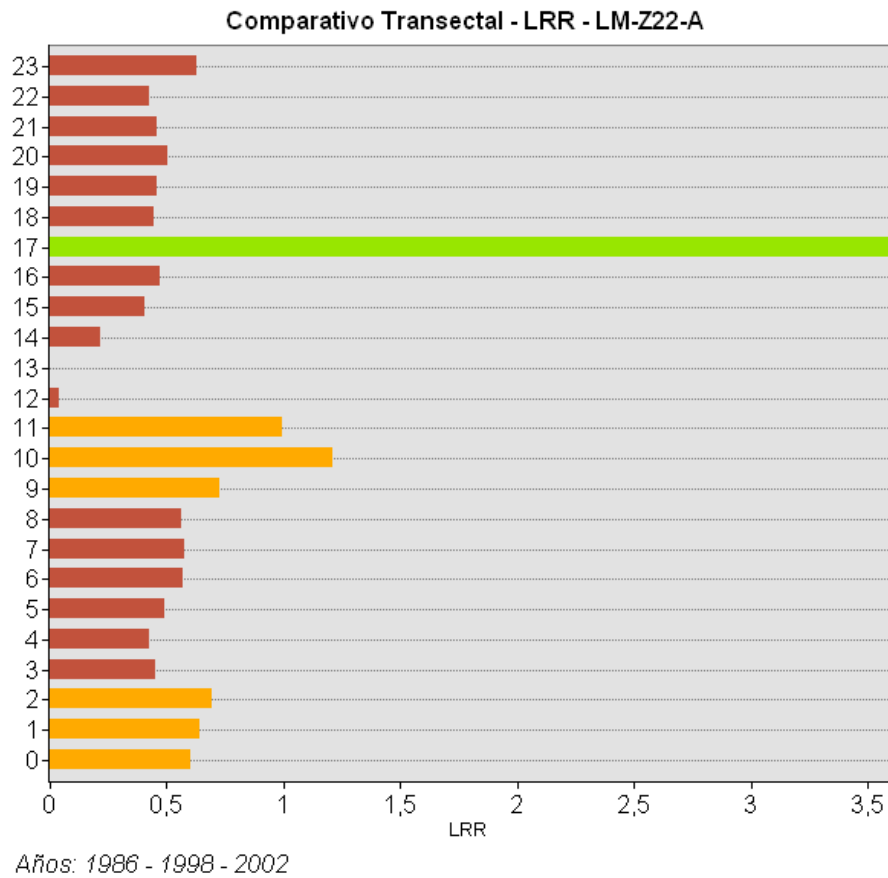


Imagen 46. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z22-A

La línea de manglar de la zona 22 representa la otra cara de la red hídrica del bosque de manglar de la zona 2. A excepción del transecto 17 que presenta una ganancia en su rango de 20 metros el resto de transectos presentan una estabilidad y pérdida que oscila entre los 0 a 1,25% esto reflejado en 440 metros de la línea de manglar de la zona 2 del periodo A.

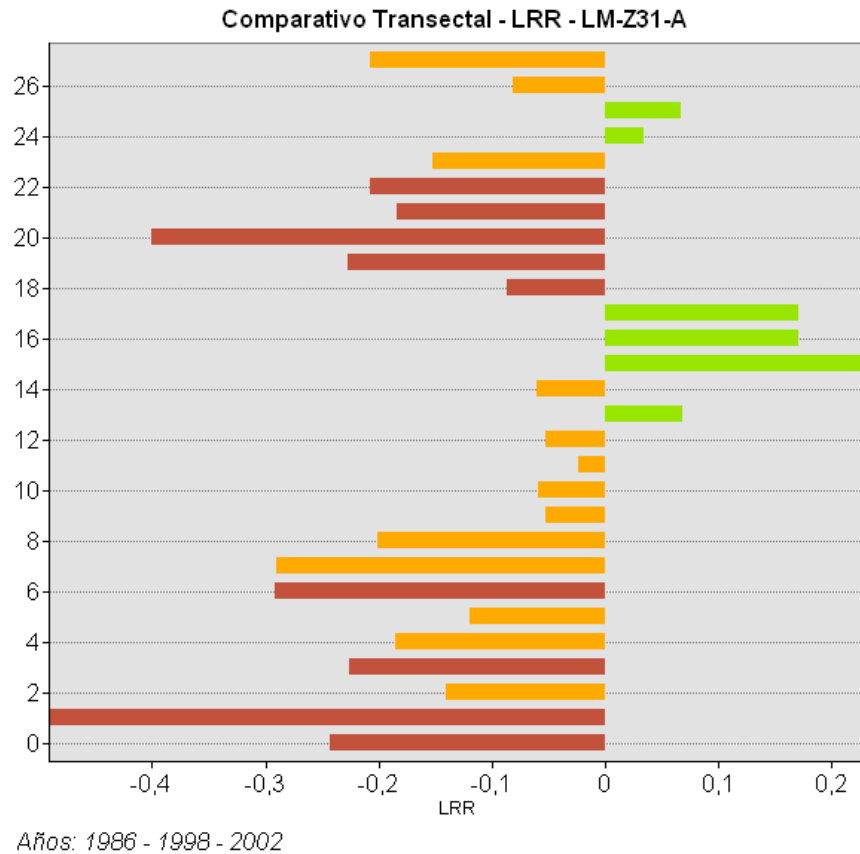


Imagen 47. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z31-A.

La línea de manglar de la zona 31 del periodo A representa una de las caras de red hídrica del bosque de manglar. La zona 3 representa una de las extremidades del cuerpo principal de la red hídrica. Del transecto 0 al 12 se presenta estabilidad y pérdida reflejada en 240 metros de la línea de manglar de la zona 3. ya desde el transecto 13 al 17 se presenta una zona de estabilidad y ganancia equivalente a 80 metros de la línea de manglar de la zona 3 del periodo A de los cuales más de 50 metros presenta ganancia. Seguido a esto del transecto 18 al 23 se presenta una zona de estabilidad y pérdida equivalente a 120 metros de la línea de manglar. Por último del transecto 24 al 27 se presentan zonas de ganancia y estabilidad representando 100 metros de la línea de manglar de la zona 31 del periodo A.

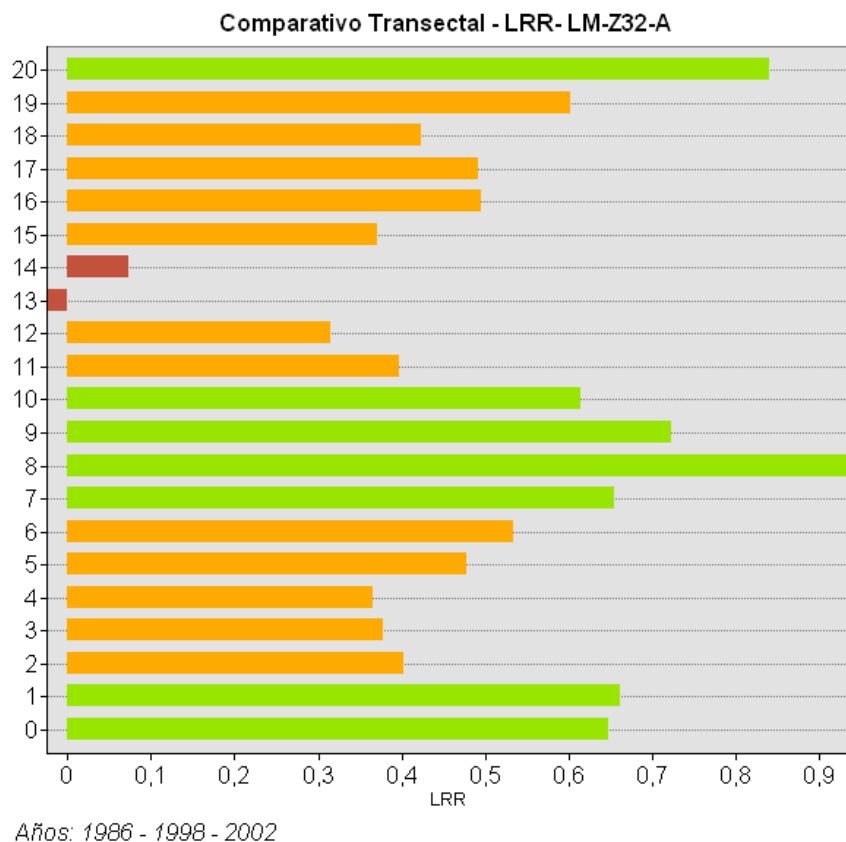


Imagen 48. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z32-A.

La línea de manglar de la zona 32 del periodo A representa la otra cara de la red hídrica del bosque de manglar. La zona 3 representa una de las extremidades del cuerpo principal de la red hídrica. Del transecto 0 al 12 se presenta estabilidad y ganancia reflejada en 240 metros de la línea de manglar de la zona 3, ya desde el transecto 13 al 14 se presenta una zona de pérdida en 40 metros de la línea de manglar de la zona 3 del periodo A. Seguido a esto del transecto 15 al 20 se presenta una zona de estabilidad y ganancia equivalente a 100 metros de la línea de manglar de la zona 32 del periodo A.

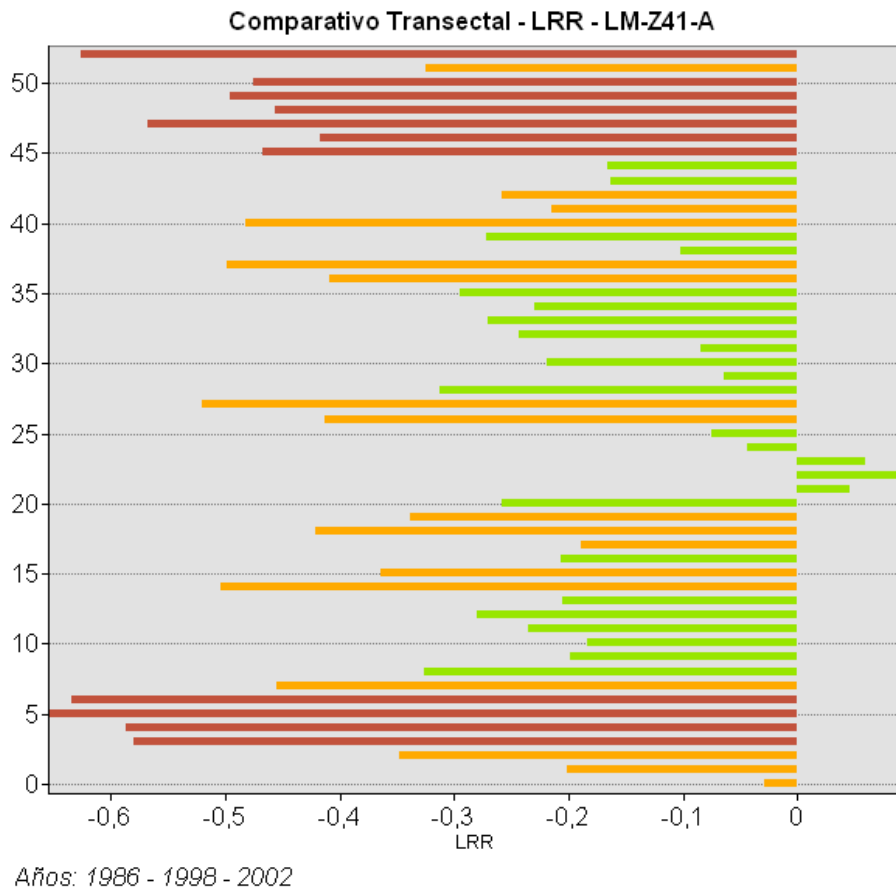


Imagen 49. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z41-A.

La línea de manglar de la zona 41 del periodo A representa una de las caras de la red hídrica del bosque de manglar. La zona 4 representa una de las extremidades del cuerpo principal de la red hídrica. Del transecto 0 al 7 se presenta estabilidad y pérdida reflejada en 140 metros de la línea de manglar de la zona 4, ya desde el transecto 8 al 44 se presenta una zona de estabilidad y ganancia en 720 metros de la línea de manglar de la zona 4 del periodo A. Ya por último del transecto 45 al 52 se presenta una zona de pérdida con poca estabilidad dando unos 140 metros de la línea de manglar de la zona 41 del periodo A con un -0,33% de erosión.

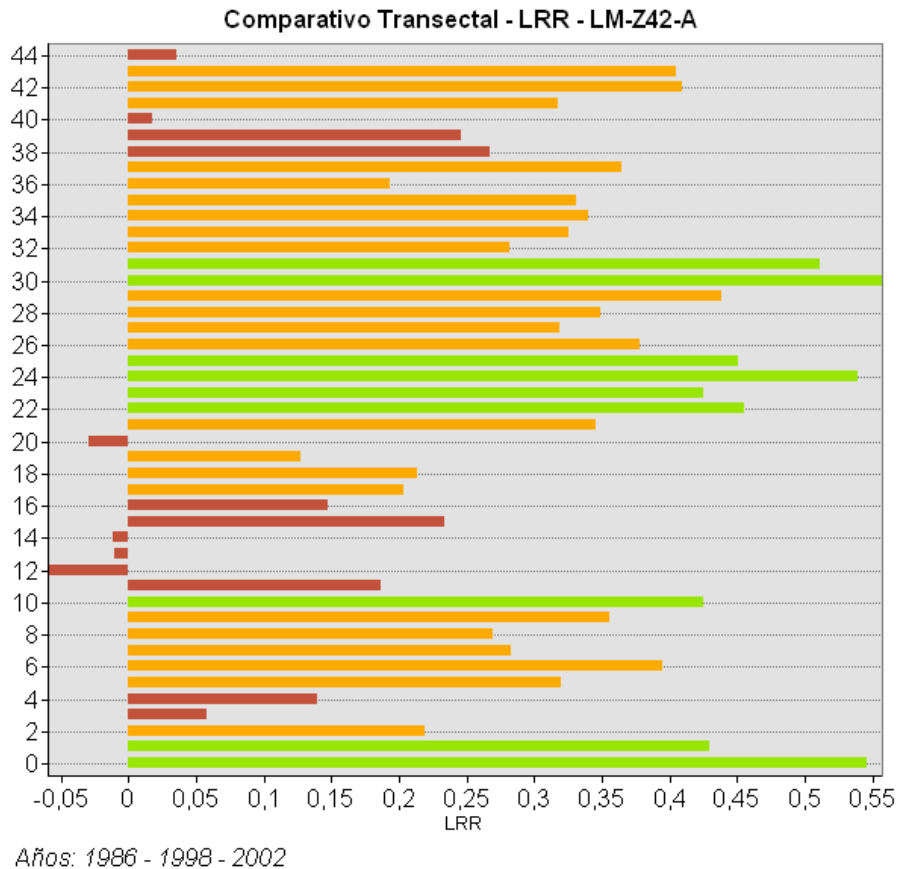


Imagen 50. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z42-A.

La línea de manglar de la zona 42 del periodo A representa una de las caras de la red hídrica del bosque de manglar. La zona 4 representa una de las extremidades del cuerpo principal de la red hídrica. Del transecto 0 al 2 se presenta ganancia reflejada en 40 metros de la línea de manglar de la zona 4, ya desde el transecto 3 al 21 se presenta una zona de estabilidad y pérdida en 320 metros de la línea de manglar de la zona 4 del periodo A. Seguido a esto desde el transecto 22 al 37 se presenta una zona estable con ganancias reflejadas en 300 metros. Ya por último del transecto 38 al 44 se presenta una zona de pérdida con poca estabilidad dando unos 120 metros de la línea de manglar de la zona 42 del periodo A.

Gráficas Periodo de tiempo B

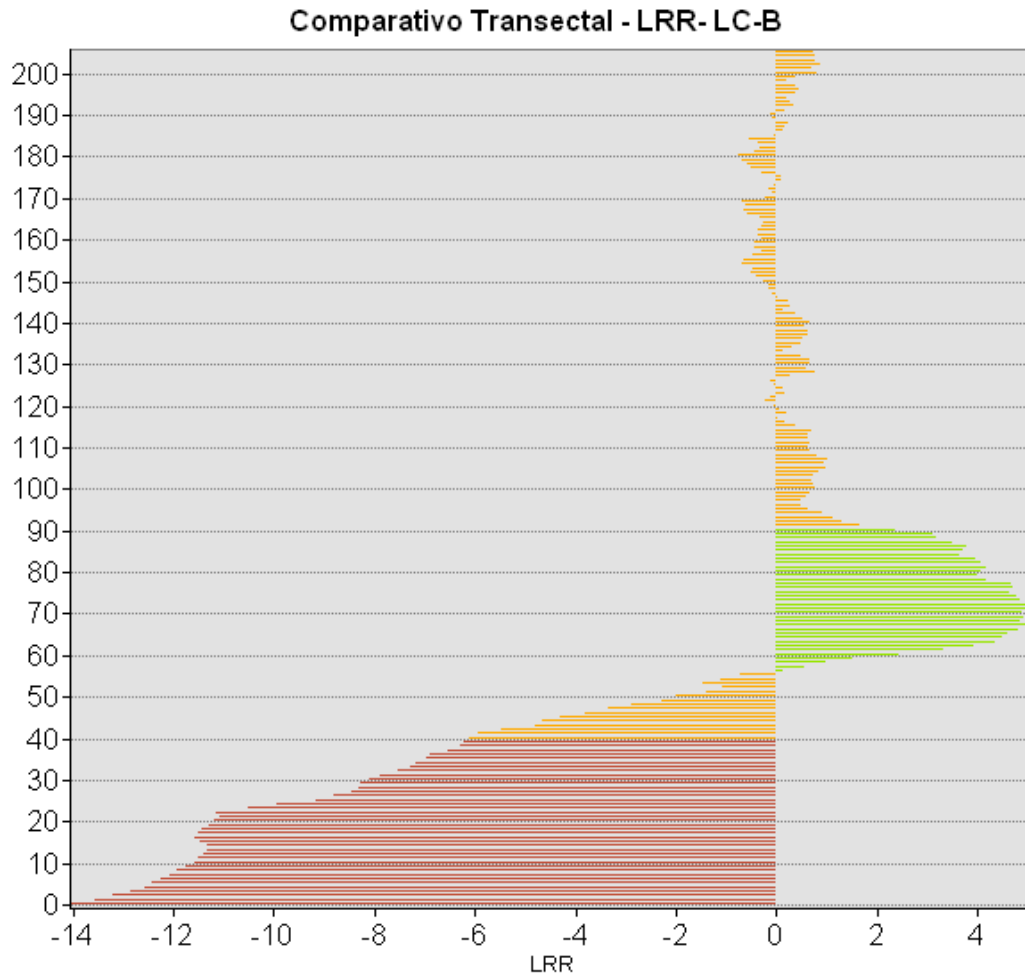
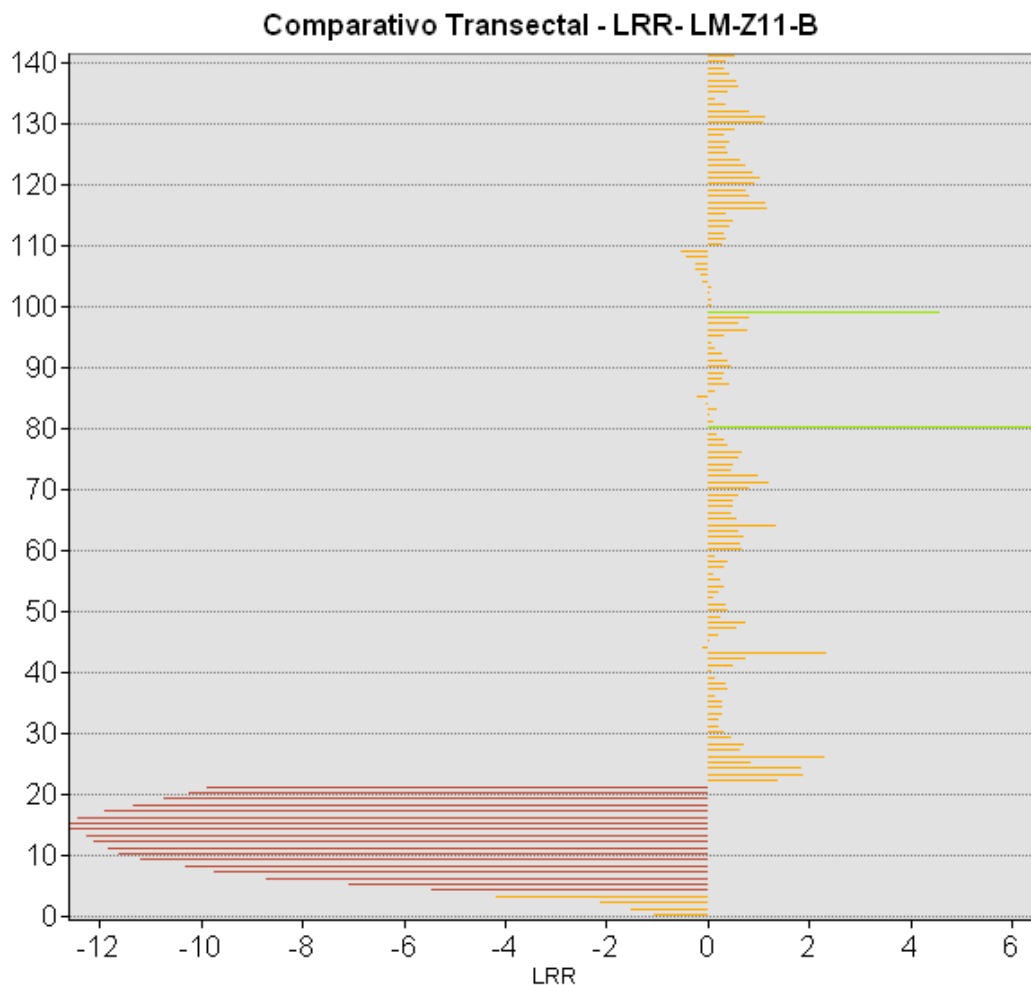


Imagen 51. Comparativo Transectal - LRR -LC-B.

El histograma realizado para la línea de costa en el periodo B (1998- 2011 - 2019) nos arroja una primera zona de pérdida entre los transectos 0 al 40. seguido a esto vemos un desarrollo de estabilidad hasta el transecto 55 y una ganancia desde el transecto 56 al 91. Ya por último se observa una estabilidad desde el transecto 92 al 209.

Se parte de la zona norte de la línea de costa, observamos un comportamiento de pérdida en los primeros 40 transectos durante el periodo B, estos representan 800 metros de la línea de costa. se genera un promedio de pérdida en los transectos y se obtiene un 9.5% de erosión en está primera zona con respecto a su año más antiguo.

Posterior a esto se analiza el rango entre los transectos del 41 al 55 los cuales se encuentran en los rangos estadísticos de estabilidad, estos representan 280 metros de la línea de costa del período B. Entre los transectos 56 al 91 se observa una ganancia de sedimentos, esta zona representa 700 metros de la línea de costa y arroja un 3,5% de acreción. Ya por último, la zona entre los transectos 92 al 209 que presenta una estabilidad donde los valores de las tasas obtenidas no superan los valores estadísticos para representar una pérdida o ganancia.

