

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. ÁREA DE ESTUDIO.....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Selección de estaciones objeto de estudio.....	16
3.1.1. Km 27 (10° 59' 37" N - 74° 33' 34" W).....	16
3.1.2. Caño Grande (10° 51' 90" N – 74° 29' 10" W).....	16
3.1.3. Sevillano (10° 56' 44" N – 74° 17' 32" W).....	18
3.1.4. Los Muertos (10° 50' 45" N – 74° 35' 18" W)	18
3.1.5. Cuatro Bocas (11° 0' 36" N – 73° 39' 48" W)	19
3.2. Geoposicionamiento y delimitación de estaciones	20
3.3. Delimitación de transectos y parcelas de medición	20
3.4. Perfil microtopográfico.....	21
3.5. Variables fisicoquímicas	22
3.5.1. En agua.....	22
3.5.2. En suelo.....	22
3.5.2.1. Granulometría.....	23
3.5.2.2. Nutrientes	23
3.5.2.3. Humedad y materia orgánica.....	23
3.6. Variables biológicas relacionadas con la regeneración artificial.....	24
3.6.1. Maraje de plantas.....	24
3.6.2. Densidad de siembra.....	24
3.6.3. Crecimiento.....	24
3.6.4. Supervivencia.....	24
3.7. Anotaciones sobre las variables biológicas relacionadas con la regeneración natural... 24	
3.8. Análisis estadístico de la información.....	25
4. RESULTADOS	26
4.1. Perfil microtopográfico.....	26

4.2.	Variables fisicoquímicas en agua.....	28
4.2.1.	Nivel del agua.....	28
4.2.2.	Salinidad del agua superficial.....	31
4.2.3.	Salinidad del agua intersticial (50 cm).....	32
4.2.4.	Temperatura en agua superficial.....	36
4.2.5.	Temperatura en agua intersticial.....	37
4.3.	Variables fisicoquímicas en suelo.....	41
4.3.1.	Granulometría de los sedimentos.....	41
4.3.2.	Nutrientes.....	42
4.3.2.1.	Nitrógeno en forma de amonio (NH_4^+).....	42
4.3.2.2.	Fosfato (PO_4^{3-}).....	44
4.3.3.	Humedad.....	46
4.3.4.	Materia orgánica.....	48
4.4.	Variables biológicas relacionadas con la regeneración artificial.....	50
4.4.1.	Densidad y distribución de siembra.....	50
4.4.2.	Sobrevivencia.....	52
4.4.3.	Crecimiento.....	55
4.4.3.1.	En altura.....	55
4.4.3.2.	En diámetro.....	56
4.5.	Correlaciones.....	62
4.6.	Anotaciones sobre las variables biológicas relacionadas con la regeneración natural...65	
4.6.1.	Densidad.....	65
4.6.2.	Sobrevivencia.....	65
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	67
5.1.	Consideraciones sobre la regeneración artificial (reforestación) de manglar.....	67
5.2.	Densidad y distribución de siembra.....	68
5.3.	Sobrevivencia.....	69
5.4.	Crecimiento.....	73
5.5.	Consideraciones sobre la regeneración natural.....	76
5.6.	Cuatro Bocas, un caso especial.....	76
6.	CONCLUSIONES.....	77
7.	RECOMENDACIONES.....	79

BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXOS	86

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del área de la Ciénaga Grande de Santa Marta donde se ubican las estaciones de estudio (Modificado de Villamil, 2000)	14
Figura 2. Estación Km 27	17
Figura 3. Estación Caño Grande.....	17
Figura 4. Estación Sevillano.....	18
Figura 5. Estación Los Muertos	19
Figura 6. Estación Cuatro Bocas	20
Figura 7. Transecto y parcelas de medición en cada una de las estaciones.	21
Figura 8. Perfil microtopográfico en la estación Km 27.	26
Figura 9. Perfil microtopográfico en la estación Caño Grande.	27
Figura 10. Perfil microtopográfico en la estación Sevillano.....	27
Figura 11. Perfil microtopográfico en la estación Los Muertos.....	28
Figura 12. Nivel promedio del agua (+EE) en cuatro áreas reforestadas con manglar estudiadas durante el periodo entre julio de 2001 a enero de 2002.	29
Figura 13. Nivel del agua (cm) a lo largo del transecto realizado en cada una de las estaciones durante el periodo de estudio.	30
Figura 14 Valor promedio (+EE) de la salinidad del agua superficial en cuatro estaciones durante el periodo de estudio.....	31
Figura 15. Salinidad del agua superficial a lo largo del transecto las estaciones durante el estudio (en enero de 2002 solo se midió en la estación Caño Grande por ser la única con agua superficial).	33
Figura 16. Valor promedio (+EE) de la salinidad del agua intersticial en cuatro estaciones durante el periodo de estudio.	34
Figura 17. Salinidad del agua intersticial a lo largo del transecto realizado en cada una de las estaciones durante el estudio.....	35

Figura 18. Valor promedio (+EE) de la temperatura del agua superficial en las estaciones durante el periodo de estudio. (en enero de 2002 solo se midió en la estación Caño Grande por ser la única con agua superficial).....	36
Figura 19. Temperatura del agua superficial en el transecto de cada una de las estaciones durante el estudio.....	38
Figura 20. Valor promedio (+EE) de la temperatura del agua intersticial en cuatro estaciones durante el periodo de estudio.	39
Figura 21. Temperatura del agua intersticial en el transecto realizado en cada una de las estaciones.....	40
Figura 22. Concentración promedio de amonio (mg g^{-1}) en sedimento seco (+EE) de cada estación en las mediciones en los meses de noviembre de 2001 y enero de 2002.....	42
Figura 23. Concentración de Amonio ($\mu\text{g g}^{-1}$ sedimento seco) a lo largo del transecto realizado en cada una de las estaciones.....	43
Figura 24. Concentración promedio de fosfato (mg g^{-1}) en el sedimento(+EE) de cada estación durante la medición en los meses de noviembre de 2001 y enero de 2002.....	44
Figura 25. Concentración de Fosfato (mg g^{-1} sedimento seco) a lo largo del transecto realizado en cada una de las estaciones durante las mediciones de noviembre de 2001 y enero de 2002.....	45
Figura 26. Promedio del porcentaje de humedad (+EE) en cada una de las estaciones durante el estudio.....	46
Figura 27. Porcentaje de humedad del suelo a lo largo del transecto realizado en cada una de las estaciones durante el estudio.....	47
Figura 28. Promedio del porcentaje de materia orgánica del suelo(+EE) en cada una de las estaciones durante el estudio.....	48
Figura 29. Porcentaje de materia orgánica del suelo a lo largo del transecto realizado en cada una de las estaciones durante el estudio.....	49
Figura 30. Porcentaje de sobrevivencia de las dos especies en las estaciones al final del estudio.	52
Figura 31. Distribución espacial de las densidades de las especies de manglar sembradas (inicial) y de las sobrevivientes (final) sobre el transecto realizado en cada una de las estaciones.	54

Figura 32. Tasa de crecimiento en altura de las plantas de las dos especies de manglar en las estaciones (El dato presentado en la estación Los Muertos para <i>L. racemosa</i> no tiene validez estadística).....	55
Figura 33. Altura promedio (+EE) de las plantas de manglar en cada una de las estaciones durante el estudio (El dato presentado en la estación Los Muertos para <i>L. racemosa</i> no tiene validez estadística).....	57
Figura 34. Tasa de crecimiento en diámetro de las plantas de las dos especies de manglar en cada una de las estaciones (El dato presentado en la estación Los Muertos para <i>L. racemosa</i> no tiene validez estadística).	58
Figura 35. Diámetro promedio (+EE) de las plantas de manglar en cada una de las estaciones durante el estudio (El dato presentado en la estación Los Muertos para <i>L. racemosa</i> no tiene validez estadística).....	59
Figura 36 Regresión lineal entre el diámetro y la altura de plantas de <i>R. mangle</i> en las 4 estaciones de estudio.	61
Figura 37. Regresión entre el diámetro y la altura de plantas de <i>L. racemosa</i> en 2 estaciones de estudio.....	62
Figura 38. Valores de precipitación encontrados en 2 zonas de la CGSM (estaciones meteorológicas del IDEAM).....	70