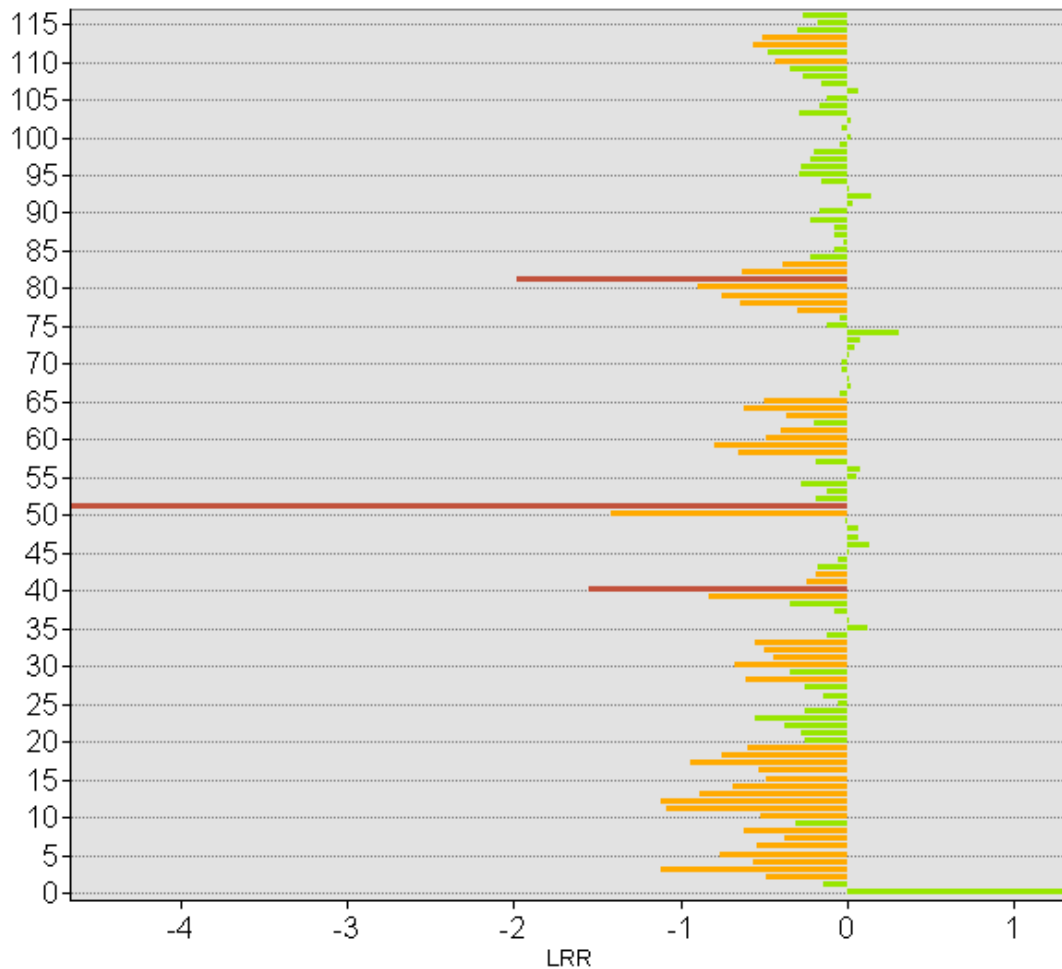


Años: 1998 - 2011 - 2019

Imagen 52. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z11-B.

La línea de manglar de la zona 11 del periodo B representa una de las caras de la red hídrica del bosque de manglar. La zona 1 representa el cuerpo principal de la red hídrica. Del transecto 0 al 21 se presenta estabilidad y pérdida reflejada en 420 metros de la línea de manglar de la zona 1 del periodo B. ya desde el transecto 22 al 141 se presenta una zona de estabilidad y pequeñas ganancias en 2380 metros de la línea de manglar de la zona 1 del periodo B.

Comparativo Transectal - LRR- LM-Z12-B



Años: 1998 - 2011 - 2019

Imagen 53. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z12-B.

La línea de manglar de la zona 12 del periodo b representa una de las caras de la red hídrica del bosque de manglar. La zona 1 representa el cuerpo principal de la red hídrica. Del transecto 0 al 39 se presenta estabilidad y ganancia reflejada en 320 metros de la línea de manglar de la zona 1 del periodo B. ya desde el transecto 40 al 118 se presenta una zona de estabilidad en 980 metros arroja 0,11% y pequeñas zonas de pérdida en 440 metros de la línea arroja 0,13% de manglar de la zona 1 del periodo B.

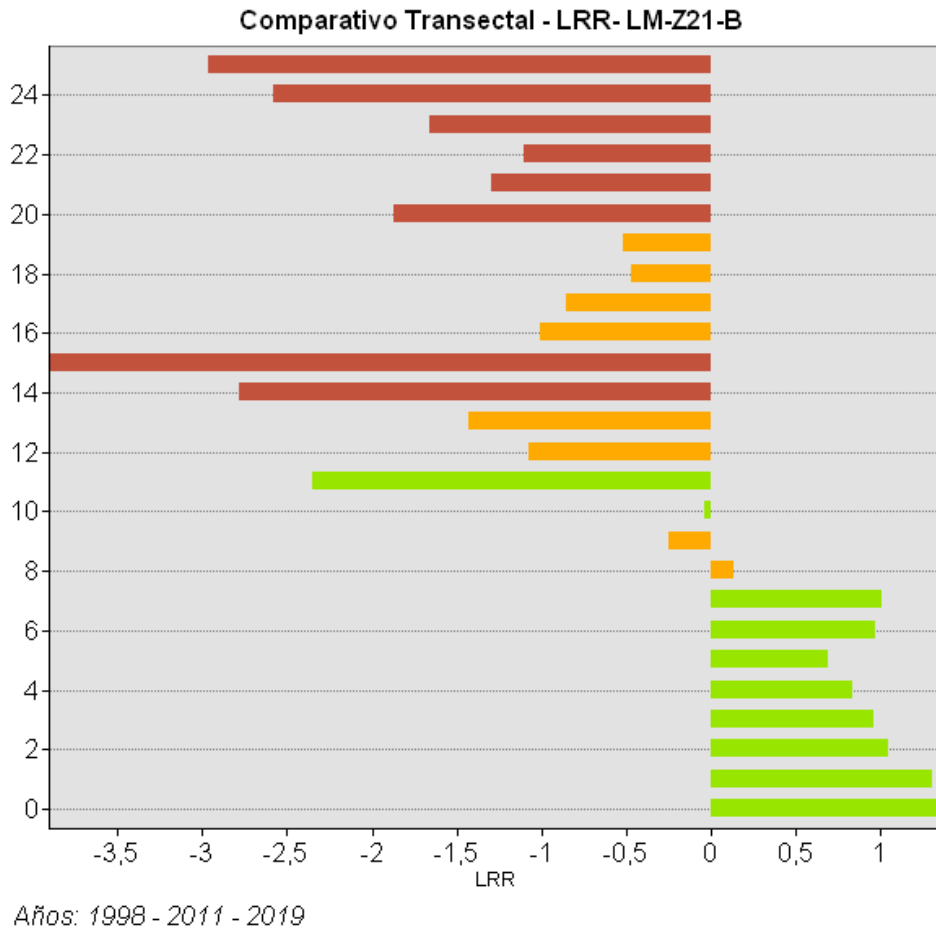
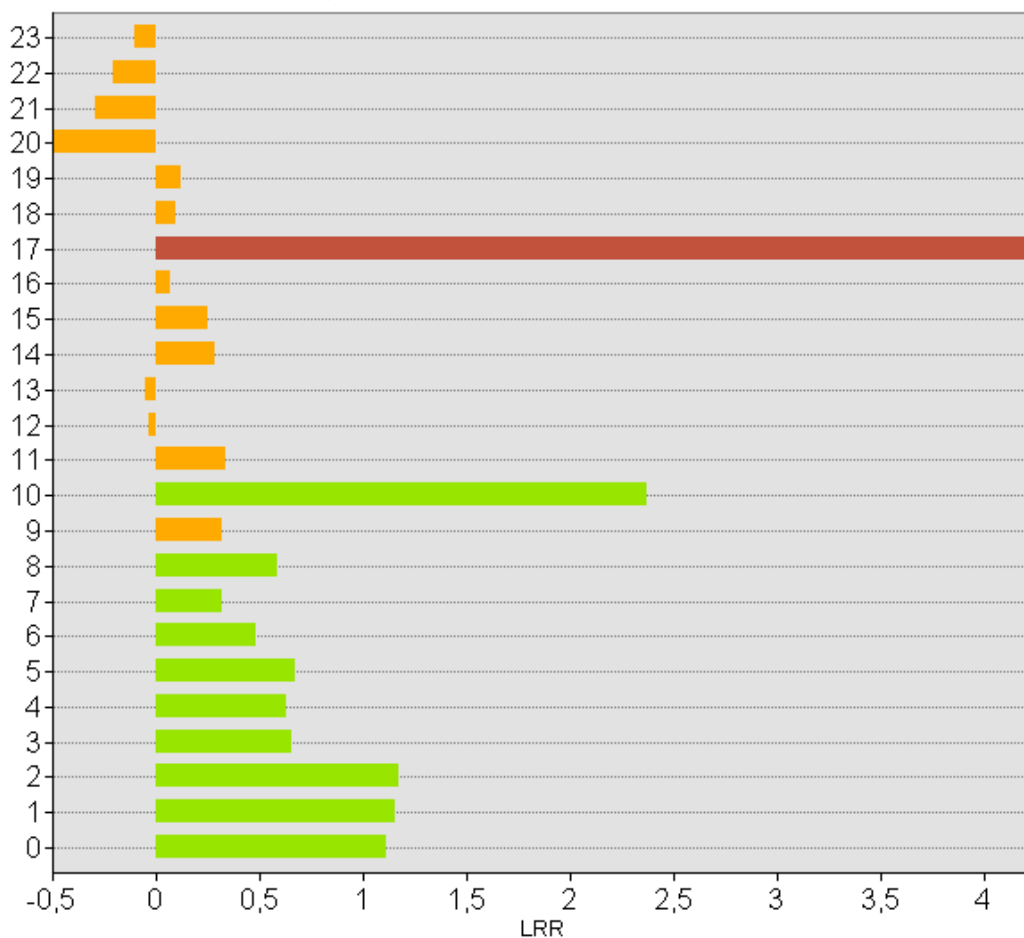


Imagen 54. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z21-B.

La línea de manglar de la zona 21 del periodo B representa una de las caras de la red hídrica del bosque de manglar. La zona 2 representa una de las extremidades del cuerpo principal de la red hídrica. Del transecto 0 al 13 se presenta estabilidad y ganancia reflejada en 260 metros de la línea de manglar que arroja 0,81% de acreción de la zona 2. ya desde el transecto 14 al 25 se presenta una zona de estabilidad y perdida en 280 metros de la línea de manglar de la zona 2 del periodo B con un -1,87% de erosión.

Comparativo Transectal - LRR- LM-Z22-B



Años: 1998 - 2011 - 2019

Imagen 55. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z22-B.

La línea de manglar de la zona 22 del periodo B representa una de las caras de la red hídrica del bosque de manglar. La zona 2 representa una de las extremidades del cuerpo principal de la red hídrica. Del transecto 0 al 16 se presenta estabilidad y ganancia reflejada en 180 metros arroja 0,58% de acreción de la línea de manglar de la zona 2. ya desde el transecto 17 al 23 se presenta una zona de estabilidad en 0 metros y pérdida en 140 metros de la línea de manglar de la zona 2 del periodo B arroja -0,28% de erosión.

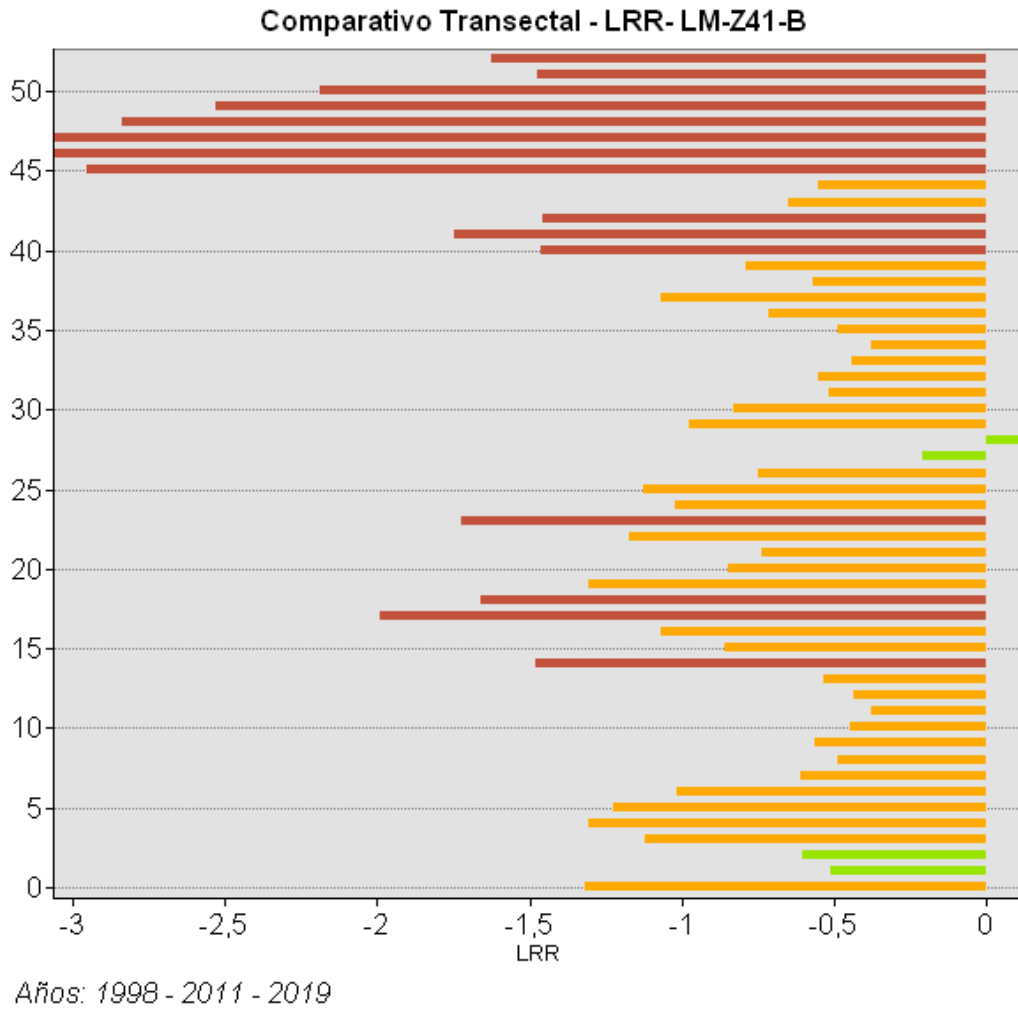


Imagen 56. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z41-B.

La línea de manglar de la zona 41 del periodo B representa una de las caras de la red hídrica del bosque de manglar. La zona 4 representa una de las extremidades del cuerpo principal de la red hídrica. Del transecto 0 al 13 se presenta estabilidad y ganancia reflejada en 40 metros de la línea de manglar de la zona 4. ya desde el transecto 14 al 26 se presenta una zona de estabilidad y pérdida en 280 metros de la línea de manglar de la zona 4 del periodo B y después, el transecto 27 al 39 se presenta una zona de estabilidad y ganancia en 40 metros de la línea de manglar de la zona 4 del periodo B. Ya por último del transecto 40 al 52 se presenta una zona de estable pérdida de 240 metros de la línea de manglar de la zona 41 del periodo A con un -0,52% de erosión.

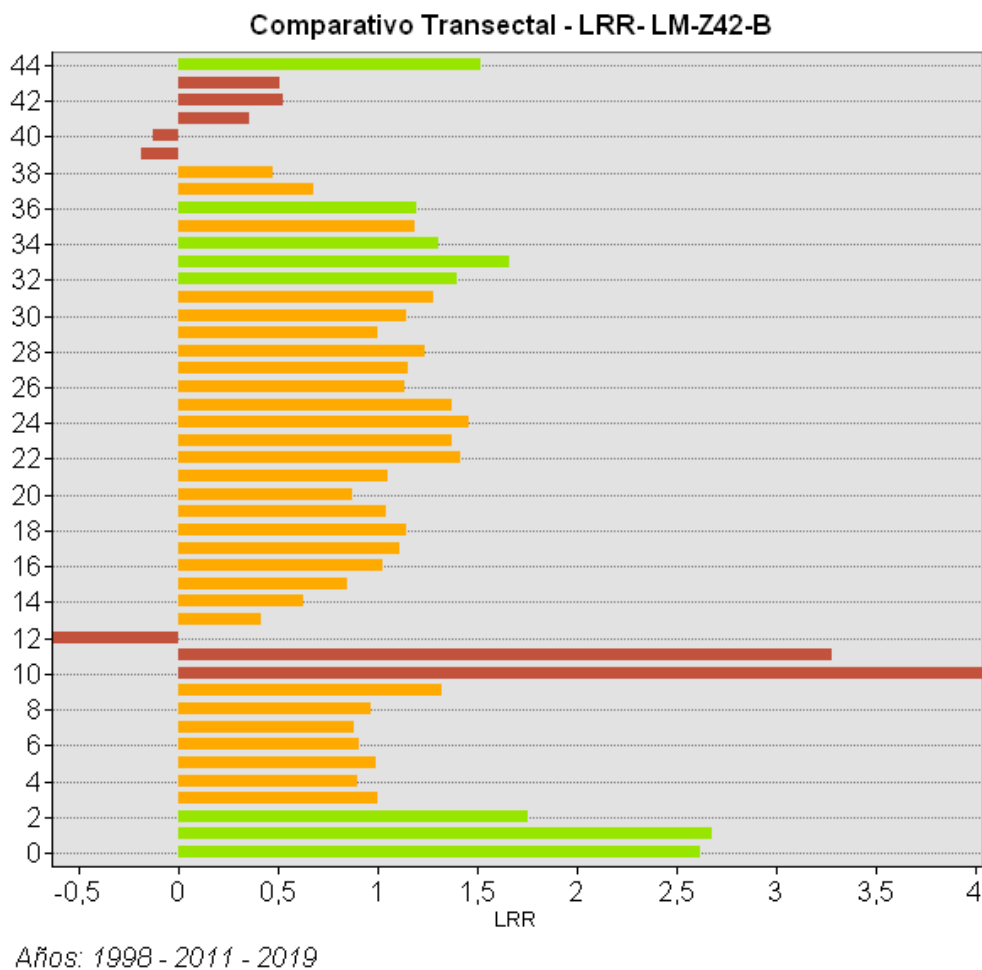
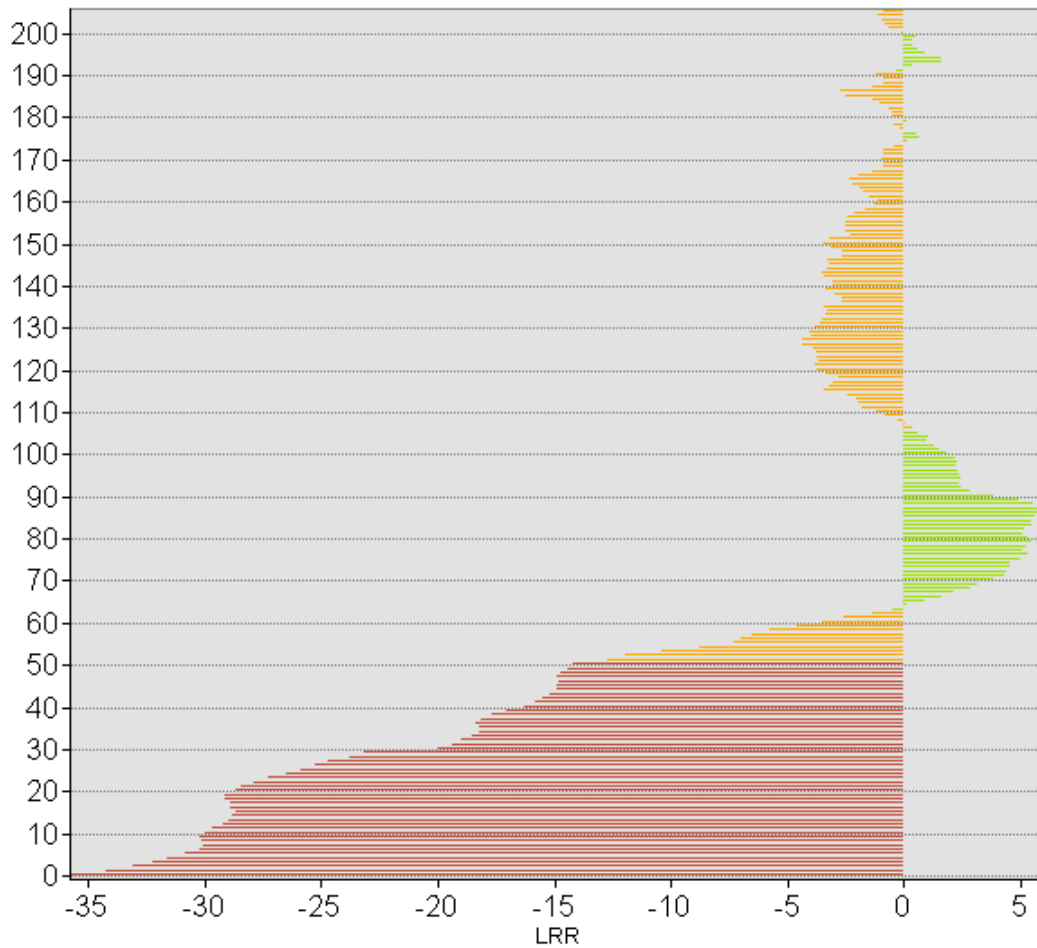


Imagen 57. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z42-B.

La línea de manglar de la zona 42 del periodo B representa una de las caras de la red hídrica del bosque de manglar. La zona 4 representa una de las extremidades del cuerpo principal de la red hídrica. Del transecto 0 al 9 se presenta estabilidad y ganancia reflejada en 60 metros de la línea de manglar de la zona 4. ya desde el transecto 10 al 31 se presenta una zona de estabilidad y pérdida en 420 metros de la línea de manglar de la zona 4 del periodo B, además, desde el transecto 32 al 28 se presenta una zona de estabilidad y ganancia en 100 metros de la línea de manglar de la zona 4 del periodo B. Ya por último del transecto 39 al 44 se presenta una zona de pérdida dando unos 80 metros de la línea de manglar de la zona 4 del periodo B con un -0,086% de erosión.

Gráficas Periodo de tiempo C

Comparativo Transectal - LRR - LC-C



Años: 2002_2019_2021

Imagen 58. Comparativo Transectal - LRR -LC-C

El histograma realizado para la línea de costa en el periodo C (2002 - 2019 - 2021) nos arroja una primera zona de pérdida entre los transectos 0 al 50. seguido a esto vemos un desarrollo de estabilidad hasta el transecto 65 y una ganancia desde el transecto 66 al 106. Ya por último se observa una estabilidad desde el transecto 107 al 209 con pequeñas zonas de ganancia entre los transectos 175 al 177 y 192 al 200.

Se parte de la zona norte de la línea de costa, siendo está la más cercana a la desembocadura del río San Juan. observamos un comportamiento de pérdida en los primeros 50 transectos durante el periodo C, estos representan 1000 metros de la línea de costa arrojando un 24.2% de erosión.

Posterior a esto se analiza el rango entre los transectos del 51 al 65 los cuales presentan en los rangos estabilidad siendo estos uno 280 metros de la línea de costa del período C. Entre los

transectos 66 al 106 se observa una ganancia, esta zona representa 800 metros de la línea de costa y arroja un 3,37% de acreción. Ya por último está la zona entre los transectos 106 al 209 que presenta una estabilidad donde los valores de las tasas obtenidas no superan los valores estadísticos para representar una pérdida o ganancia y dentro de esta zona estable se presentan pequeños grupos de transectos no superiores a los 100 metros de distancia que presentan ganancia.

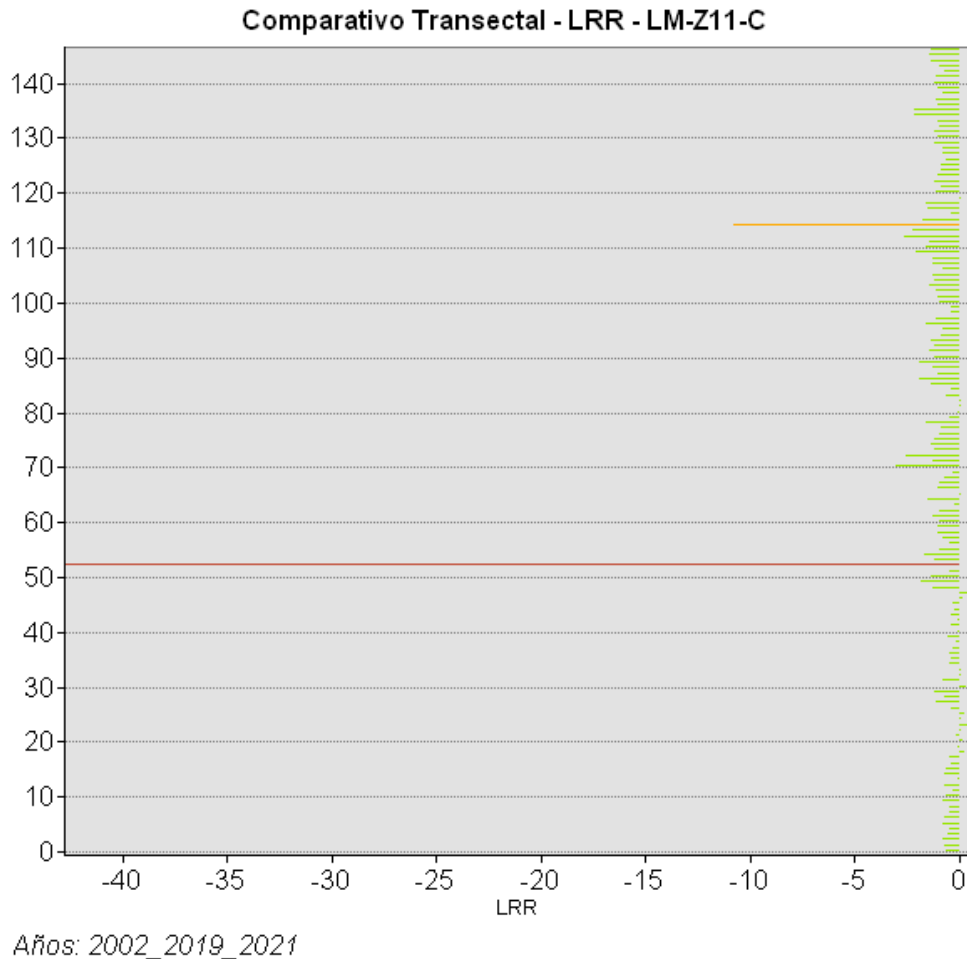


Imagen 59. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z11-C

La línea de manglar de la zona 11 del periodo C representa una de las caras de la red hídrica del bosque de manglar. La zona 1 representa el cuerpo principal de la red hídrica. Se presenta una pequeña ganancia durante todo los transectos, reflejando una distancia de 2860 metros, sin embargo los transectos 51 y 105 presentan pérdida. La ganancia reflejada arroja un -0,22% de acreción.