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 .Granulometría de los sedimentos (%) de manglar en 4 estaciones de muestreo de la CGSM (modificado de Dewis y Freitas, 1984).....	42
Tabla 2. Densidad y porcentaje de siembra de las especies utilizadas en cada una de las estaciones de estudio.....	50
Tabla 3. Densidad ($\text{Ind}\cdot\text{m}^{-2}$) de siembra de las plantas de <i>R. mangle</i> y <i>L.raemosa</i> , distribuidas en las parcelas de estudio en cada una de las cuatro estaciones.	51
Tabla 4. Ecuaciones de regresiones lineales entre el diámetro y la altura de las plantas de manglar en cada una de las estaciones.....	60
Tabla 5. Correlación de Pearson ($P<0,05$) entre variables fisicoquímicas y biológicas en la estación Km 27.....	63
Tabla 6 . Correlación de Pearson ($P<0,05$) entre variables fisicoquímicas y biológicas en la estación Caño Grande.	63
Tabla 7. Correlación de Pearson ($P<0,05$) entre variables fisicoquímicas y biológicas en la estación Sevillano.	64
Tabla 8. Correlación de Pearson ($P<0,05$) entre variables fisicoquímicas y biológicas en la estación Los Muertos.....	64
Tabla 9. Densidad y porcentaje de las especies encontradas como regeneración natural en cada una de las estaciones de estudio.	65
Tabla 10. Valores de sobrevivencia estimados en diferentes proyectos de reforestación en Colombia y en otras partes del mundo.....	72
Tabla 11. Tabla comparativa de la tasa de crecimiento ($\text{cm} - \text{mes}^{-1}$) en altura de las diferentes especies de manglar en otros proyectos de reforestación en Colombia y el mundo.	73
Tabla 12. Concentración de NH_4^+ Y PO_4^{3-} en el sedimento comparada con otros estudios anteriores en la Ciénaga Grande de Santa Marta y en otros trabajos sobre manglares.	75

RESUMEN

La Ecoregión Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) es el complejo estuarino lagunar más grande de Colombia y uno de los más importantes de la cuenca caribeña. Presenta gran deterioro de sus bosques de manglar por efectos de la acción directa e indirecta del hombre. Con el fin de reforestar, entre 1999 y el 2000 el "Proyecto de Conservación y Desarrollo de los Manglares en Colombia" hizo siembras de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa* en 69 hectáreas de la zona. Entre julio de 2001 y febrero de 2002 el presente estudio evaluó las condiciones biológicas (crecimiento y mortalidad) y fisicoquímicas (salinidad, temperatura, nivel del agua, materia orgánica y humedad) con el fin de establecer el grado de desarrollo del manglar sembrado.

Se encontró que en dos zonas (Km 27 y Caño Grande) las plantas de *R. mangle* presentaron una tasa de crecimiento considerable que osciló entre los 3,7 y 5,3 cm mes⁻¹, tal vez debido a las óptimas condiciones medioambientales de salinidad y de presencia hídrica la mayor parte del año, lo que se ve también reflejado en los altos porcentajes de sobrevivencia (97% - 100).

A su vez, dentro del monitoreo para *R. mangle* se observaron valores de sobrevivencia menores en las estaciones Sevillano y Los Muertos (70 y 60 % respectivamente) con un crecimiento más bajo que estuvo entre 2,1 y 2,9 cm mes⁻¹. *L. racemosa* murió en un alto porcentaje en Los Muertos (91,7 %), básicamente por los descensos drásticos en el nivel del agua y los posteriores incrementos de la salinidad y se mantuvo en su totalidad en Sevillano, gracias a haber sido sembrada en zonas con buena disponibilidad de agua. Existen razones para creer que los sitios en donde el terreno es adecuado con canales de entrada de agua el desarrollo del manglar va a ser mejor y más viable, como también el que se debe estimular la siembra de especies pioneras como *L. racemosa* al borde de dichos canales.

ABSTRACT

The Great Bog of Santa Marta (CGSM) is the estuarine complex to lagunar greater of Colombia and one of most important of the Caribbean river basin. presents/displays great deterioration of his forests of manglar by effects of the direct and indirect action of the man. With the purpose of reforesting, between 1999 and the 2000; The Project of Conservation and Development of the Manglares in Colombia; it made sowings of individuals of *Rhizophora mangle* and *Lagunaularia racemosa* in 69 hectares of the bog. Between July of the 2001 and February of the 2002 the present study it evaluated the biological conditions (growth and mortality) and fisicoquímicas (salinity, temperature, level of the water) with the purpose of establishing the degree of development of mangrove cultivated field.

Finding that in two zones (25 km and Great Sewer) the plants of *R. mangle* present/display a rate of considerable growth that month oscillates between the 3,7 and 5,3 cm, perhaps due to the optimal environmental conditions of salinity and hydric presence most of the year, which is also seen reflected in the high percentage of sobrevivencia (97 -100%).

Reasons exist to also think that the sites in where the land is adapted with channels of water entrance the development of manglar are going to be better and more viable, like stimulating seedtime of pioneering species like *racemosa* L. on the brink of madness these channels.

1. INTRODUCCIÓN

Considerado por su proporción y riqueza biológica como uno de los sistemas importantes de la cuenca caribeña, la Ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) no es sólo el complejo lagunar más grande del país, sino también el más productivo (Manera y Vidd, 1994).

En la zona duvid del sistema lagunar de agua salobre crecían hasta hace unos cuarenta años extensos manglares que cubrían una superficie superior a los 51000 ha. (González, 1991). Originalmente, el ecosistema proporcionaba hábitat y alimento a numerosas especies de peces, reptiles y mamíferos y tenía particular relevancia como lugar de estadía para aves nativas y migratorias (Sánchez-Páez, 1988). La riqueza piscícola hizo del sistema de lagunas el centro pesquero más importante de Colombia, y aproximadamente 25000 familias viven en la actividad de la pesca en aldeas ribereñas y lacustres (CORPAMAG-BID, 1993). El manglar en la zona presentó un avanzado estado de deterioro, ocasionado principalmente por las condiciones de hipersalinización de los suelos (Sánchez-Páez, 1988), producto de la perturbación en el intercambio de agua. Múltiples factores alteraron el balance hídrico, tales como, la construcción de la carretera Barranquilla-Ciénaga (1955-1956), que bloqueó el flujo normal de agua entre los manglares situados a ambos lados de la vía y cerró las entradas de agua marina; el taponamiento de canales por la construcción del carretable Palermo-Sitio Nuevo a lo largo de la orilla oriental del río Magdalena; el alzamiento de diques y terraplenes para evitar el desbordamiento de dicho río e impedir la entrada de agua dulce al sistema; además las altas descargas de materia orgánica de los ríos provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta y la disminución del caudal de los mismos por la captación de agua para distritos de riego (Roldán, 1992; Botero y Manera - Pineda, 1996; Sánchez-Páez, 1988). Siendo el año de 1993, el punto máximo de pérdida de cobertura del bosque de manglar, en el cual sólo existía un 51% de manglar vivo (Villamil, 2000).

La Ciénaga Grande de Santa Marta es un claro ejemplo del mal manejo dado a los ecosistemas de manglar y representa un punto de partida para la adaptación de planes que lleven a una recuperación de los bosques.