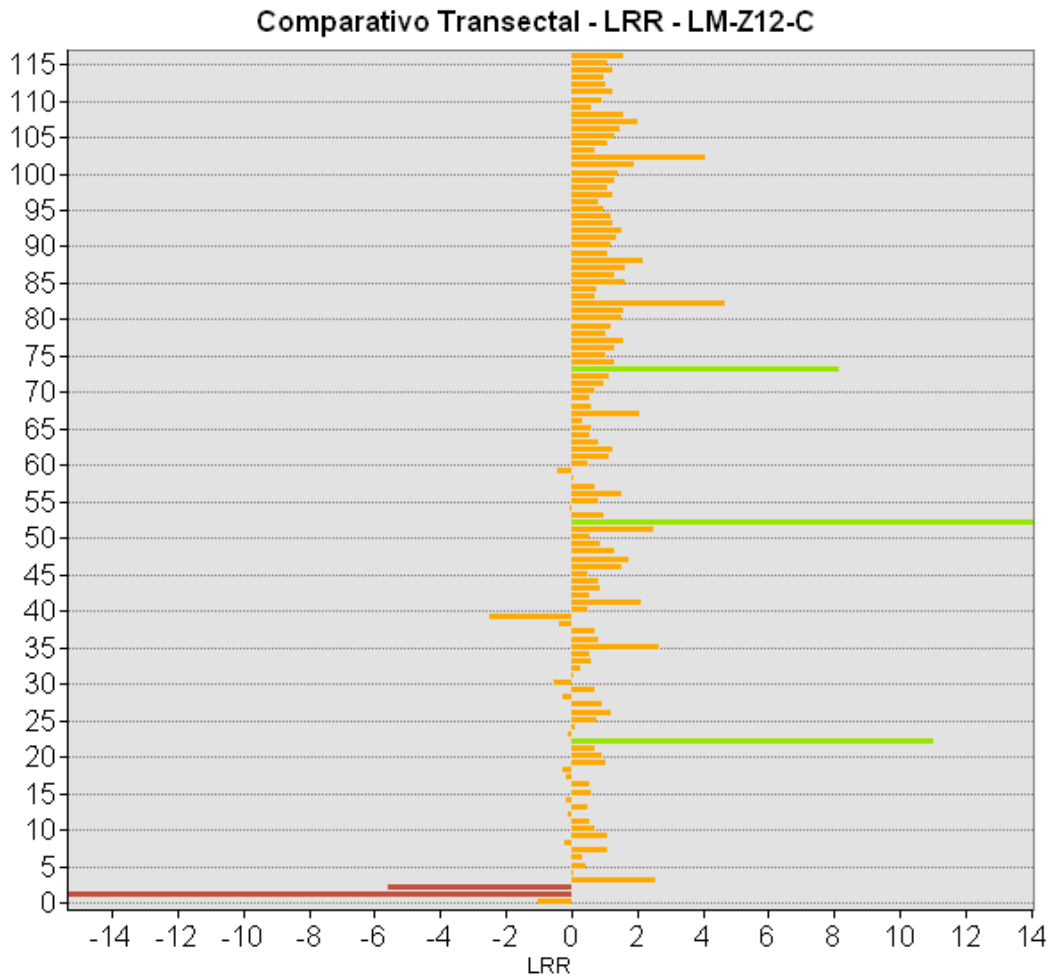


Imagen 60. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z12-C.

La línea de manglar de la zona 12 del periodo C representa una de las caras de la red hídrica del bosque de manglar. La zona 1 representa el cuerpo principal de la red hídrica. Del transecto 0 al 22 se presenta estabilidad y pérdida reflejada en 440 metros de la línea de manglar de la zona 1 del periodo C. ya desde el transecto 23 al 116 se presenta una zona de estabilidad y pequeñas ganancias en 1860 metros de la línea de manglar de la zona 1 del periodo C.

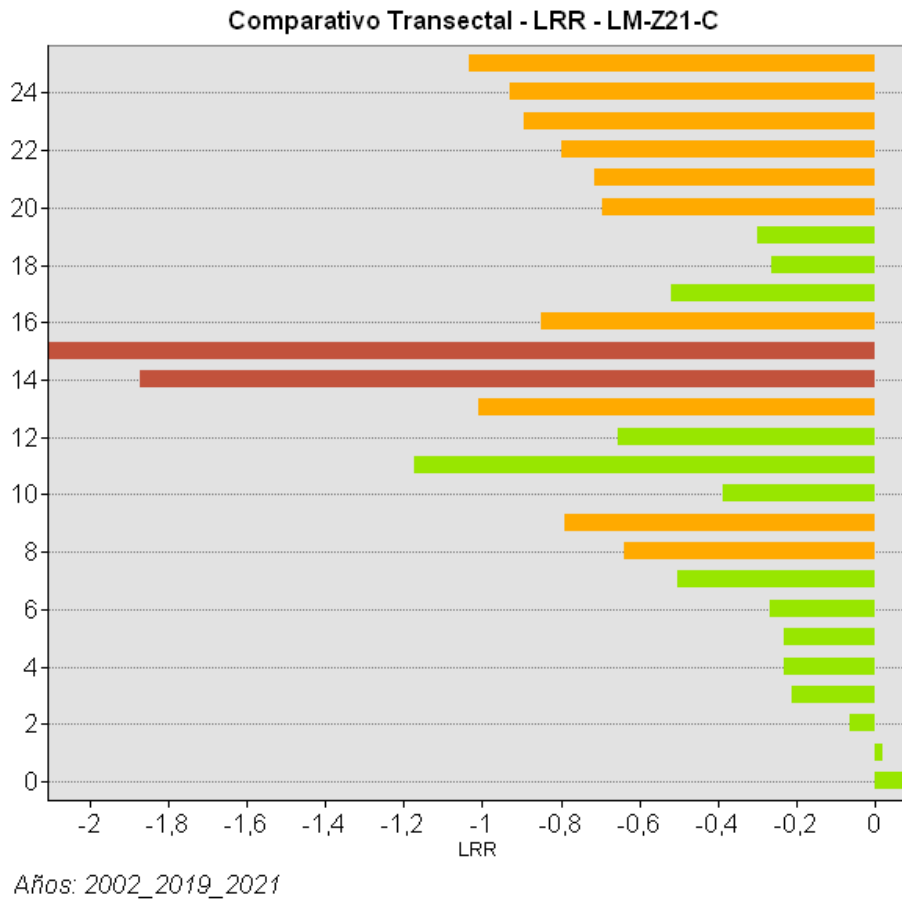


Imagen 61. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z21-C.

La línea de manglar de la zona 21 del periodo C representa una de las caras de la red hídrica del bosque de manglar. La zona 2 representa una de las extremidades del cuerpo principal de la red hídrica. Del transecto 0 al 13 se presenta estabilidad y ganancia reflejada en 260 metros de la línea de manglar de la zona 2 del periodo C. ya desde el transecto 14 al 16 se presenta una zona de estabilidad y perdida en 40 metros de la línea de manglar de la zona 2 del periodo C. Ya por último del transecto 17 al 25 se presenta una zona de ganancia con poca estabilidad dando unos 160 metros de la línea de manglar de la zona 21 del periodo C.

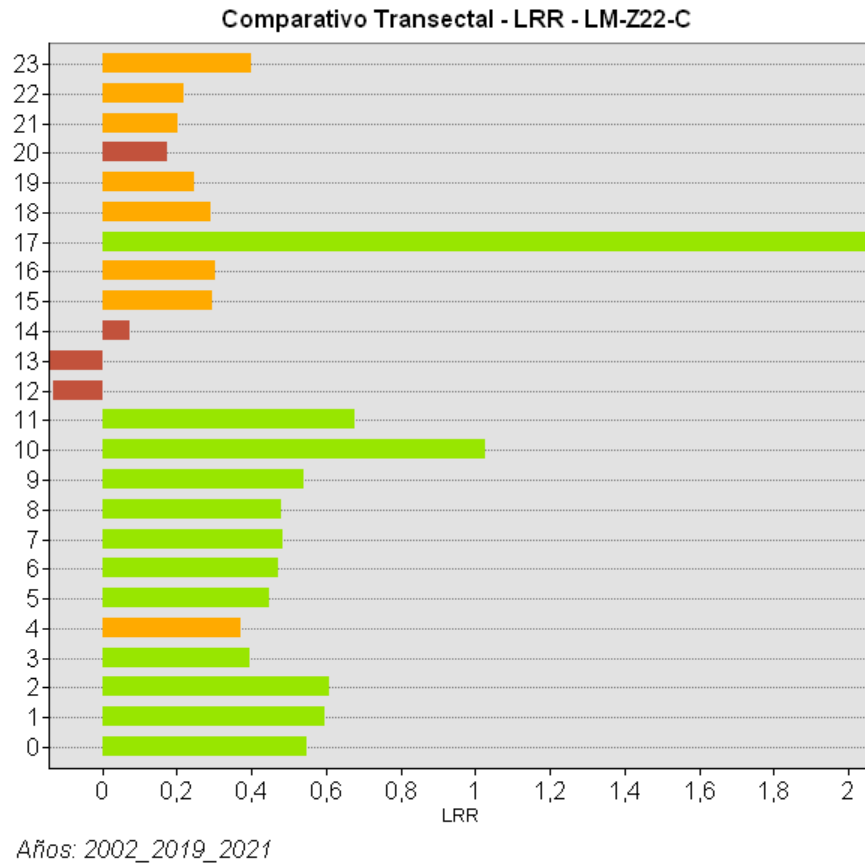


Imagen 62. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z22-C

La línea de manglar de la zona 22 del periodo C representa una de las caras de la red hídrica del bosque de manglar. La zona 2 representa una de las extremidades del cuerpo principal de la red hídrica. Del transecto 0 al 11 se presenta estabilidad y una mayor ganancia reflejada en 220 metros de la línea de manglar de la zona 22 del periodo C. ya desde el transecto 12 al 16 se presenta una zona de estabilidad y perdida en 80 metros de la línea de manglar de la zona 22 del periodo C. Ya por último del transecto 17 al 23 se presenta una zona de estabilidad con una pérdida y ganancia en dos transectos específicos, esto representa 120 metros de la línea de manglar de la zona 22 del periodo C.

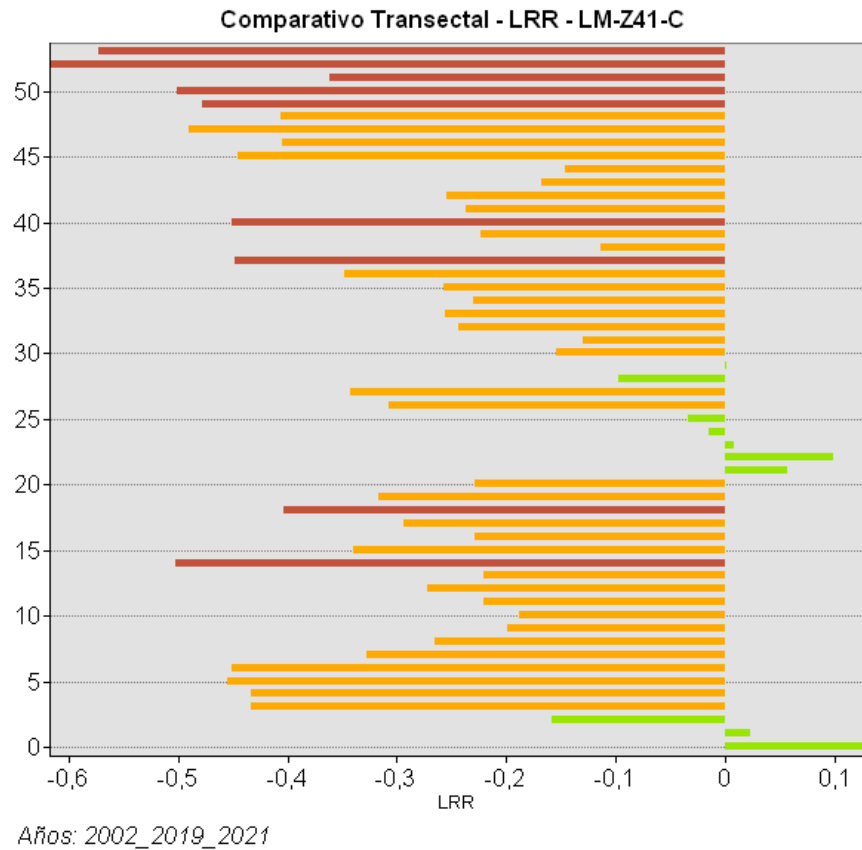


Imagen 63. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z41-C.

La línea de manglar de la zona 41 del periodo C representa una de las caras de la red hídrica del bosque de manglar. La zona 4 representa una de las extremidades del cuerpo principal de la red hídrica. Del transecto 0 al 14 se presenta estabilidad y ganancia reflejada en 280 metros de la línea de manglar de la zona 4. Ya desde el transecto 15 al 20 se presenta una zona de estabilidad y pérdida en 100 metros de la línea de manglar de la zona 4 del periodo C. Seguido a esto desde el transecto 21 al 36 se visualiza una zona estable y de ganancia reflejada en 100 metros. Ya por último del transecto 37 al 53 se presenta una zona de pérdida con poca estabilidad dando unos 320 metros de la línea de manglar de la zona 41 del periodo C.

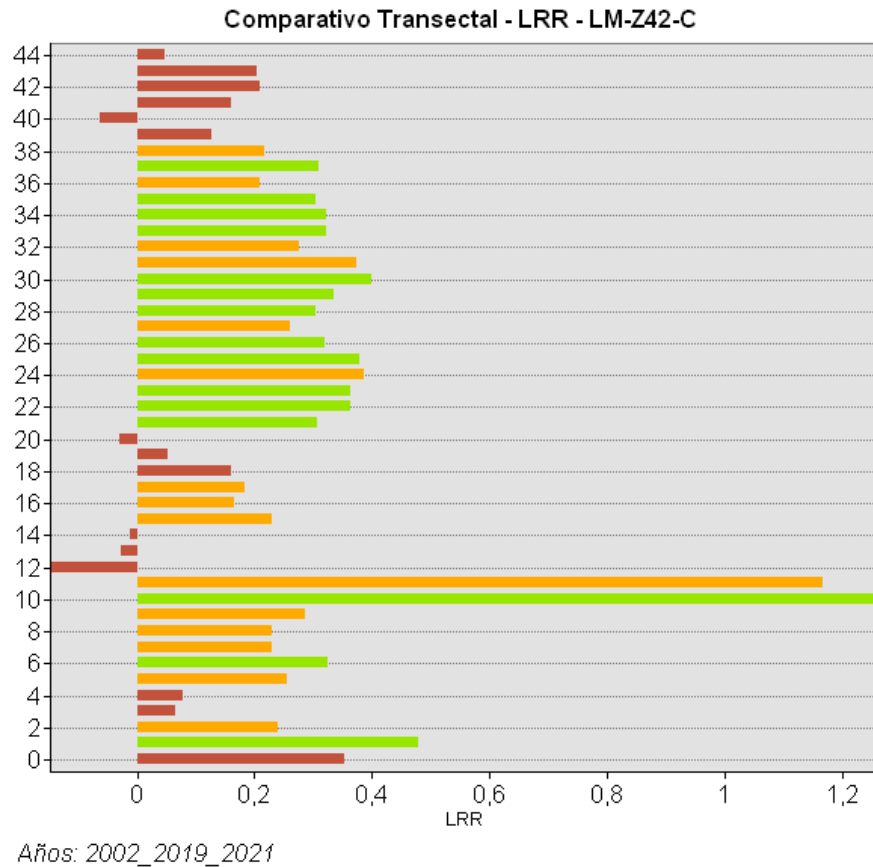


Imagen 64. Comparativo Transectal - LRR -LM-Z42-C

La línea de manglar de la zona 42 del periodo C representa una de las caras de la red hídrica del bosque de manglar. La zona 4 representa una de las extremidades del cuerpo principal de la red hídrica. Se evidencia una tendencia de ganancia entre los transectos 21 al 38 que reflejan una distancia de 340 metros de línea de manglar de la zona 42 del periodo C. Ya a lo largo del recorrido se presenta una dinámica muy variada en los transectos arrojando pequeñas zonas de ganancia, pérdida y estabilidad en línea de manglar de la zona 4 del periodo C.

Gráficas Periodo de tiempo D

Comparativo Transectal - LRR - LC-D

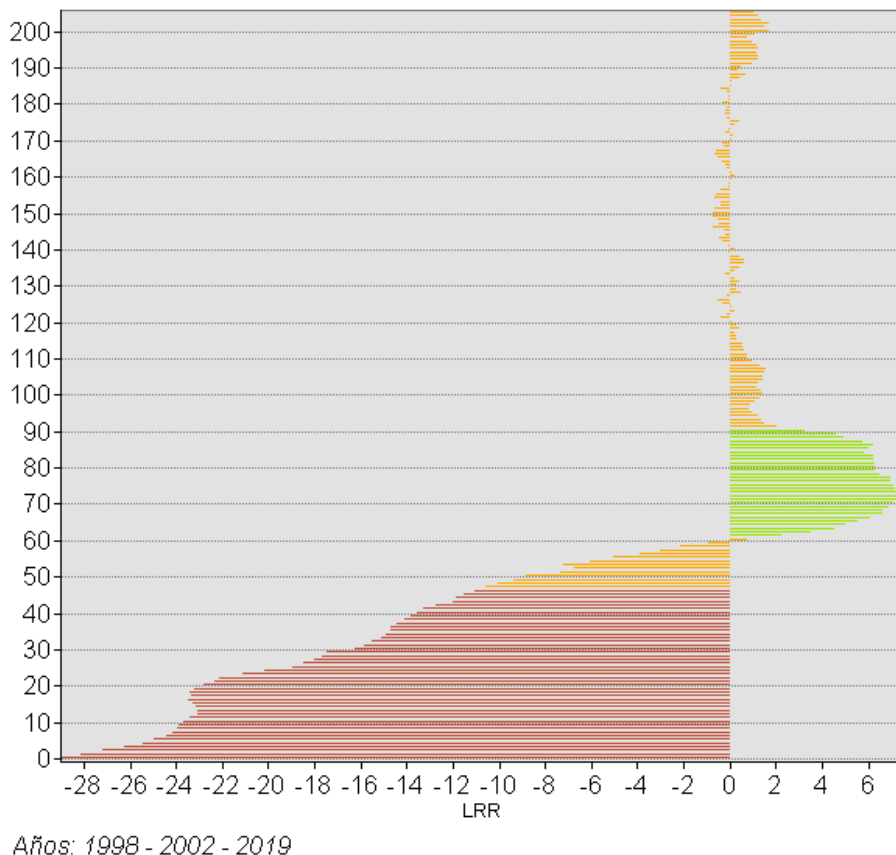


Imagen 65.Comparativo Transectal - LRR -LC-D.

El histograma realizado para la línea de costa en el periodo D (1998 - 2002 - 2019) nos arroja una primera zona de pérdida entre los transectos 0 al 46. seguido a esto vemos un desarrollo de estabilidad hasta el transecto 60 y una ganancia desde el transecto 61 al 91. Ya por último se observa una estabilidad desde el transecto 92 al 209.

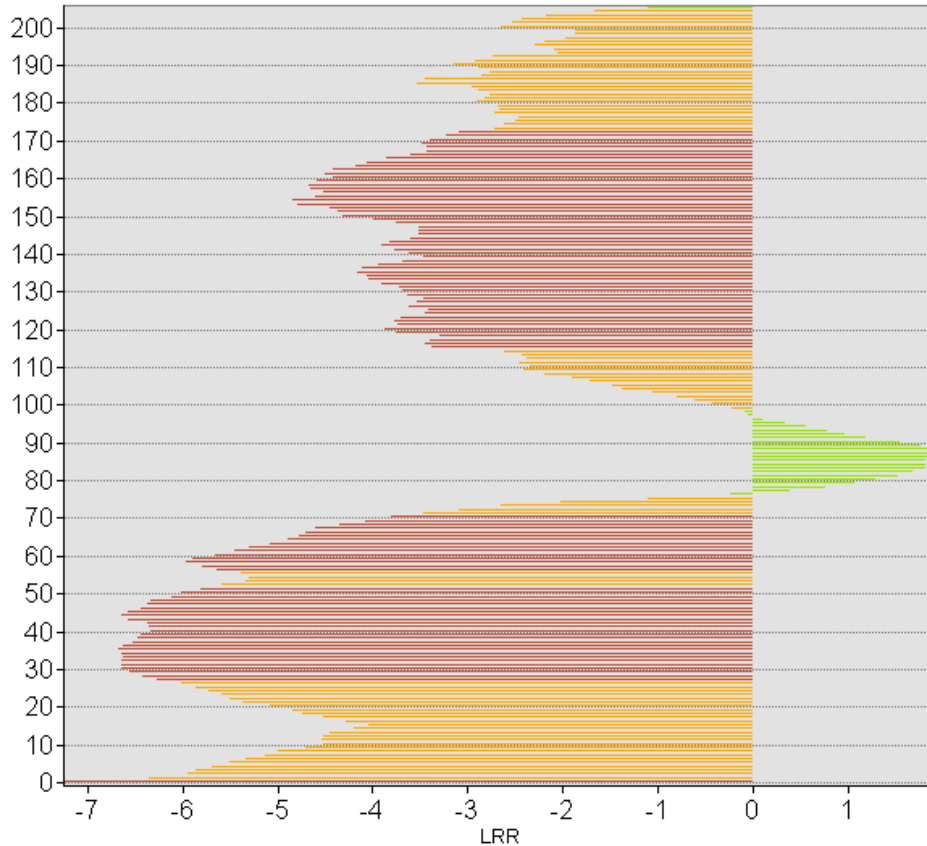
Se parte como siempre de la zona norte de la línea de costa, siendo está la más cercana a la desembocadura del río San Juan. observamos un comportamiento de pérdida en los primeros 46 transectos durante el periodo D, estos representan 920 metros de la línea de costa arrojando un 20.65% de erosión.

Posterior a esto se analiza el rango entre los transectos del 47 al 60 los cuales presentan en los rangos estabilidad siendo estos uno 260 metros de la línea de costa del período D. Entre los transectos 61 al 91 se observa una ganancia, esta zona representa 600 metros de la línea de costa

y arroja un 5% de acreción. Ya por último está la zona entre los transectos 92 al 209 que presenta una estabilidad donde los valores de las tasas obtenidas no superan los valores estadísticos para representar una pérdida o ganancia.

Gráficas Periodo de tiempo E

Comparativo Transectal - LRR - LC-E



Años: 1986 - 2011 - 2021

Imagen 66. Comparativo Transectal - LRR -LC-E

El histograma realizado para la línea de costa en el periodo E (1986 - 2011 - 2021) nos arroja una primera zona de estabilidad y pérdida entre los transectos 0 al 76. seguido a esto vemos una ganancia desde el transecto 77 hasta el transecto 98. Ya por último del transecto 99 al 209 se observa una fluctuación entre zonas de pérdida y estabilidad.

Se parte de la zona norte de la línea de costa, siendo está la más cercana a la desembocadura del río San Juan. observamos un comportamiento de pérdida y estabilidad en los primeros 76 transectos durante el periodo E. estos representan 1520 metros de la línea de costa arrojando un 5,23% de erosión.