A raíz de la problemática global, evidente en la ciénaga, en la que el deterioro del bosque de manglar significa la pérdida de bases vitales para los animales que viven y se desarrollan en él y por ende afectando la población humana dependiente de la riqueza acuícola, se desarrolló un proyecto de rehabilitación, planeado y ejecutado en un lapso de 12 años, por parte de instituciones nacionales e internacionales como el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), la Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG), el CORPES (Caribe), el INVEMAR, el INPA, el BID y la agencia de apoyo demana (GTZ) entre otros. El Proyecto de Rehabilitación comprendía dos fases: la primera abarcaba la reapertura de los canales de interconexión entre el río Magdalena y la Ciénaga Grande a partir del año 1993 hasta 1996, cuyo objetivo principal fue restablecer en la medida de lo posible las condiciones originales del sistema de lagunas; y la segunda elabora el monitoreo de la calidad del agua, la regeneración de los bosques de manglar y la producción pesquera por parte del MMA a través del INVEMAR y CORPAMAG (INVEMAR, 2002).

Existió también dentro del programa de rehabilitación, un plan de reforestación con dos especies de manglar (*Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*, en zonas degradadas de la CGSM, llevado a cabo por el MMA y la Asociación Colombiana de Reforestadores (ACOFOR) con colaboración de la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) durante los años 1998 y 2000 dentro del marco del "Proyecto Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y El Desarrollo de los Manglares de Colombia" (Sánchez Pérez *et al*, 2000). El presente estudio tuvo como fin evaluar y hacer el seguimiento a este plan de siembra realizado en conjunto con la comunidad, caracterizándolo y complementando la información sobre los aspectos relacionados con el desarrollo del bosque de manglar en las zonas de estudio, tales como variables físicoquímicas (salinidad, temperatura, nivel, microtopografía, nutrientes y materia orgánica) y biológicas (densidad de siembra, sobrevivencia y crecimiento), esperando continuar con el proceso de mejoramiento del bosque, aportando ideas y parámetros válidos para futuras reforestaciones.

El trabajo de grado, requisito para la culminación de la carrera de Biología Marina en la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, aquí explícito, estuvo incluido en el proyecto marco sobre el "Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros en la CGSM (Fase II Año 2001)" desarrollado por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, INVEMAR. El cual, en el informe del año 2000 expresa la necesidad de continuar los estudios experimentales sobre los mecanismos de control e interacción entre las comunidades vegetales, con especial énfasis en el bosque de manglar de la CGSM, lo que permitirá evaluar a corto plazo la exactitud de las cifras reportadas sobre el área actual cubierta por manglar y sus futuras acciones en búsqueda de la recuperación.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El sistema estuarino lagunar conocido como Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) está ubicado al occidente del departamento del Magdalena (costa Caribe colombiana) y localizado entre los 10° 35' y 11° 01' N y los 74° 06' y 74° 44' W (Botero y Mancera -Pineda, 1996, Perdomo *et al*, 1999) (Figura 1). Por el oriente y el sur-oriente el complejo delta-lagunar limita con el piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM). Por el norte, es separada del Mar Caribe por la isla de Salamanca, la cual sólo permite la comunicación de la ciénaga con el mar por medio de la Boca de la Barra al nor-oriente. El plano inundable del río Magdalena es el límite occidental y sur-occidental (PROCIÉNAGA, 1995).

Según Botero y Salzwedel (1999) la CGSM de acuerdo a la clasificación de Thom (1982) puede ser denominada como un sistema de dominio estuarino, árido, de influencia mareal restringida, con cambio del nivel del agua según las estaciones a lo largo del año y con manglar de borde y cuenca.