Posterior a esto se analiza el rango entre los transectos del 77 al 98 que presentan una ganancia del 1.45% reflejada en 420 metros de la línea de costa en el predios E. Entre los transectos 99 al 115 se observa una estabilidad en 320 metros, del transecto 116 al 172 se presenta una pérdida en

promedio de 3,54% de erosión, esta zona representa 1120 metros de la línea de costa. y del transecto 173 al 209 se presenta una zona de estabilidad de 720 metros.

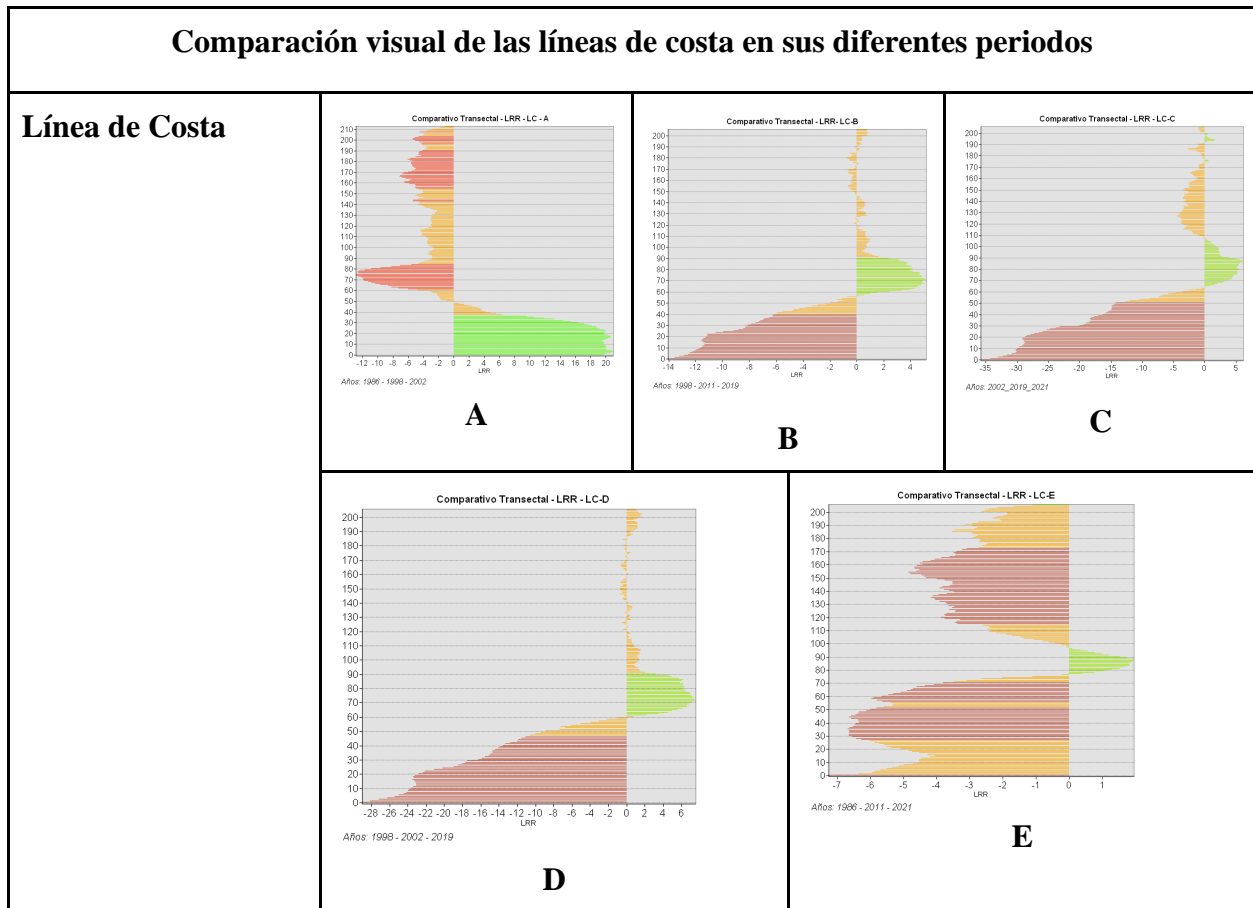
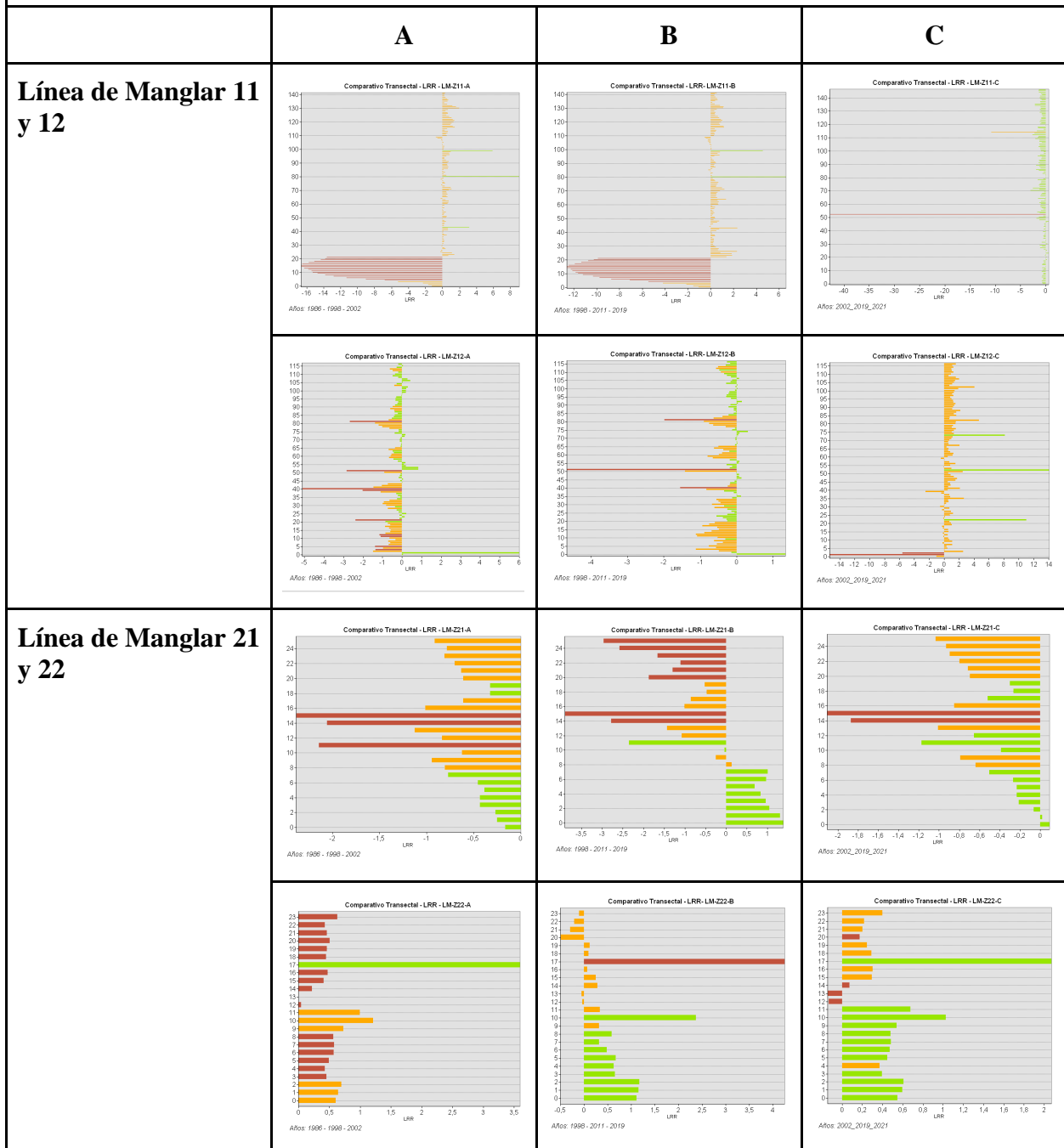


Tabla 8. Comparación visual de las líneas de costa en sus diferentes periodos

Esto nos permite generar una comparación de las distribuciones. Los histogramas permiten comparar visualmente la distribución de diferentes conjuntos de datos en una sola diapositiva. Esto facilita la identificación de similitudes, diferencias y patrones entre las distribuciones, lo que puede ser útil para el análisis comparativo de variables o para detectar cambios a lo largo del tiempo.

También, la identificación de modas y tendencias. Al observar varios histogramas juntos, es posible identificar modas o picos prominentes en las distribuciones. Estos picos pueden indicar la presencia de agrupamientos o tendencias en los datos, lo que puede ser relevante para comprender el comportamiento de una variable específica.

Comparación visual de las líneas de manglar en sus diferentes periodos



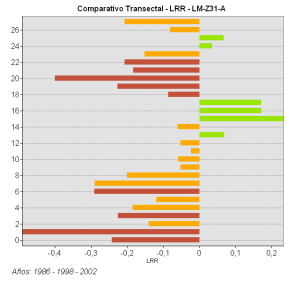


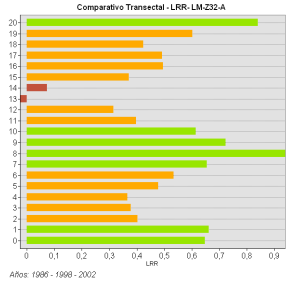
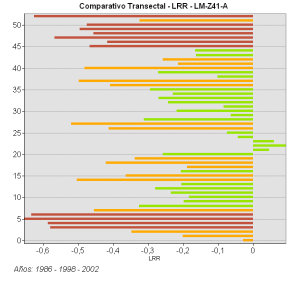
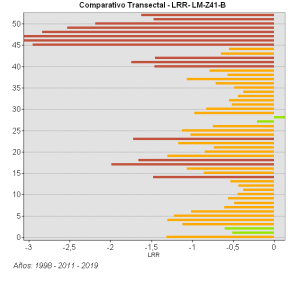
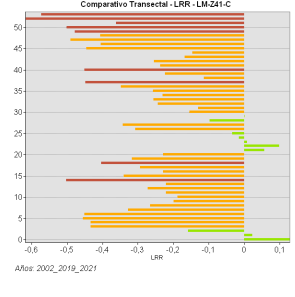
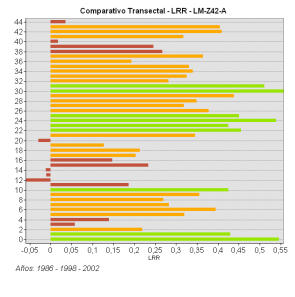
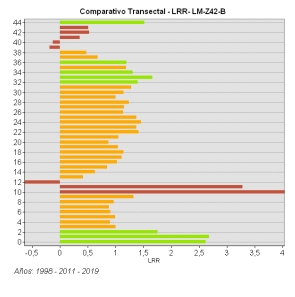
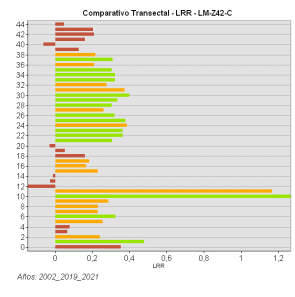
Línea de Manglar 31 y 32			
			
Línea de Manglar 41 y 42			
			

Tabla.9 Comparación visual de las líneas de manglar en sus diferentes periodos

Finalmente, nos permite generar una evaluación de la dispersión y variabilidad. La forma y la dispersión de los histogramas pueden proporcionar una idea de la variabilidad de los datos. Al comparar varios histogramas, se puede observar cómo varía la dispersión entre diferentes conjuntos de datos, lo que puede ser útil para evaluar la consistencia, la dispersión geográfica o temporal de las variables estudiadas.

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una particularidad importante para la eficiente gestión y planificación costera del litoral pacífico de Colombia es comprender la dinámica del litoral, mediante el análisis de datos históricos costeros para tener una identificación a profundidad de los sectores que están constituidos en la costa pacífica. Por otro lado, la información obtenida por medio de la USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos), permite identificar las tasas de erosión y acreción en cada segmento del litoral pacífico y así mismo, pronosticar el estado de la costa pacífica en el futuro (Martín et al, 2018).

En el periodo A (19986-1998-2002) de la línea de costa del transecto 0 al 50 que representa 1000 metros de la línea de costa se observa una ganancia del 19,03% en términos de acumulación de sedimentos, ya que en esta configuración de años, la imagen más antigua no representa la línea de costa más extensa. por lo que al ejecutar las imágenes del periodo A en el software se observa una ganancia en estos primeros transectos con respecto al año más antiguo se observa menos erosión. Ya con respecto a los otros periodos (B-C-D-E) la línea de costa de transectos representa una pérdida significativa para todos. Cabe resaltar que estos primeros transectos son los más cercanos a la desembocadura del río San Juan.

Se logra evidenciar de manera visual el comportamiento de los cuerpos de agua en los bosques de manglar. Se evidencia el movimiento más significativo en la zona 1 de la línea de melgar siendo este el cuerpo principal, al contrastar los datos arrojados de ambas caras del cuerpo de agua se pudo observar que una de las caras presentaba una tendencia de acreción (ganancia de sedimentos) mientras que la otra una tendencia de erosión (Pérdida de sedimentos) por lo que se pudo identificar el desplazamiento que estos cuerpos han tenido a lo largo de los años.

Se observa un desplazamiento del cuerpo hídrico del manglar hacia tierra firme. presentando la tendencia de movimientos en los diferentes periodos estudiados hacia el oeste de la zona de estudios. De igual manera esta interpretación visual se contrasta con los datos estadísticos obtenidos y los histogramas realizados donde se logra validar esta primera noción que surge de manera visual.

Se evidencia, en todos los periodos a excepción del periodo A una tendencia en los primeros 50 transectos siendo esto en la zona norte de la línea de costa, estos representa 1000 metros de la línea de costa. Estos primeros metros de la línea de costa son los más cercanos a la desembocadura del río san juan y la tendencia que nos arroja en los 4 periodos es una pérdida continua de sedimentos.

Las estadísticas dan a entender que en esos primeros metros suceden dinámicas de erosión, en la zona más cercana a la desembocadura del río San Juan por lo se puede intuir una relación directa entre el comportamiento de la línea de costa y las corrientes de la desembocadura del río San Juan. De manera respectiva los porcentajes de erosión para los primeros transectos de la línea de costa en los períodos que siguen la tendencia de erosión es 9.5%, 24,9%, 20.65% y 5,4%.

Esta zona de la línea de costa hace referencia al corregimiento de En la zona de La Barra también se puede contrastar la información obtenida en campo por la entrevista realizadas donde pobladores de la zona aseguran la pérdida drástica de playa en los últimos 30 años. Según Komar (1998): "La desembocadura de un río puede influir en la morfología costera al modificar la

Conservación de los manglares: Los manglares son ecosistemas valiosos y altamente productivos que brindan una serie de servicios ambientales, como la protección de la biodiversidad, la captura de carbono y la estabilización de la línea de costa. Estudiar el cambio en las líneas de manglar nos permite evaluar su salud, identificar amenazas y diseñar planes de conservación efectivos.

Impacto del cambio climático: Las líneas de costa y los manglares son sensibles al cambio climático, incluyendo el aumento del nivel del mar y los eventos climáticos extremos. Investigar y comprender cómo estos cambios afectan a las líneas de costa y los manglares nos permite anticipar y realizar adaptaciones a los impactos futuros.

Planificación urbana y desarrollo costero: Los estudios sobre el cambio de líneas de costa y líneas de manglar proporcionan información crucial para la planificación urbana y el desarrollo costero sostenible. Estos datos ayudan a identificar áreas propensas a la erosión, determinar zonas de exclusión o restricción y tomar decisiones informadas sobre el desarrollo y la infraestructura costera.

Gestión de riesgos: El conocimiento sobre los cambios en las líneas de costa y líneas de manglar es esencial para evaluar y gestionar los riesgos asociados con desastres naturales, como inundaciones y tormentas. Esto incluye la identificación de áreas vulnerables y la implementación de medidas de prevención y mitigación adecuadas.

12. CONCLUSIONES

- Al realizar estudios con herramientas como la teledetección permiten analizar los cambios en las líneas de costa y las líneas de manglar es crucial debido a una variedad de factores. En primer lugar, los ecosistemas costeros y de manglar son esenciales porque brindan una variedad de servicios ecosistémicos, como proteger la costa, preservar la biodiversidad y regular el ciclo del agua. Estos ecosistemas están expuestos a amenazas crecientes, como el aumento del nivel del mar, la erosión costera, la urbanización y la deforestación, por lo que es necesaria una vigilancia constante de su estado y sus cambios.
- La teledetección y la obtención de información a distancia, permiten evaluar a gran escala los cambios en las líneas de costa y manglar. También, obtener datos precisos y actualizados sobre la extensión y la dinámica de estos ecosistemas, lo que facilita la identificación de áreas en riesgo y la implementación de medidas de gestión adecuadas. de igual manera, proporciona una perspectiva multitemporal, lo que permite el seguimiento a largo plazo de los cambios y la evaluación de la eficacia de las estrategias de conservación y restauración, sin la necesidad obligatoria, de permanecer o implementar metodologías que impliquen constantes fases de campo.

- El uso de este tipo de herramientas, permite tomar decisiones informadas sobre la planificación y gestión costera, es esencial conocer el estado de las líneas de costa y las líneas de manglar. Los estudios de teledetección brindaron información detallada sobre la evolución de estos ecosistemas, lo que permite identificar áreas críticas y prioritarias para la conservación, así como evaluar los efectos de las actividades humanas y los fenómenos naturales. Esto ayuda a crear políticas y estrategias de manejo más eficientes y sostenibles para proteger estos ecosistemas valiosos y asegurar su resiliencia ante los desafíos futuros.

13. Recomendaciones

Con base a la investigación realizada y al compartimiento de ésta, con las comunidades del Valle del Cauca se hizo de gran interés desarrollar estudios del estado y las dinámicas de las líneas de costa y zonas de manglar de toda la zona del pacifico colombiano del valle del cauca, con el fin de reconocer las dinámicas costeras, ya que tiene estrecha relación con la protección, evolución y buena gestión de zonas costeras, y así estudiar nuevas zonas del valle del cauca, en donde existe la posibilidad de realizar un análisis de datos estadísticos del DSAS, con el fin realizar una proyección de las futuras líneas de costa, y así poder ir un paso adelante en la toma de decisiones.

14. ANEXOS

Gráficos de LWR Y EPR

Gráficas Periodo de tiempo A

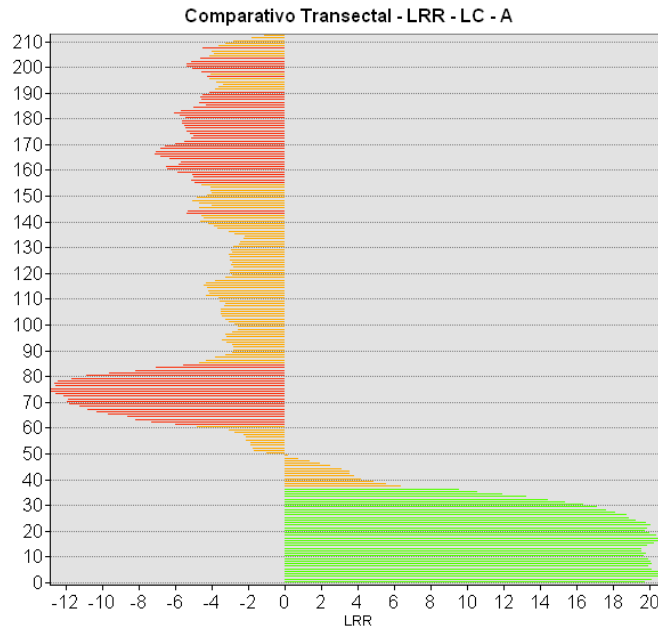


Imagen. Comparación Transrectal.

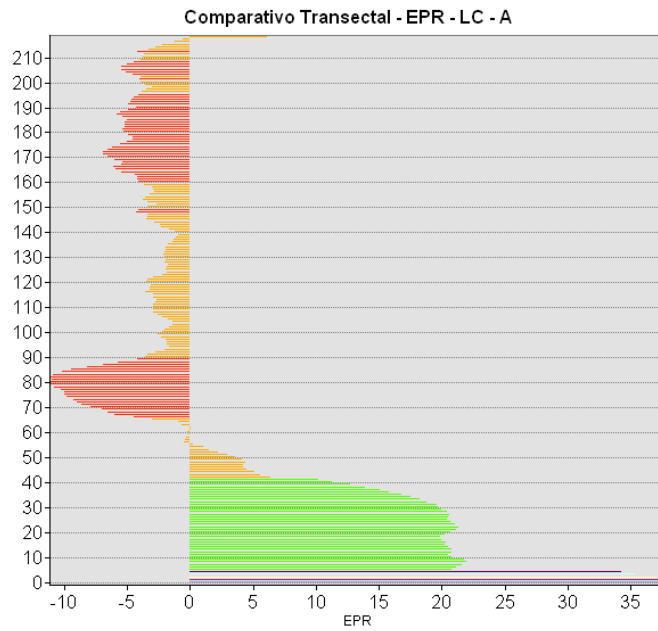
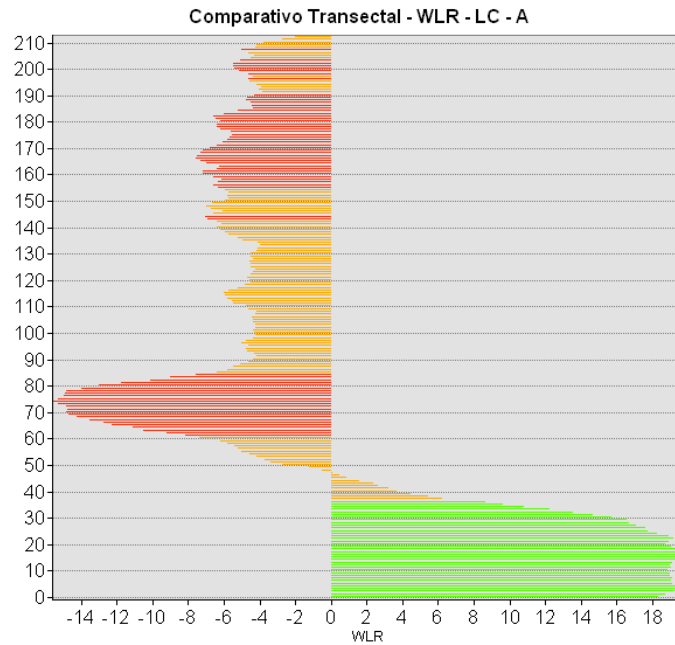
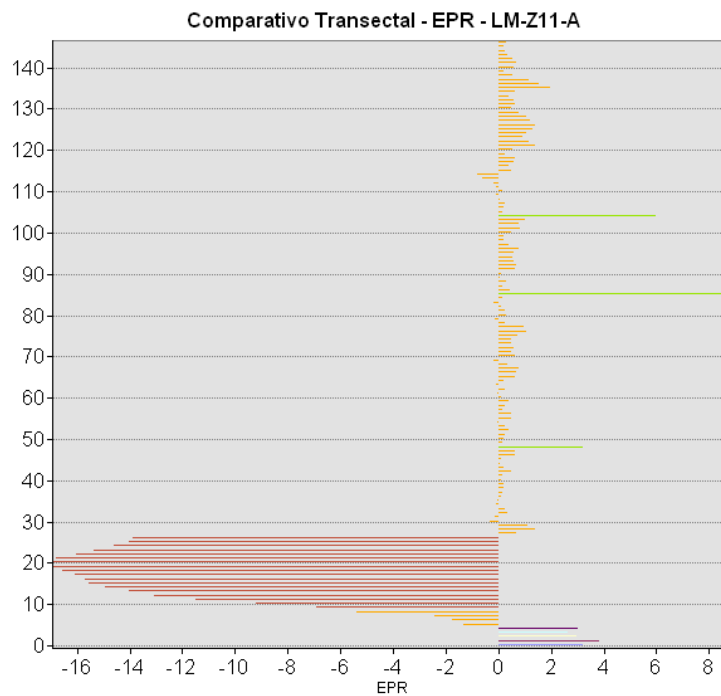


Imagen. Comparación Transrectal.



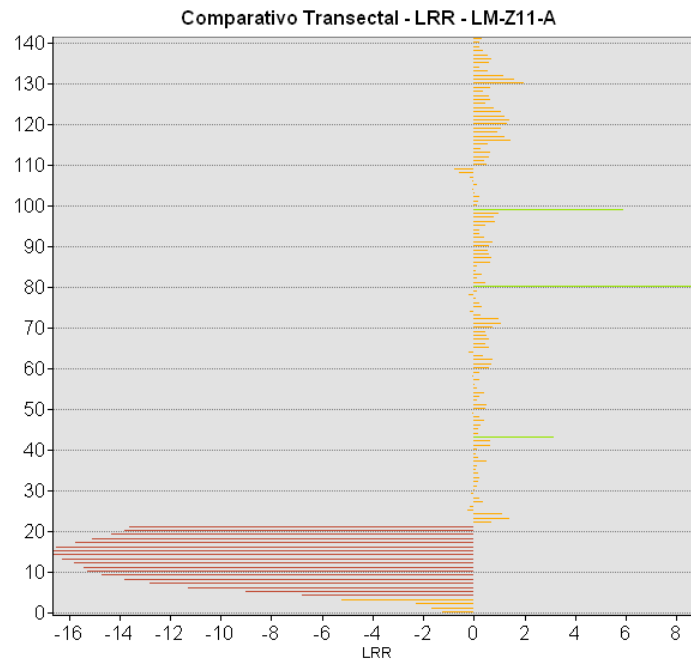
Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.



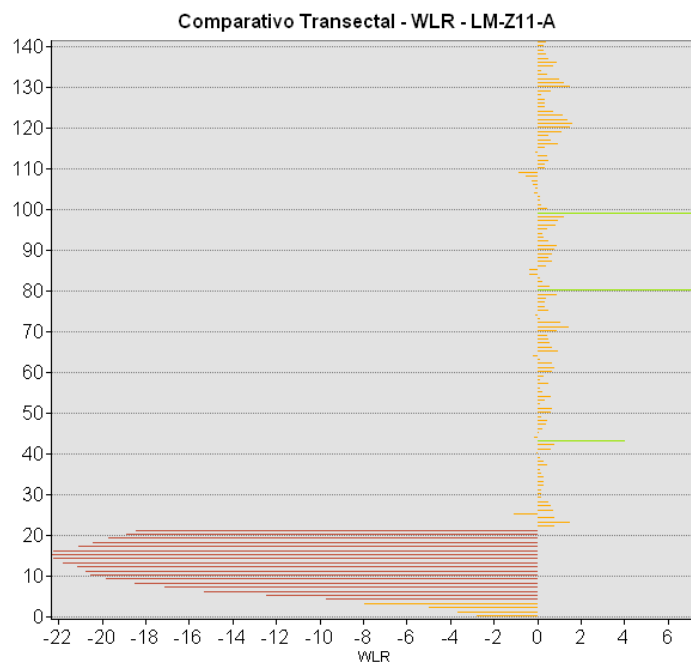
Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.



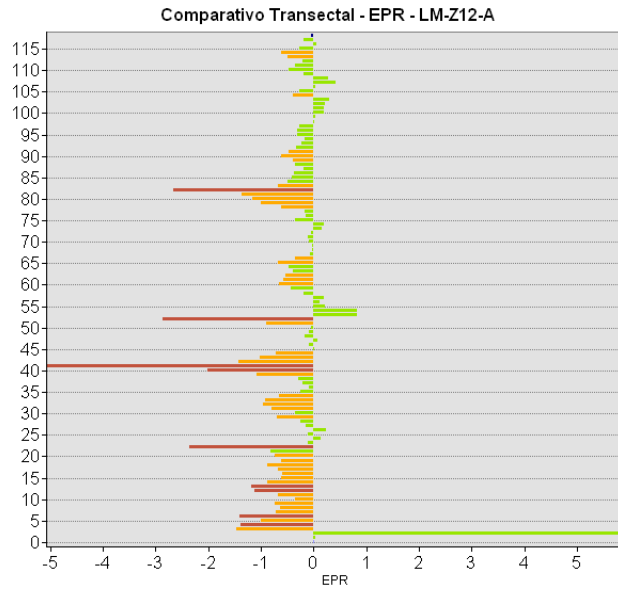
Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.



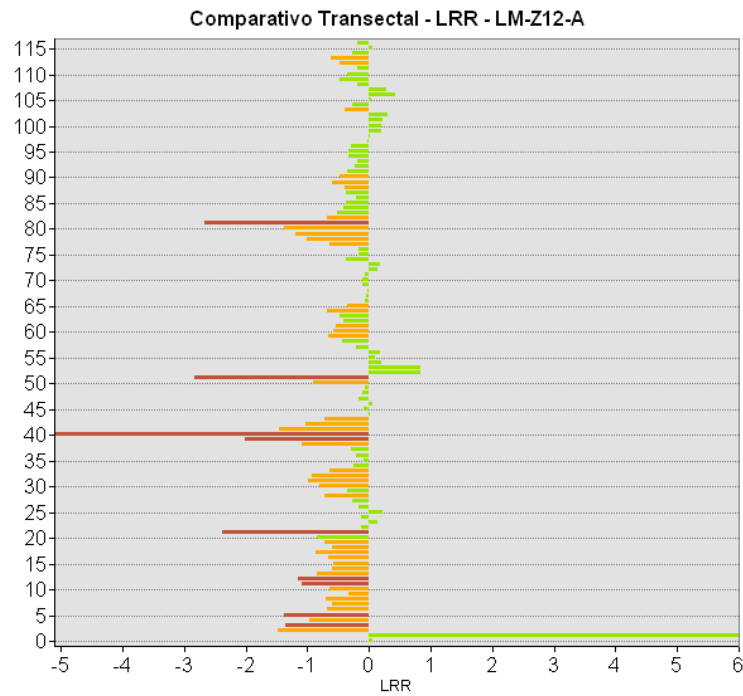
Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.



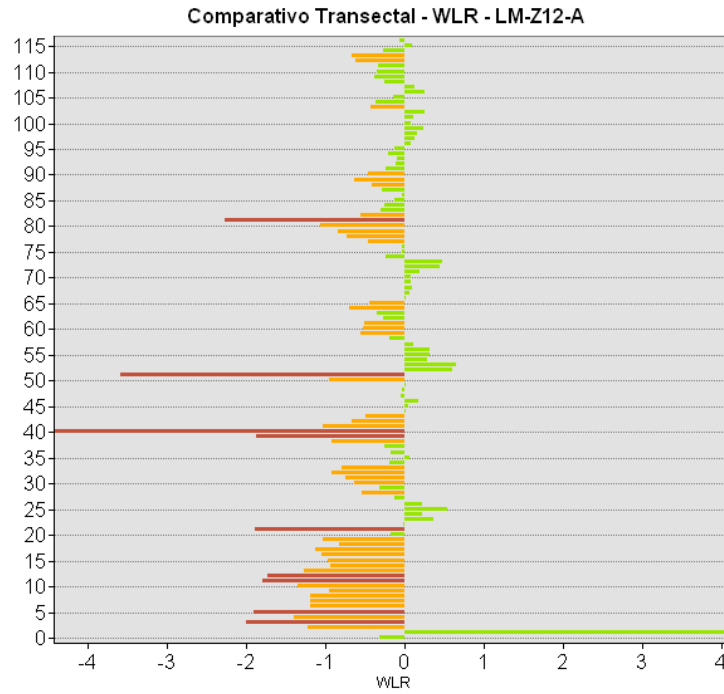
Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.



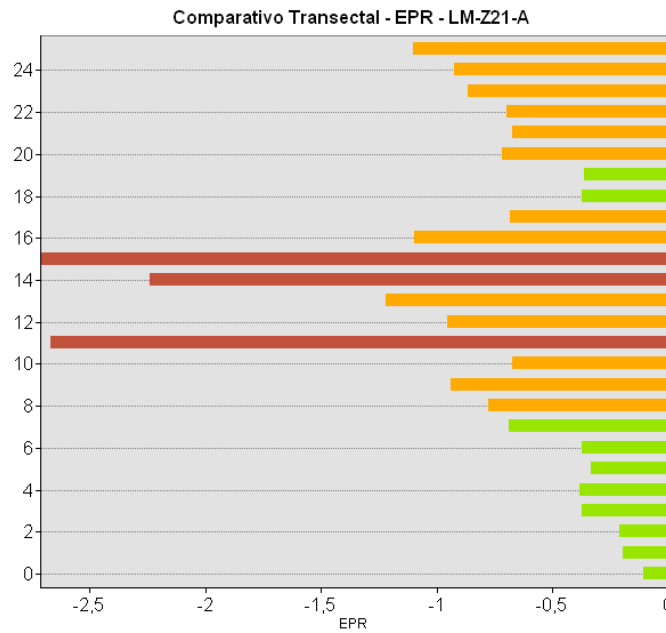
Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.



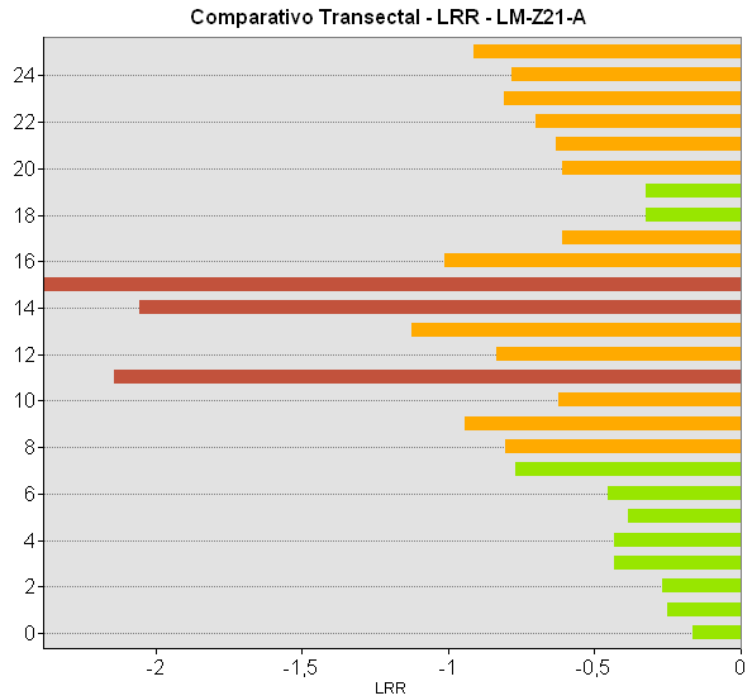
Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.



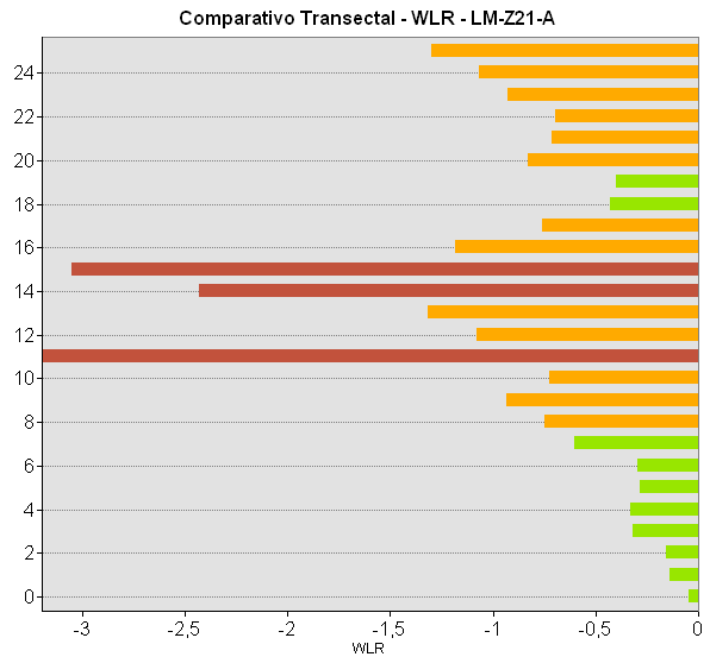
Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 1986 - 1998 - 2002

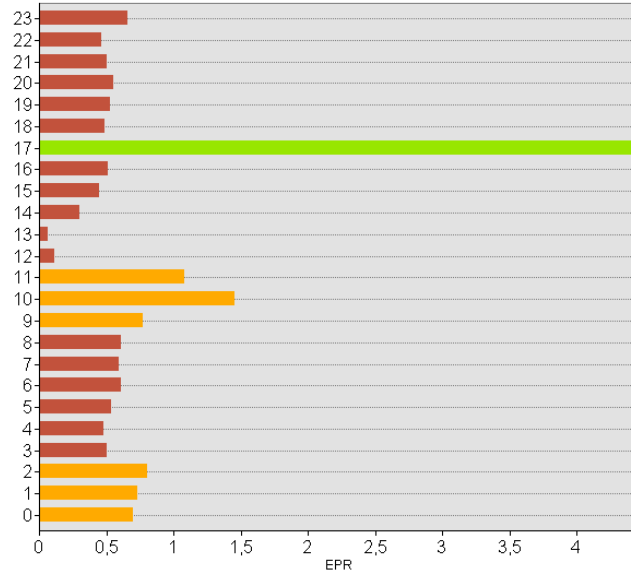
Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.

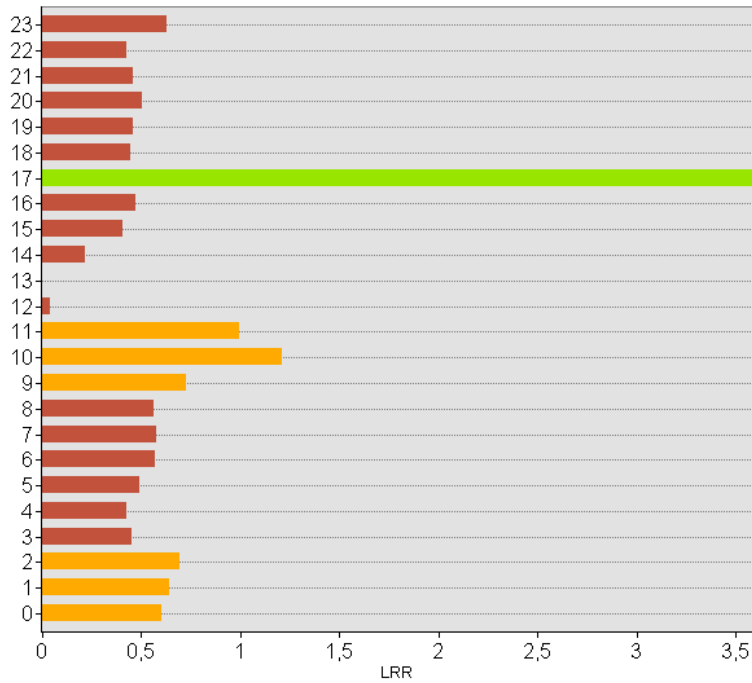
Comparativo Transectal - EPR - LM-Z22-A



Años: 1986 - 1998 - 2002

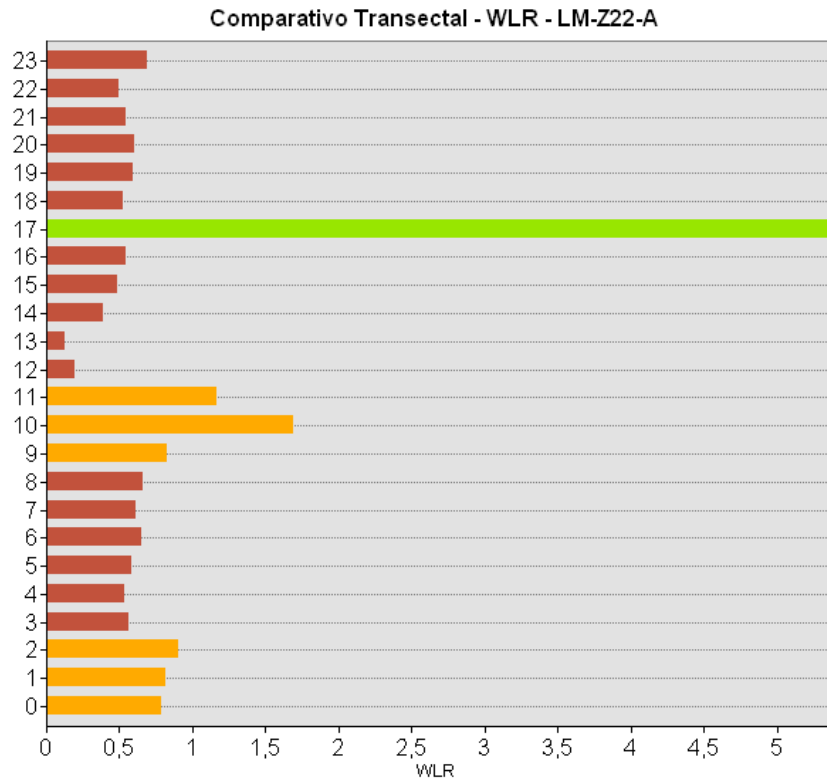
Imagen. Comparación Transrectal.

Comparativo Transectal - LRR - LM-Z22-A



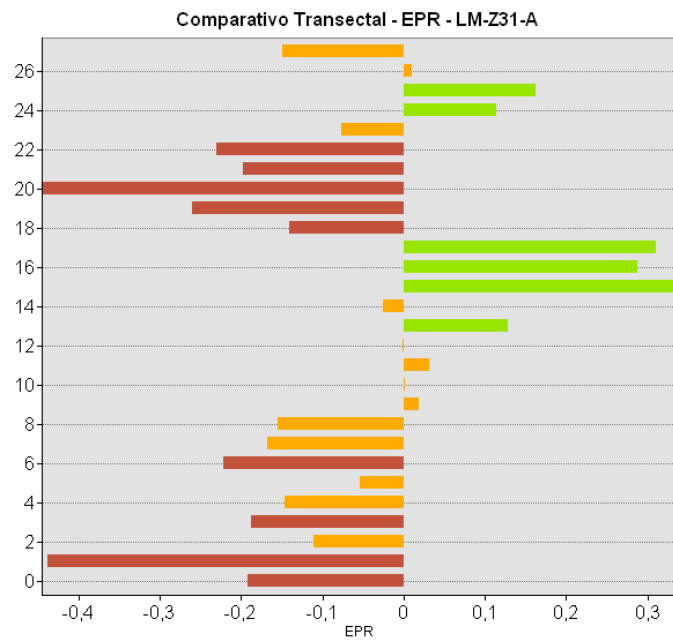
Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.

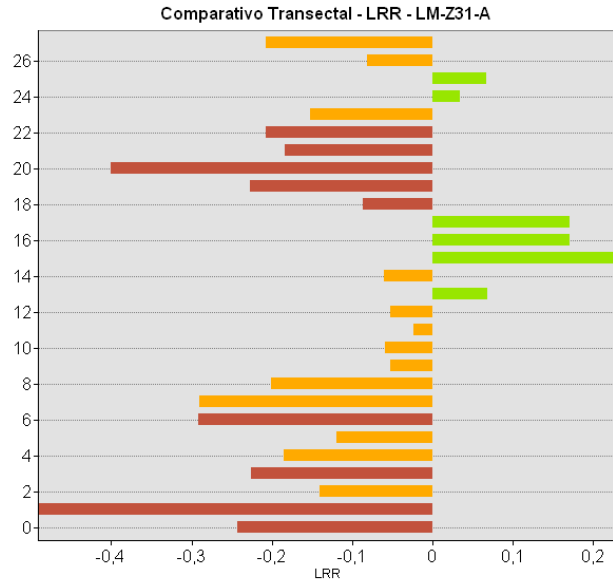


Imagen. Comparación Transrectal.

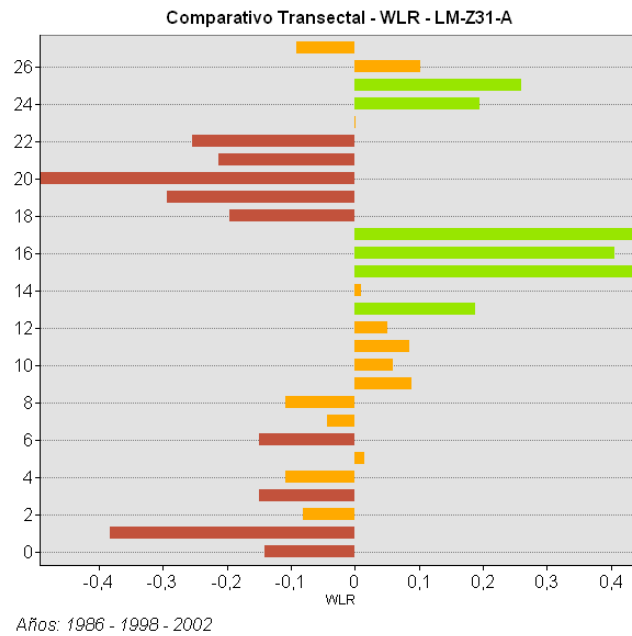
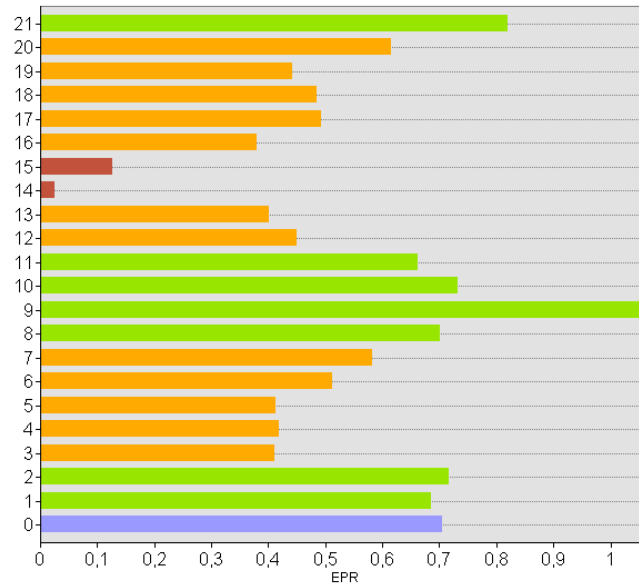


Imagen. Comparación Transrectal.

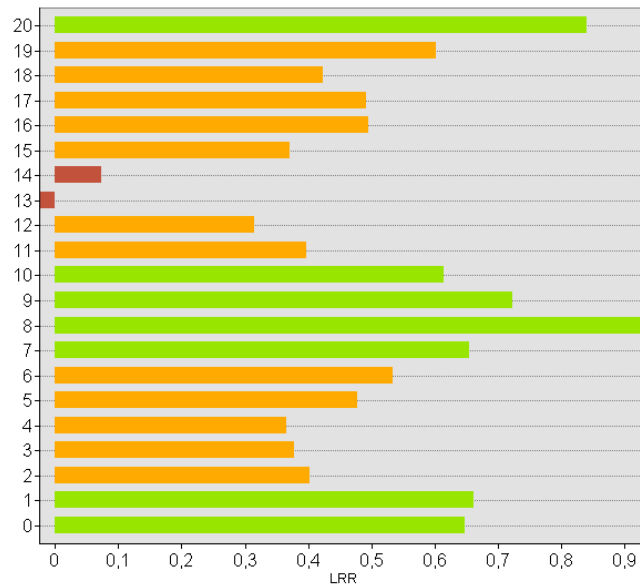
Comparativo Transectal - EPR- LM-Z32-A



Años: 1986 - 1998 - 2002

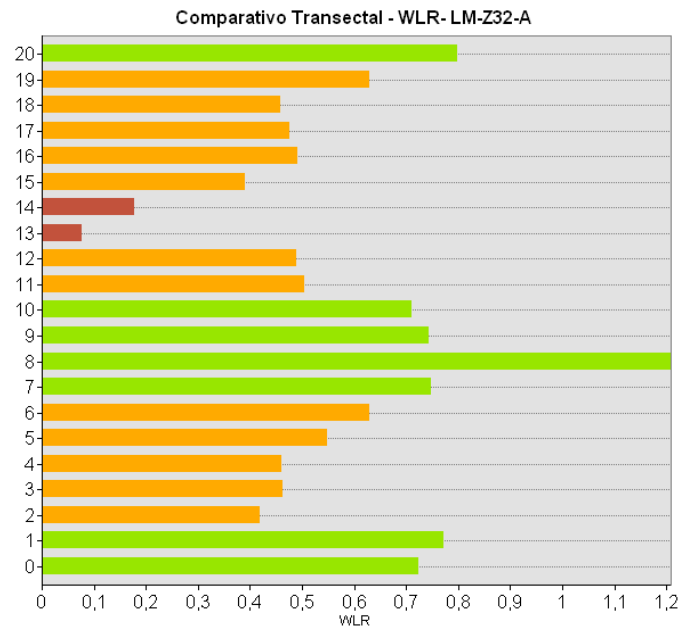
Imagen. Comparación Transrectal.