El régimen hidrológico es dominado por la alternancia de inundaciones causada por las aguas del río Magdalena y afluentes del complejo en época de lluvias y la subsiguiente desecación de grandes áreas durante la época seca. Existen condiciones climáticas áridas, de temperaturas promedio de 27-28°C, con amplitudes diarias de 8-9 °C, teniendo de 6 a 7 meses secos (entre diciembre-abril y julio-agosto) y escasas precipitaciones anuales (mayo-junio y septiembre-noviembre) entre 400 y 800 mm, así como evapotranspiración potencial de 1900 mm (Wiedemann, 1973; Hernández-Camacho *et al*, 1978; Ensminger, 1997). El rango mareal (medido en la Boca de la Barra) es relativamente pequeño (+/- 30 cm). Los cambios en el nivel de agua de lagunas y caños son debidos a los flujos del río Magdalena, a la entrada de agua marina por la Boca de la Barra y al aporte hecho por los ríos provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta y la precipitación (Roldán, 1992).

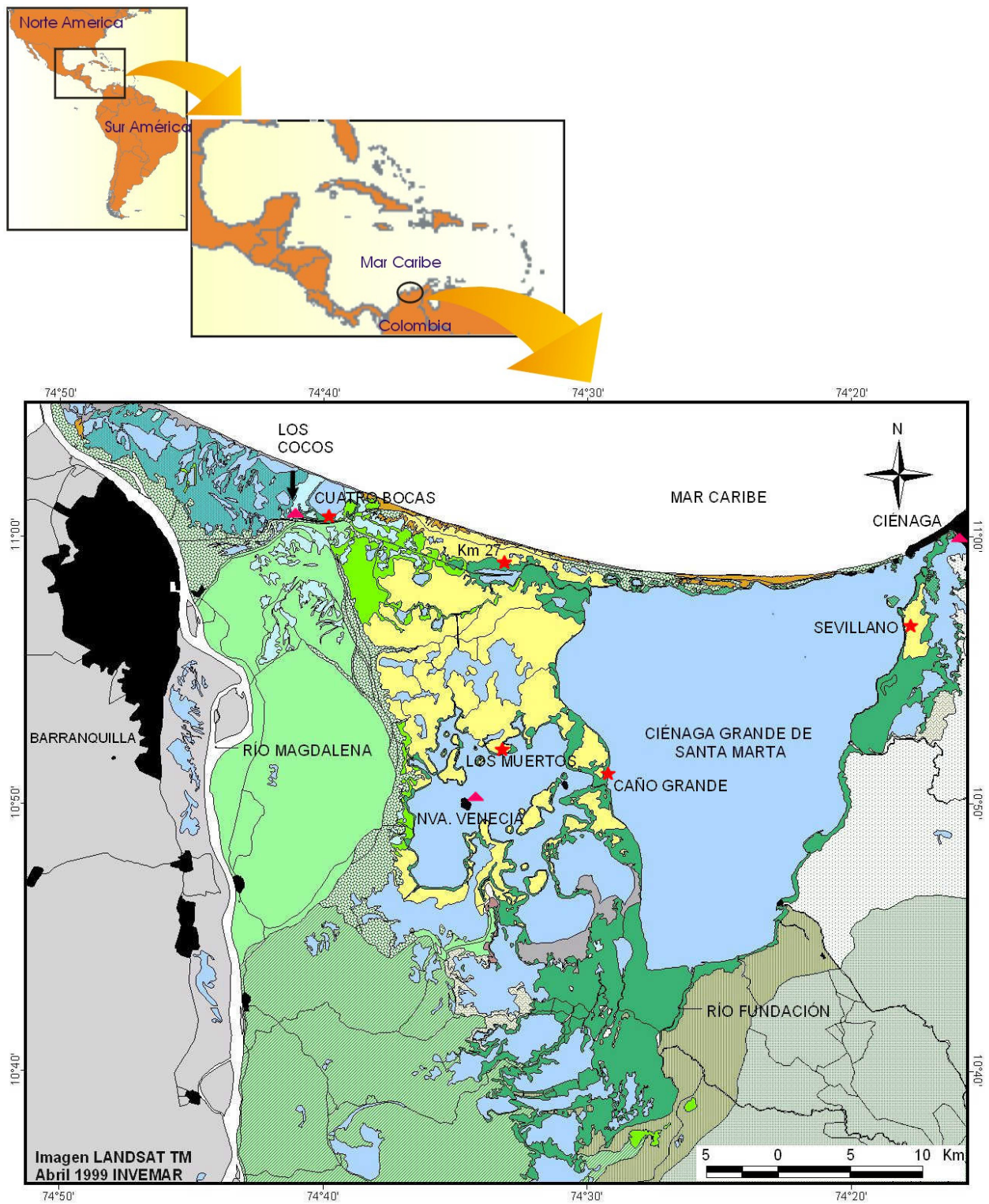


Figura 1. Mapa del área de la Ciénaga Grande de Santa Marta en el contexto americano y colombiano, donde se ubican las estaciones de estudio (Modificado de Villamil, 2000)

Los vientos Alisios provenientes del nor-este dominan durante todo el año y se acentúan en fuerza e intensidad entre los meses de diciembre a marzo (Botero y Mancera - Pineda, 1996). Antes de la reapertura de los caños, los rangos de salinidad mostraban tres zonas diferenciadas: una franja limnética en su parte más occidental, un estuario con características negativas (salinidades superiores a las del mar) en su parte central y en el área de la Ciénaga Grande un estuario positivo (salinidades inferiores a las del mar) (PROCIÉNAGA, 1995). Después de la ejecución de los planes para el restablecimiento hidrológico, los rangos de salinidad son fluctuantes a lo largo de toda el complejo lagunar sin una estratificación definida (Rivera *et al*, 2001).