Comparativo Transectal - LRR- LM-Z32-A



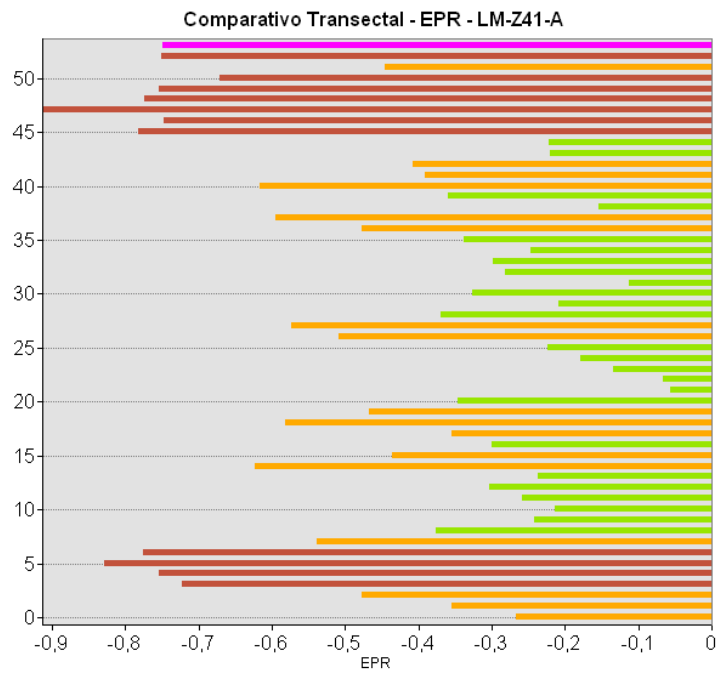
Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.



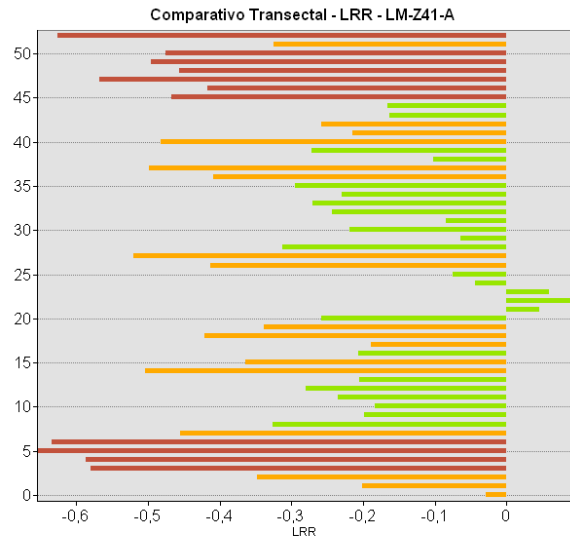
Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.



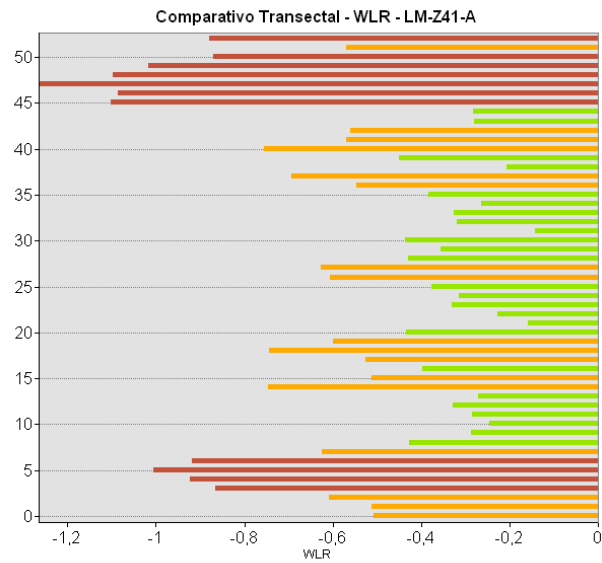
Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.

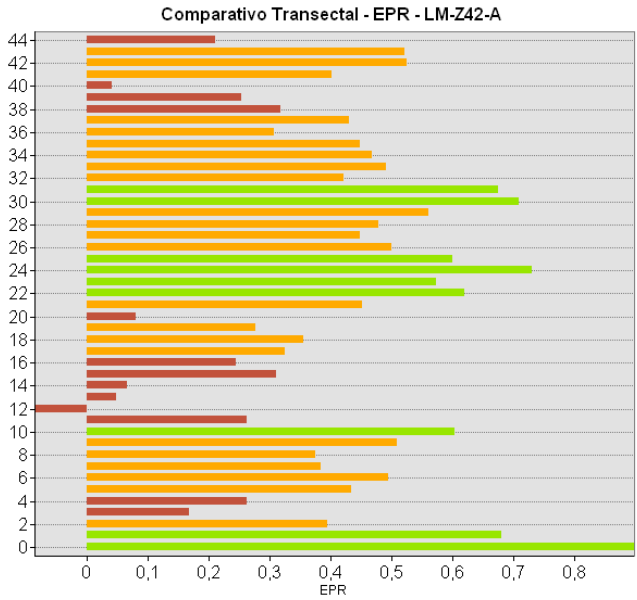


Imagen. Comparación Transrectal.

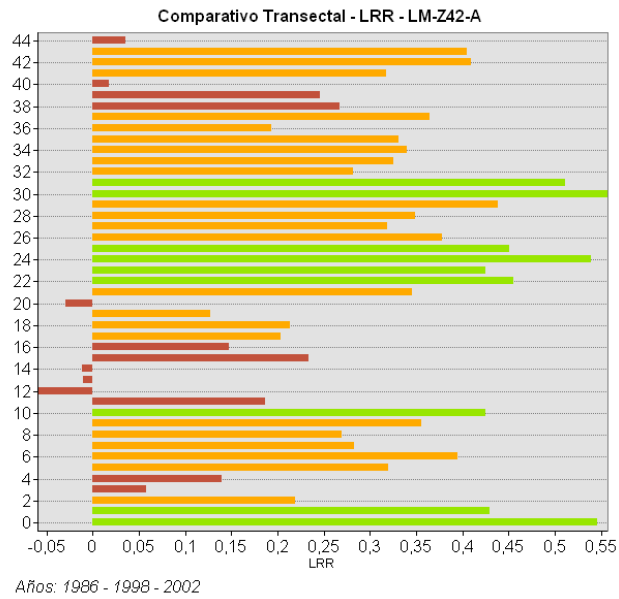
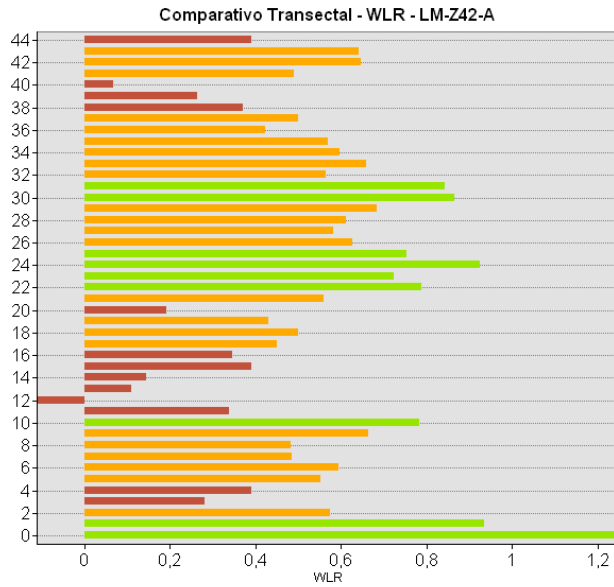
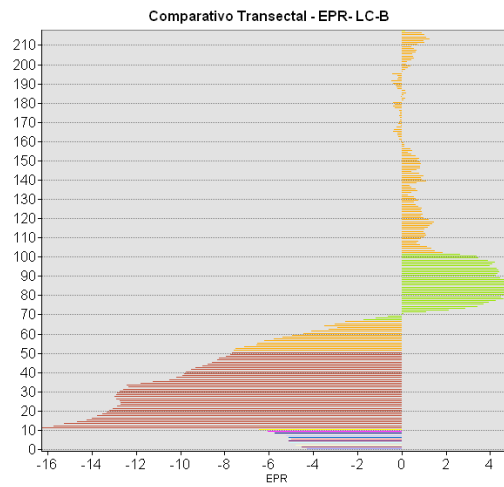


Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 1986 - 1998 - 2002

Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 1998 - 2011 - 2019

Imagen. Comparación Transrectal.

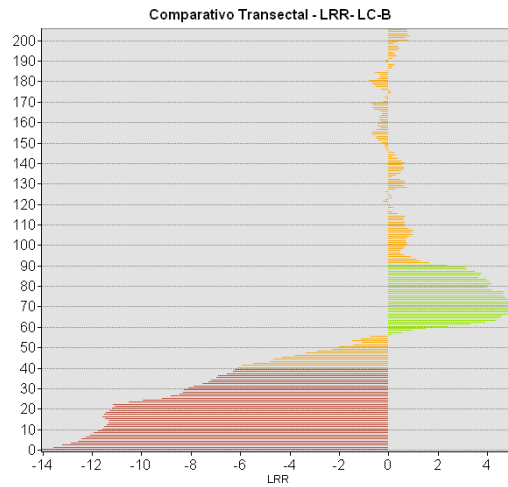


Imagen. Comparación Transrectal.

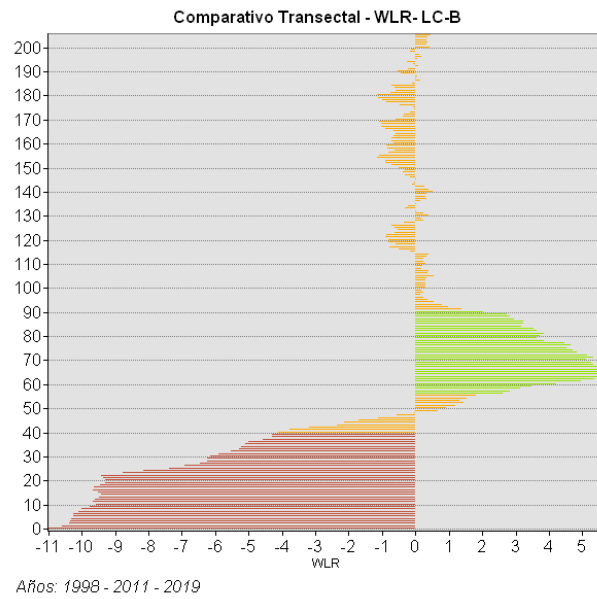
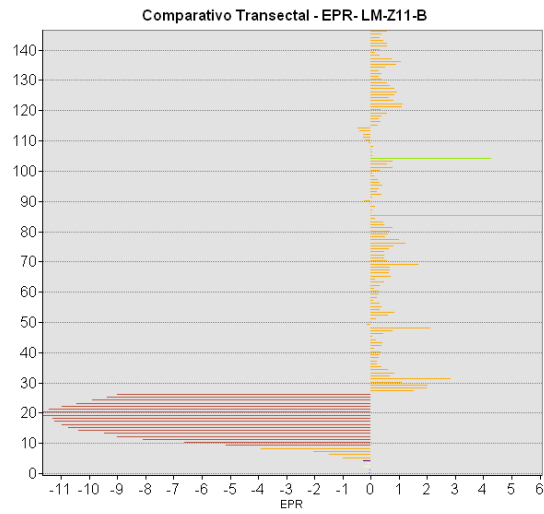
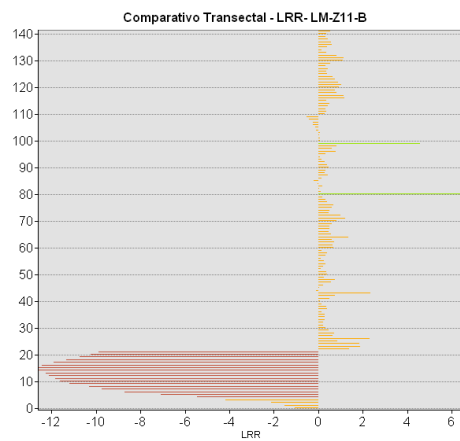


Imagen. Comparación Transrectal.



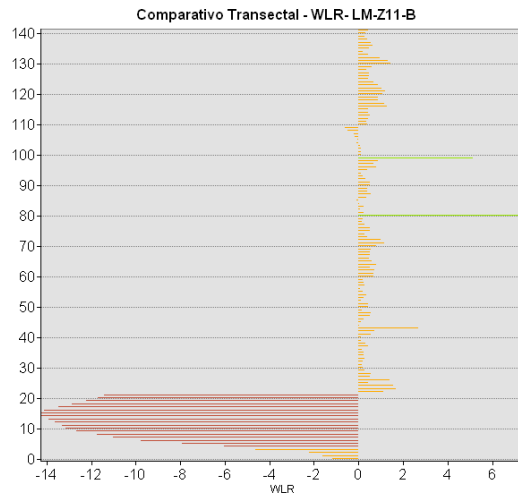
Años: 1998 - 2011 - 2019

Imagen. Comparación Transrectal.



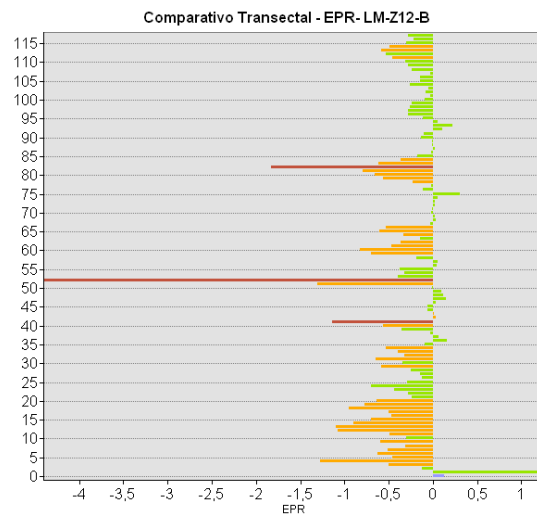
Años: 1998 - 2011 - 2019

Imagen. Comparación Transrectal.



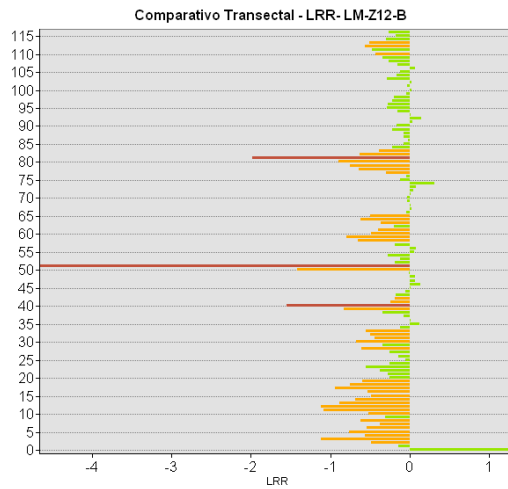
Años: 1998 - 2011 - 2019

Imagen. Comparación Transrectal.



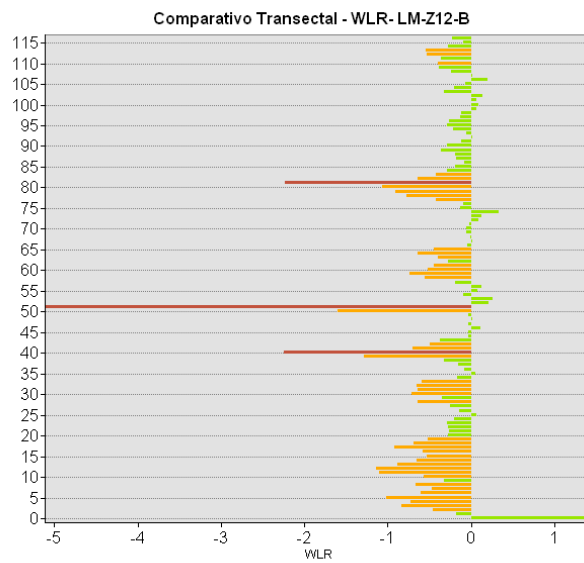
Años: 1998 - 2011 - 2019

Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 1998 - 2011 - 2019

Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 1998 - 2011 - 2019

Imagen. Comparación Transrectal.

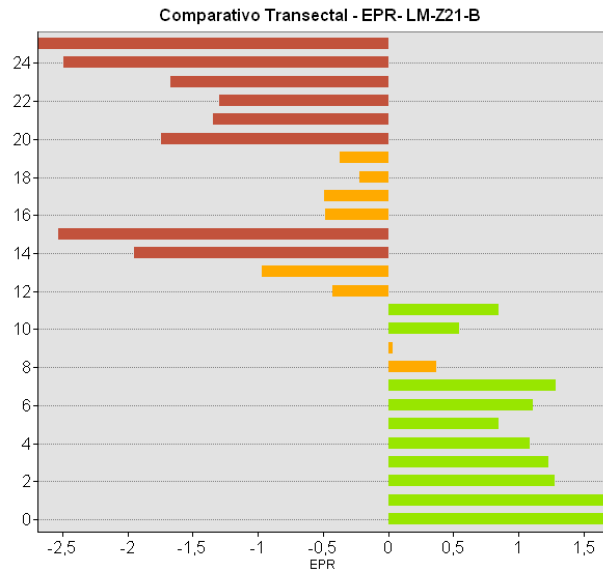


Imagen. Comparación Transrectal.

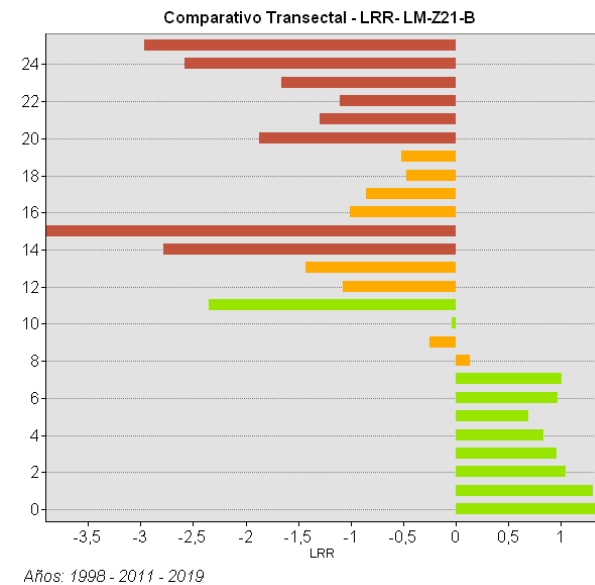


Imagen. Comparación Transrectal.

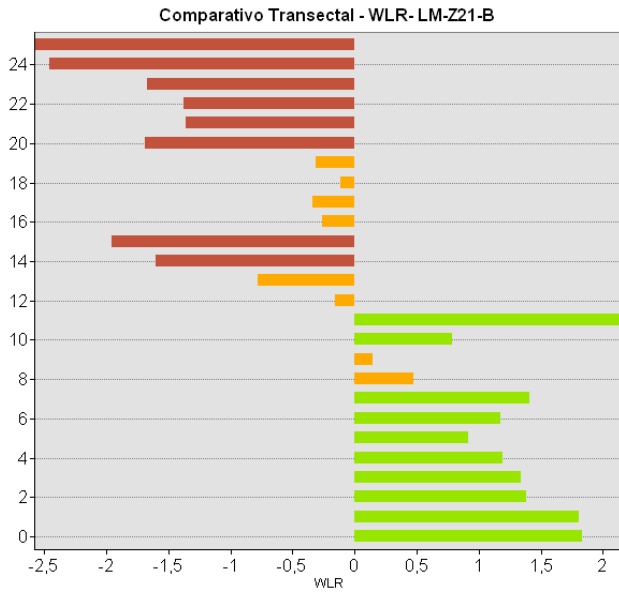


Imagen. Comparación Transrectal.

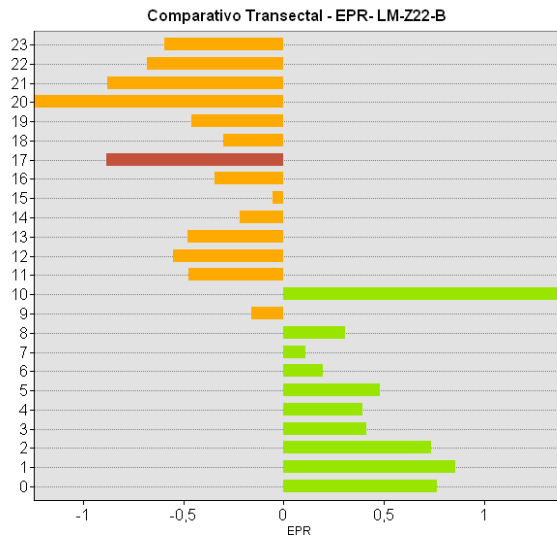


Imagen. Comparación Transrectal.

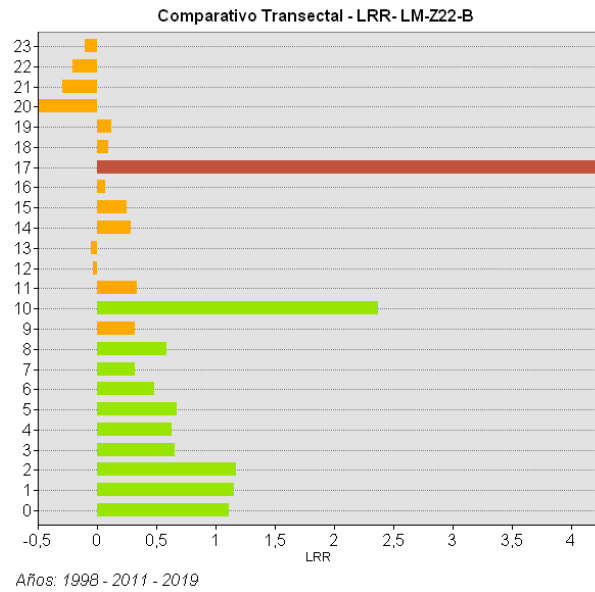


Imagen. Comparación Transrectal.

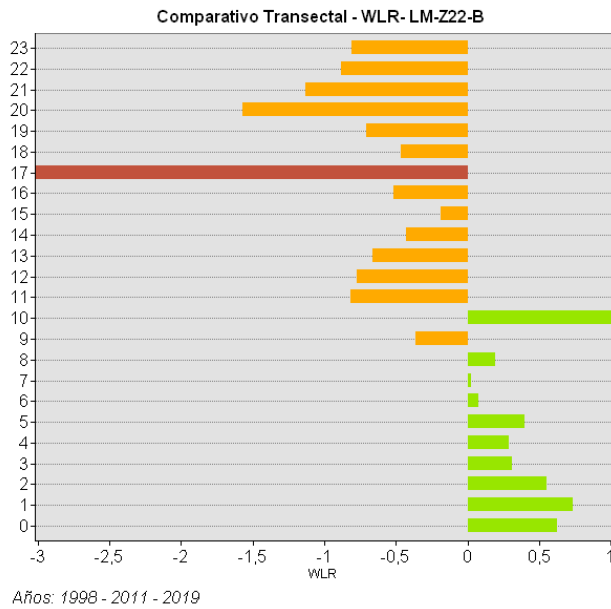
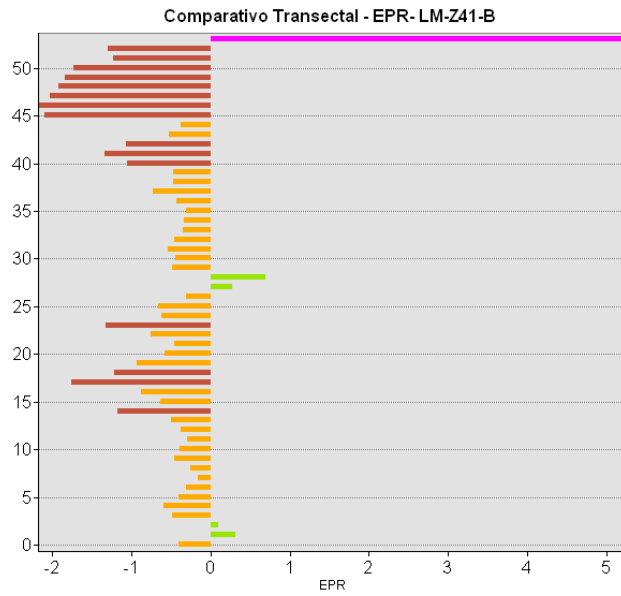
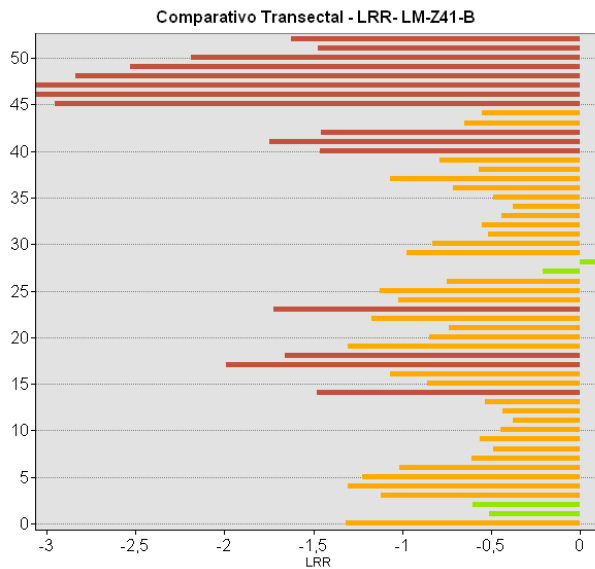


Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 1998 - 2011 - 2019

Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 1998 - 2011 - 2019

Imagen. Comparación Transrectal.

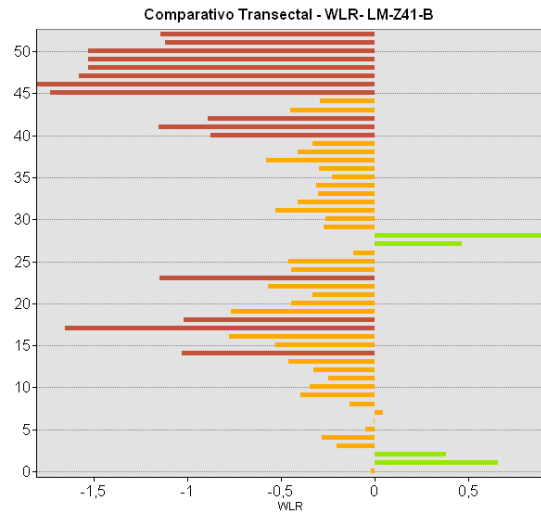


Imagen. Comparación Transrectal.

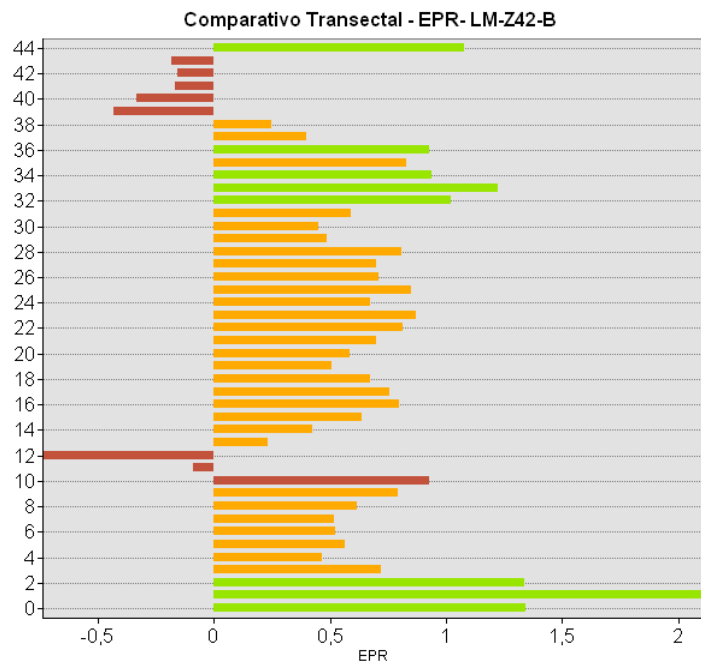
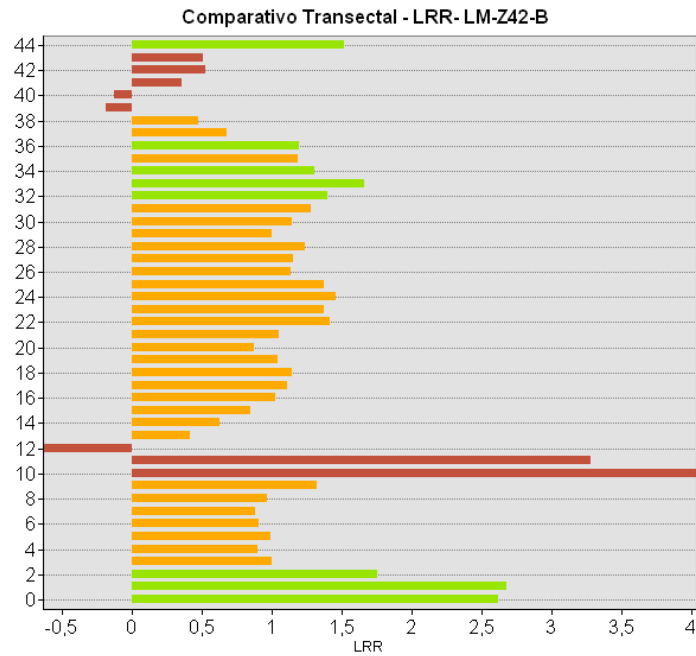
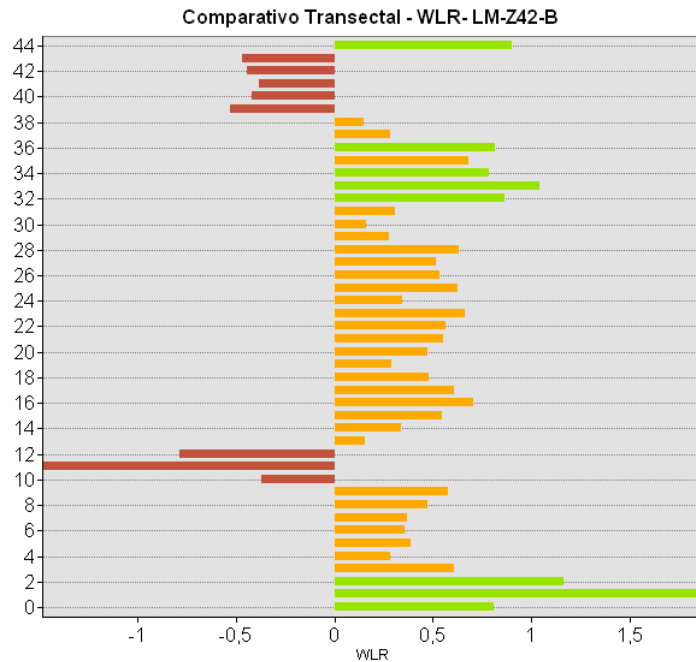


Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 1998 - 2011 - 2019

Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 1998 - 2011 - 2019

Imagen. Comparación Transrectal.

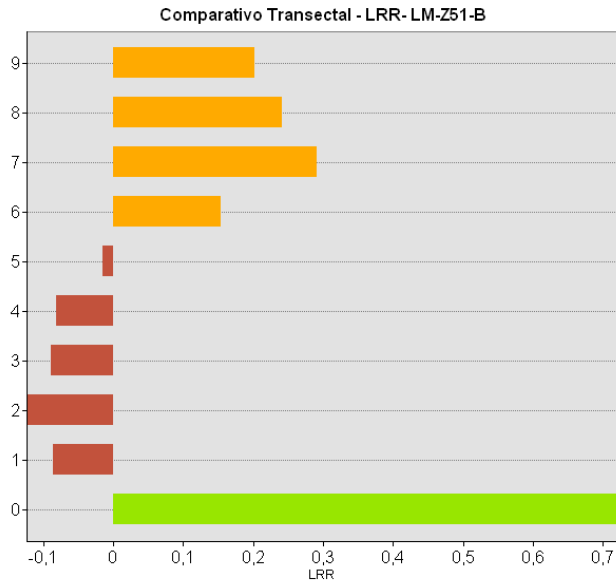


Imagen. Comparación Transrectal.

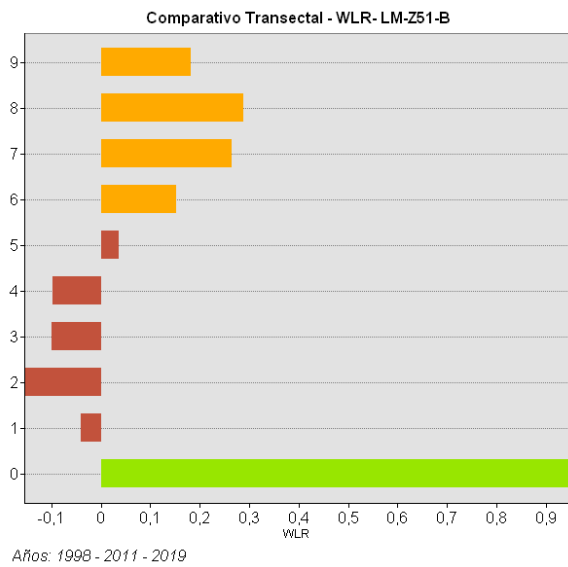
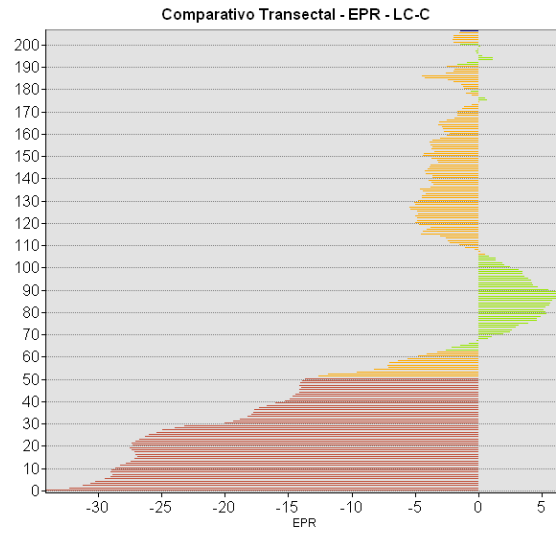
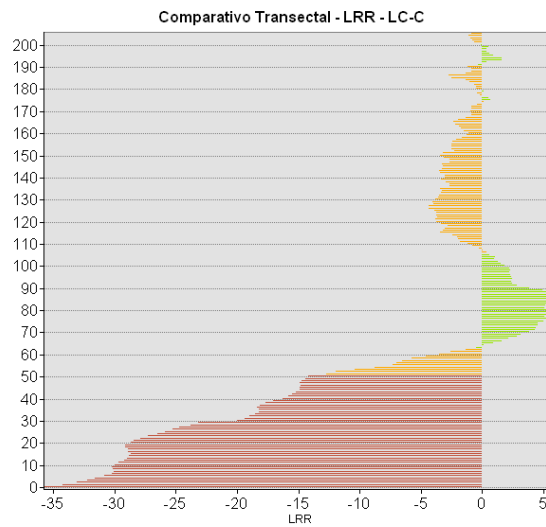


Imagen. Comparación Transrectal.



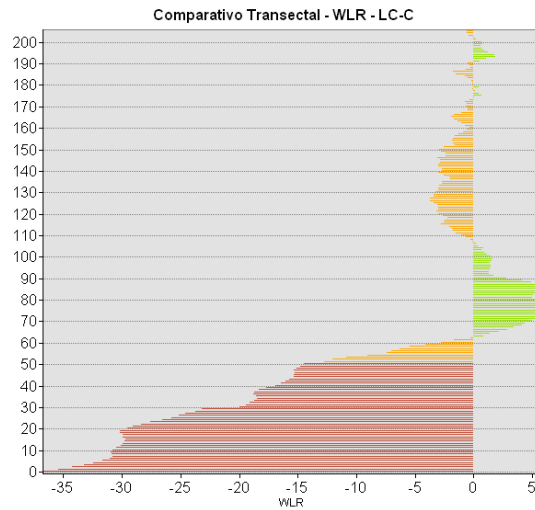
Años: 2002_2019_2021

Imagen. Comparación Transrectal.



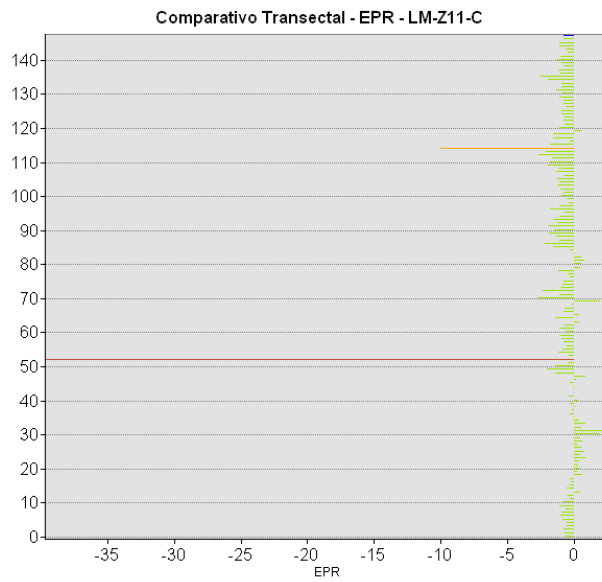
Años: 2002_2019_2021

Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 2002_2019_2021

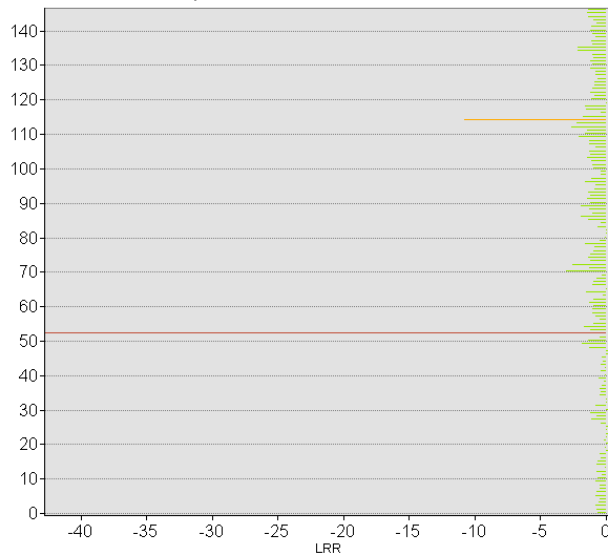
Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 2002_2019_2021

Imagen. Comparación Transrectal.

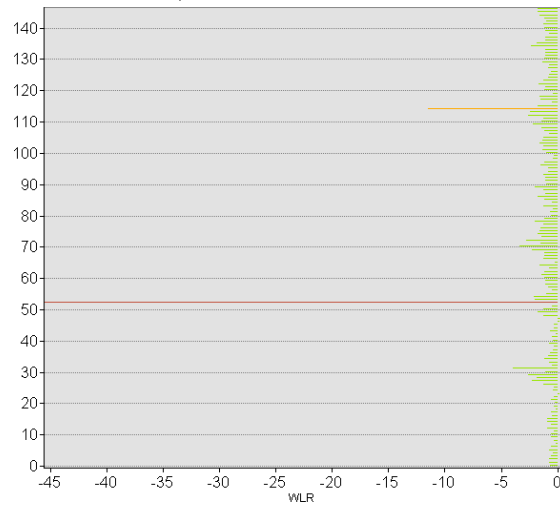
Comparativo Transectal - LRR - LM-Z11-C



Años: 2002_2019_2021

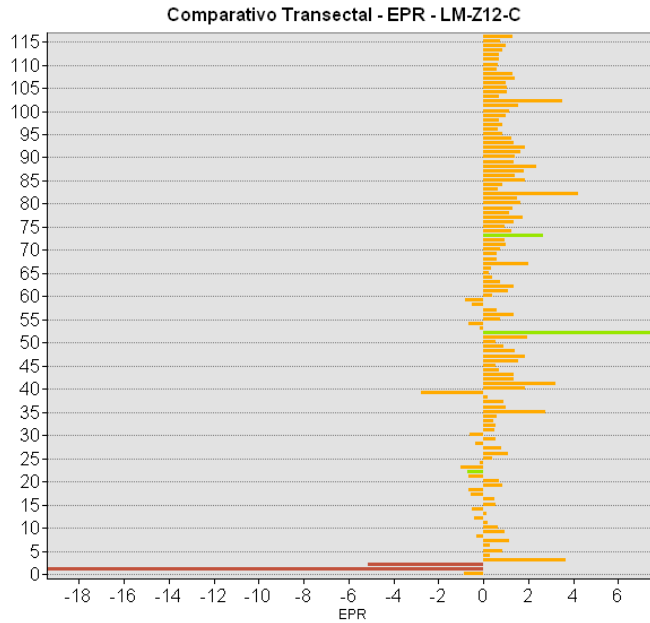
Imagen. Comparación Transrectal.

Comparativo Transectal - WLR - LM-Z11-C



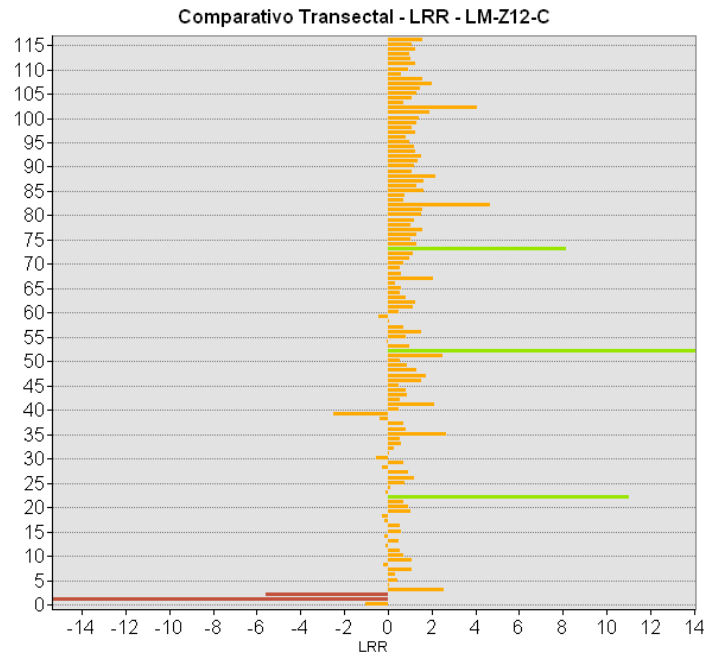
Años: 2002_2019_2021

Imagen. Comparación Transrectal.



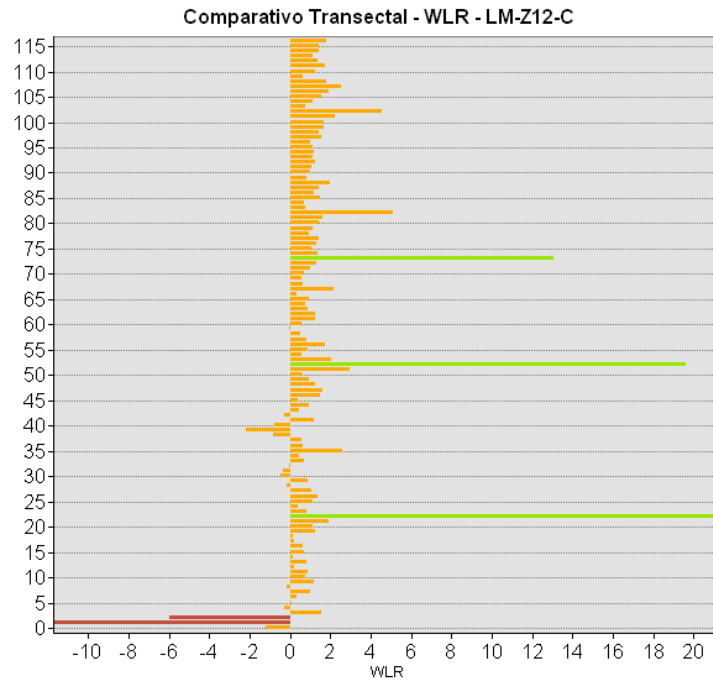
Años: 2002_2019_2021

Imagen. Comparación Transrectal.



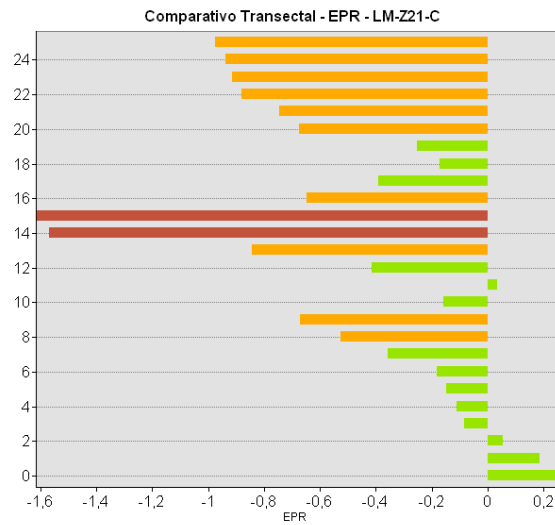
Años: 2002_2019_2021

Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 2002_2019_2021

Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 2002_2019_2021

Imagen. Comparación Transrectal.

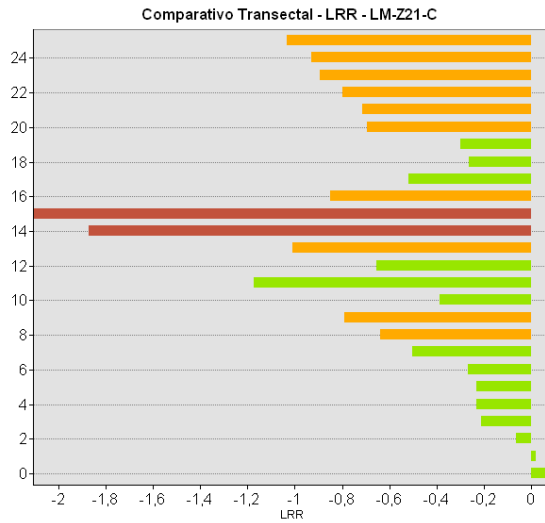


Imagen. Comparación Transrectal.

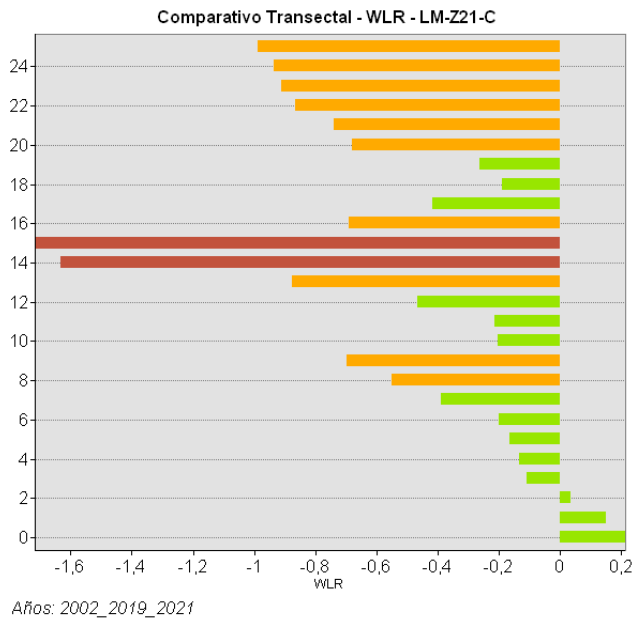
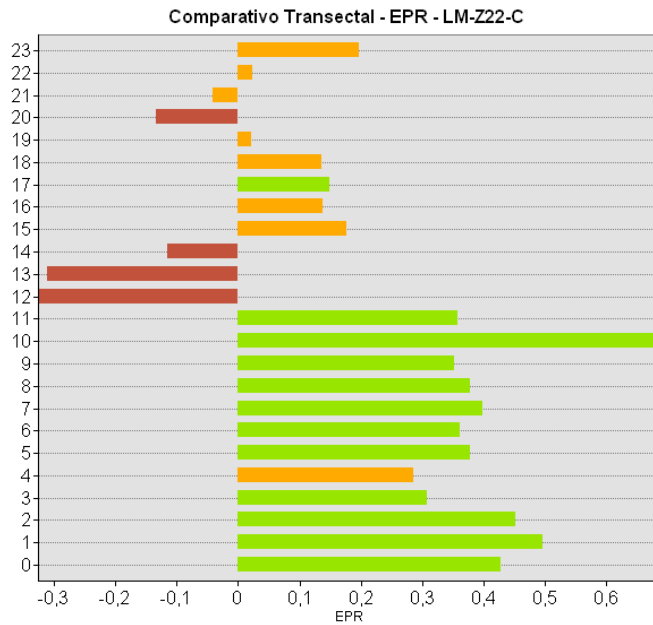
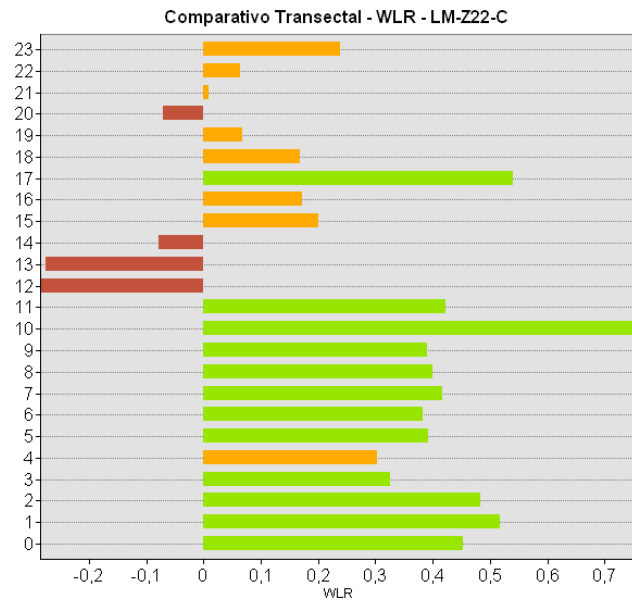


Imagen. Comparación Transrectal.



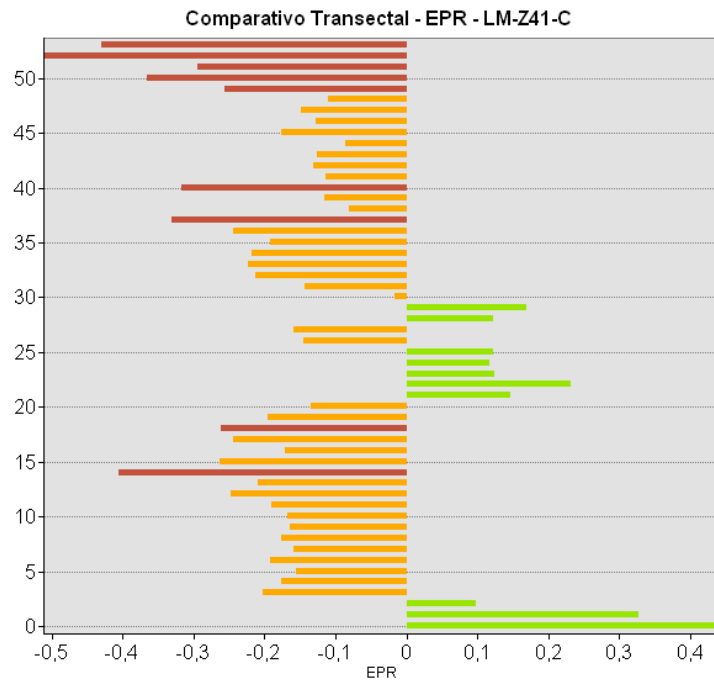
Años: 2002_2019_2021

Imagen. Comparación Transrectal.



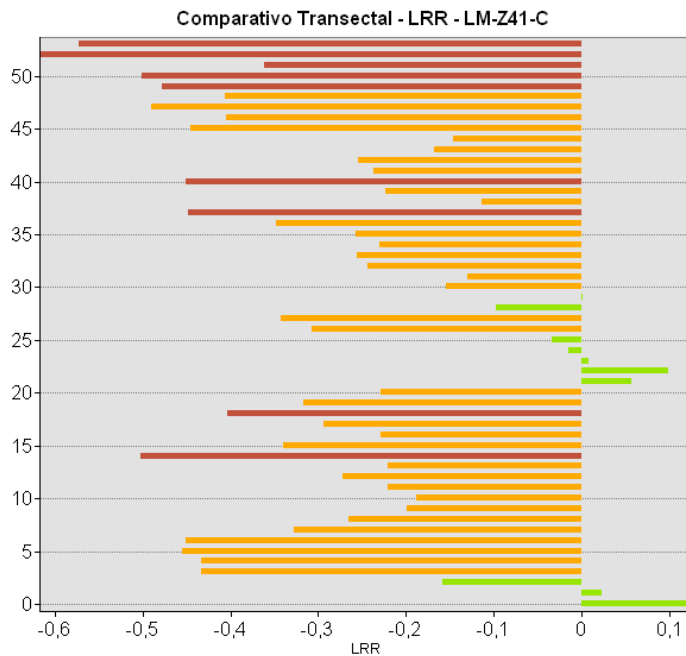
Años: 2002_2019_2021

Imagen. Comparación Transrectal.



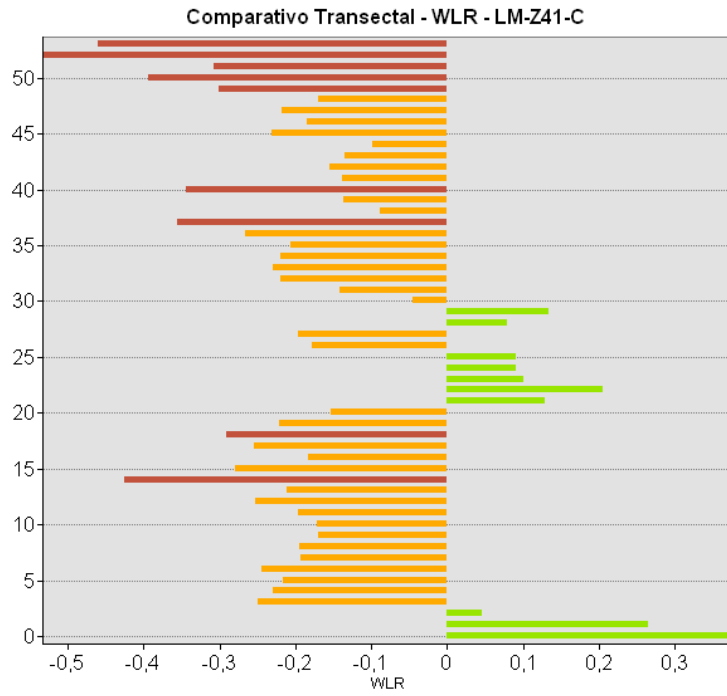
Años: 2002_2019_2021

Imagen. Comparación Transrectal.



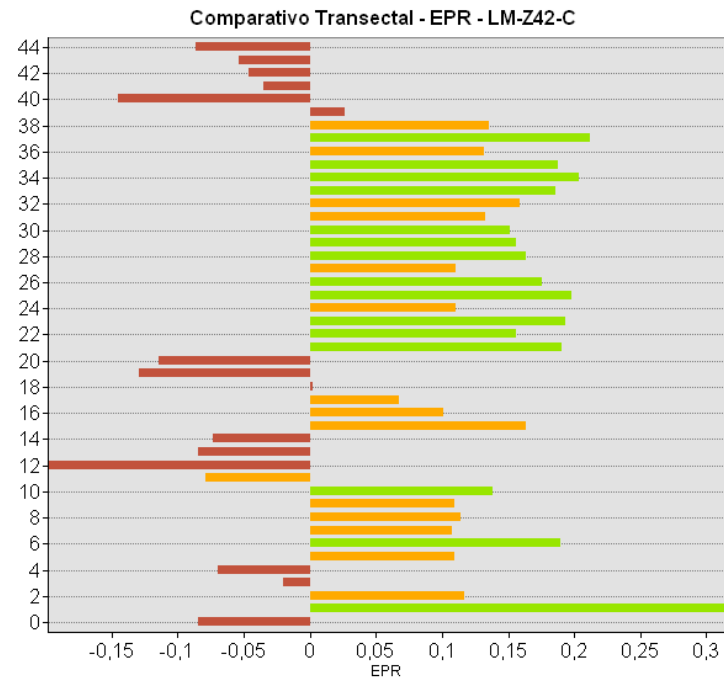
Años: 2002_2019_2021

Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 2002_2019_2021

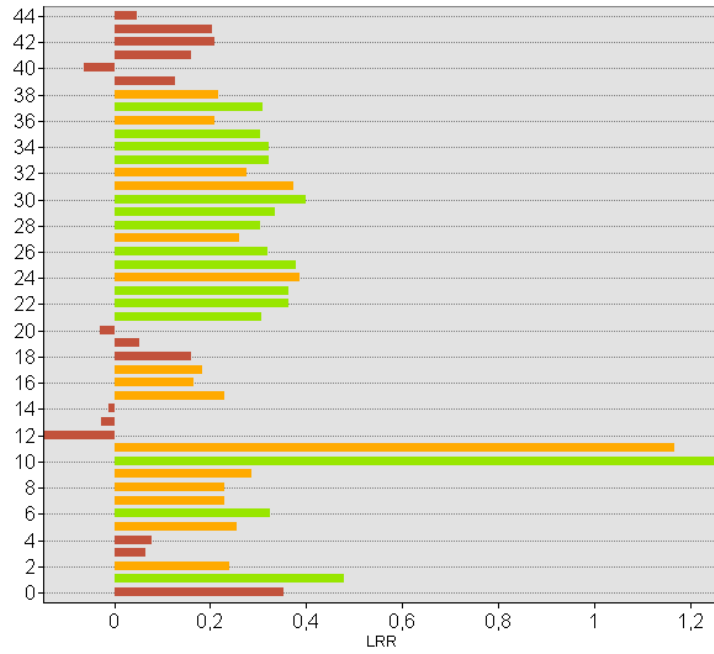
Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 2002_2019_2021

Imagen. Comparación Transrectal.

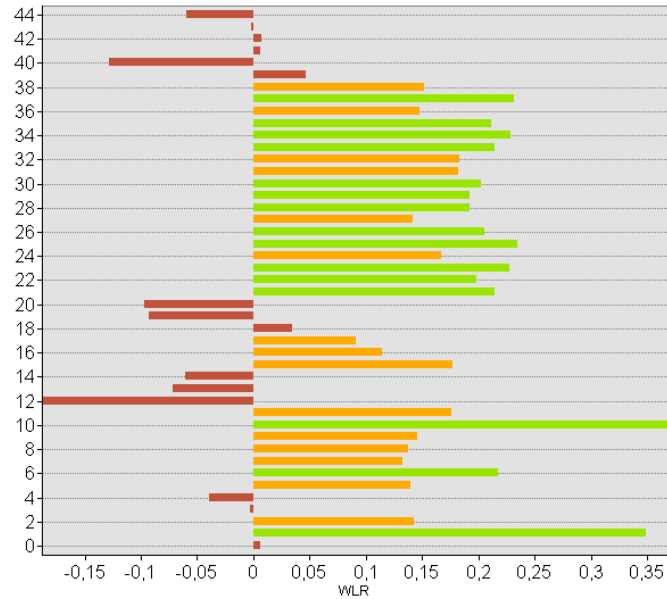
Comparativo Transectal - LRR - LM-Z42-C



Años: 2002_2019_2021

Imagen. Comparación Transrectal.

Comparativo Transectal - WLR - LM-Z42-C



Años: 2002_2019_2021

Imagen. Comparación Transrectal.

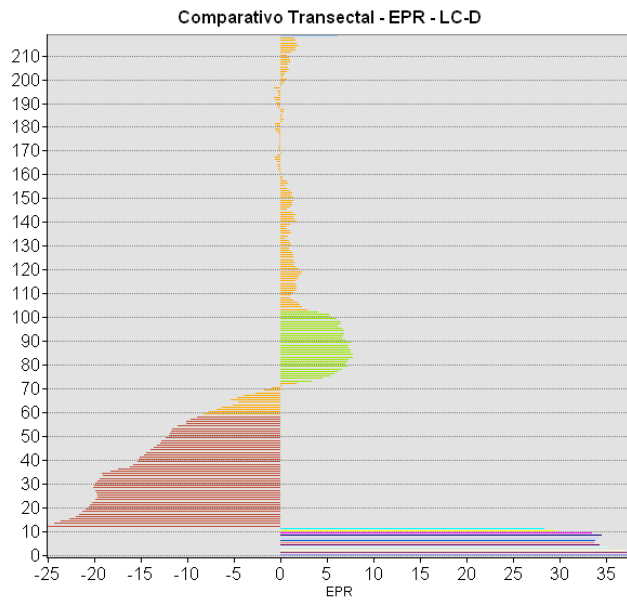


Imagen. Comparación Transrectal.

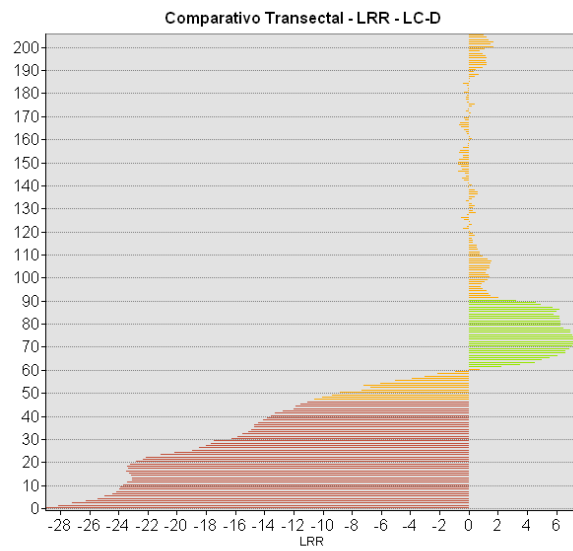


Imagen. Comparación Transrectal.

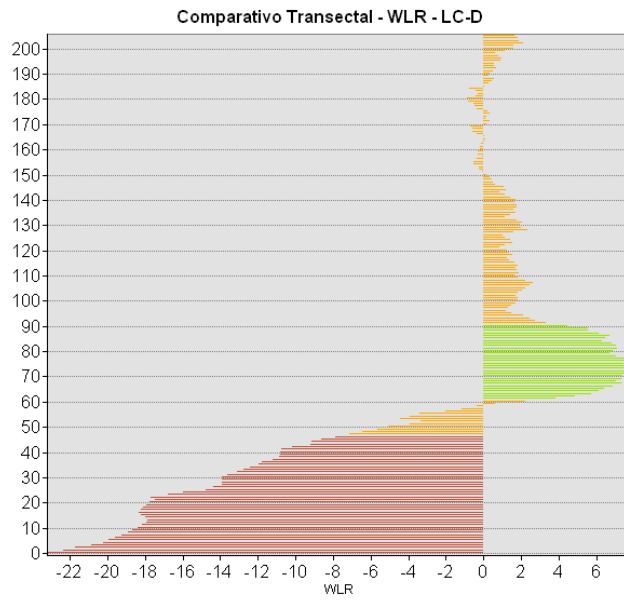


Imagen. Comparación Transrectal.

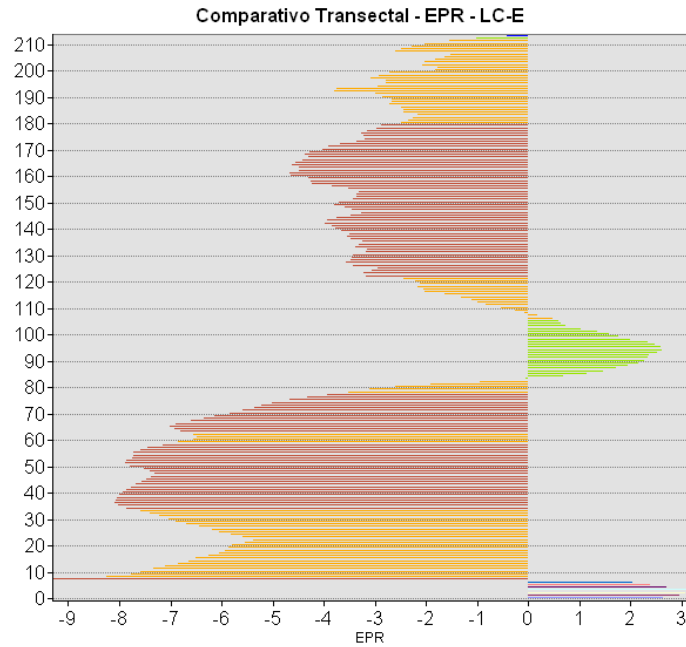
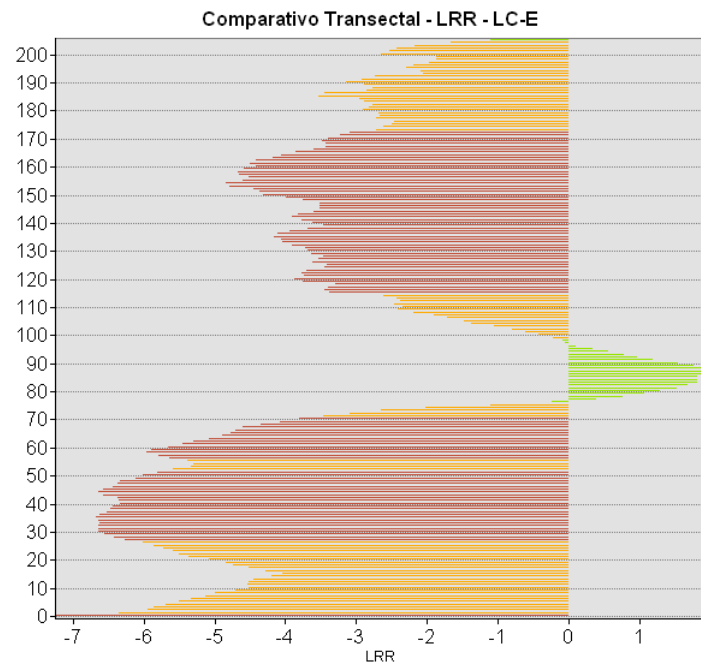
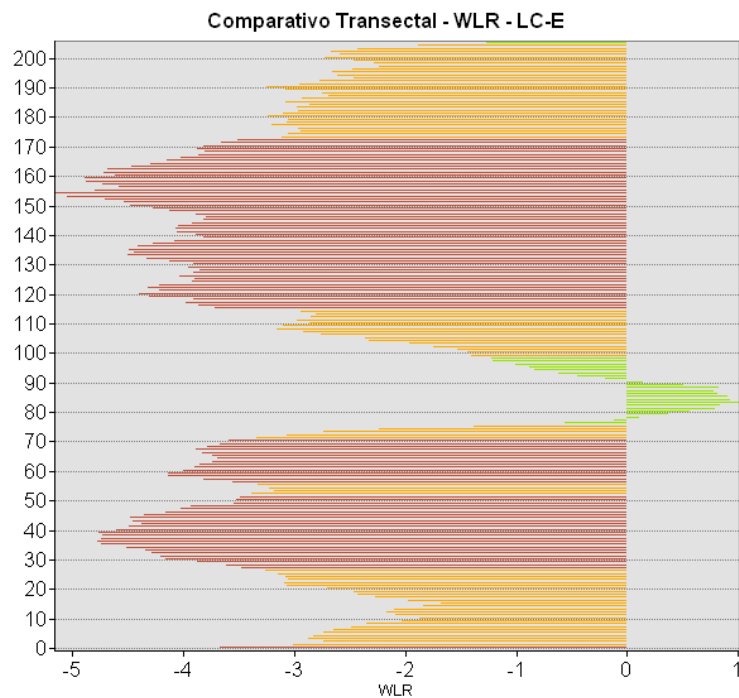


Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 1986 - 2011 - 2021

Imagen. Comparación Transrectal.



Años: 1986 - 2011 - 2021

Imagen. Comparación Transrectal.

15.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barnhart, C. J. (2019). *High-resolution coastal elevation models for decision support under sea level rise*. Nature Climate Change.
- Bermejo, E. (2023). *¿QUÉ ES LA TECNOLOGÍA ARCGIS?* Geoinnova.
- Biodiversidad. (2021). *Los Sitios Ramsar en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- CIDZOO. (2007). *Chocó Biográfico de Colombia* .
- CIENTÍFICO, I. A. (2023). *LAS MAREAS*.
- Cloern, J. E. (2016) . "River discharge controls phytoplankton dynamics in the northern San Francisco Bay Estuary." *Estuaries and Coasts*. San Francisco.
- Coleman, J. M. (1975). *Modern river deltas: variability of processes and sand bodies.*" *In: Deltaic Sedimentation: Modern and Ancient*. R. A. Koster and C. G. St. C. Kendall .
- Colombia, P. N. (2020). *Parque Nacional Natural Uramba Bahía Málaga*.
- Cui, L. Y. (2018). *Monitoring coastline changes using aerial photogrammetry and LiDAR data: a case study of Qingdao, China*. China: Journal of Coastal Research.
- CVC. (2023). *Ecosistema manglar*. SIDAP.
- Fidzani, B. (2018). *Monitoring coastal erosion using remote sensing techniques: A case study of Ambanja-Mahajamba Bay, Madagascar*. Madagascar : nternational Journal of Remote Sensing.
- Franco, C. L. (2018). *Plan de Desarrollo Departamental 20-203 Valle del Cauca* . Valle del Cauca .
- Franco, D. J. (2017). *ANÁLISIS DE LINEA DE COSTA EN EL*. Bogotá D.C.: Universidad Jose de Caldas .
- Gutiérrez-Jurado, H. A.-N.-Á. (2021). *Monitoring shoreline changes in Cartagena de Indias, Colombia, using remote sensing and geographic information systems*. Environmental Monitoring and Assessment.
- Himmelstoss, E. A. (2018). *Coastal change analysis program (C-CAP) land cover atlas - part 4: Historical land cover and land change from 1996 to 2010 for the Northeast region of the United States*. US Geological Survey Open-File Report .

- Himmelstoss, E. A. (2021). *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.1 user guide*. USGS Publications Warehouse.
- IDEAM. (2023). *Los LitoraLes (LT)*.
- IDEAM. (2023). *PRECIPITACIÓN*. Valle del Cauca .
- JOSÉ ÁNGEL MARTÍN PRIETO, F. X. (2018). *ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA LÍNEA DE COSTA DE LA PLAYA DE ES TRENC (S. DE MALLORCA): CAUSAS Y CONSECUENCIAS*.
- Jupp, D. L. (2017). *An operational semi-automated technique for extracting the intertidal extent from satellite imagery*. Remote Sensing of Environment.
- Meybeck, M. (1982). *Carbon, nitrogen, and phosphorus transport by world rivers*. American Journal of Science.
- Milliman, J. D. (1992). *Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers*. The Journal of Geology .
- Minambiente. (2018). *Resolución 1263 de 2018*.
- Mincultura. (1993). *Ley 70 de 1993 - Ley de Comunidades Negras*.
- MinTrabajo. (2023). *FICHA TECNICA TRABAJO INFANTIL DEPARTAMENTO DE VALLE DEL CAUCA*.
- Niu, X. G. (2020). *Monitoring coastal erosion with multi-temporal SAR images: a case study of the Huanghua coast, China*. Journal of Coastal Research.
- Pública, F. (2011). *Ley 1454 de 2011- Por la cual se dictan normas orgánicas sobre ordenamiento territorial y se modifican otras disposiciones “Esquemas asociativos territoriales”*.
- Raghda Saad, J. A. (2015). *Detection of the Shoreline Changes Using DSAS Technique and Remote*. Journal of Oceanography and Marine.
- Rudolph, S. H. (2013). *A high-resolution map of the night sky's brightness*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.
- Syvitski, J. P. (2005). *istributary channels and their impact on sediment dispersal*. Marine Geology.
- TodaColombia. (2019). *Clima Departamento del Valle del Cauca*. Valle del Cauca.

Torres, V. E. (2022). *Ley 2243 de 2022: “Por medio de la cual se protegen los ecosistemas de manglar y se dictan otras disposiciones”*.

USGS. (2021). *About USGS*.

Xu, Q. Z. (2020). *Rapid assessment of coastal change in a heavily anthropogenically impacted area using multi-temporal remote sensing data: A case study of the north shore of Hangzhou Bay, China*. Remote Sensing.



Universidad[®]
Católica
de Manizales

1952/2014 REINTEGRACIÓN

Acreditación de
Alta Calidad
en el camino de la excelencia

Res. 00340 - 07 de 2019 - Vig. 4 años



Universidad[®]
Católica
de Manizales

955284 MINECUCIÓN

Acreditación de
Alta Calidad
en el camino de la excelencia

Res. 03363 - 07 de 2010 - Vig. 4 años



Universidad[®]
Católica
de Manizales

VIGILADA MINECUCIÓN

*Obra de Iglesia
de la Congregación*



Hermanas de la Caridad
Dominicas de La Presentación
de la Santísima Virgen

Universidad Católica de Manizales
Carrera 23 # 60-63 Av. Santander / Manizales - Colombia
PBX (6)8 93 30 50 - www.ucm.edu.co



Universidad[®]
Católica
de Manizales

1952/2014 REINTEGRACIÓN

Acreditación de
Alta Calidad
en el camino de la excelencia

Res. 00340 - 07 de 2009 - Vig. 4 años