Debido a razones logísticas como el tiempo en el que se realizó el presente estudio sobre regeneración artificial y el transporte dentro de la misma CGSM y tratando de abarcar un amplio espectro a lo largo del complejo lagunar, se establecieron por parte de los asesores y el investigador cinco zonas de estudio de las posibles ocho, que fueron objeto de siembra de plantas de manglar dentro del plan de reforestación realizado entre los años 1998 y 2000.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Selección de estaciones objeto de estudio

Siguiendo criterios logísticos y de localización, como de distribución de las estaciones a lo largo de toda la Ciénaga, se procedió a escoger los puntos para muestreo de las plantas de manglar, dentro de las facilidades dadas por el programa de monitoreo ambiental de la CGSM llevado a cabo por el INVEMAR durante los años 2001 y 2002. Los sitios escogidos fueron el Km 27, Caño Grande, Sevillano, Los Muertos, y Cuatro Bocas.

3.1.1. Km 27 (10° 59' 37" N - 74° 33' 34" W)

La estación está ubicada en la Isla De Salamanca entre los kilómetros 26 y 27 de la carretera Barranquilla (Atlántico) – Ciénaga (Magdalena) hacia su costado norte, se encuentra separada del mar por una estribación o barra de arena. En la zona se observaron gran cantidad de árboles muertos en pie sobre el suelo, en su mayoría de *Avicennia germinans*. Árboles vivos de la misma especie crecen en franjas, bordeando la plantación y la separan de la carretera. Como flora acompañante existen senderos y parches de halófitas como *Sessuvium portulacastrum*, *Batis maritima* y el pasto *Sporobolus virginicus* (Figura 2).

3.1.2. Caño Grande (10° 51' 90" N – 74° 29' 10" W)

Caño Grande se ubica aproximadamente a quinientos metros de distancia al norte del caño con el mismo nombre, tiene como particularidad un bosque dedaño a la siembra con gran regeneración natural, en el cual se hallan plántulas y plantas juveniles de *A. germinans*, *L. racemosa* y *R. mangle*, con predominio en cobertura de la primera especie. Allí se construyeron canales de comunicación entre el cuerpo principal de agua y la plantación con el fin de irrigar las zonas de siembra, que se suman a los flujos naturales de la zona (Figura 3).



Figura 2. Estación Km 27



Figura 3. Estación Caño Grande

3.1.3. Sevillano (10° 56' 44" N – 74° 17' 32" W)

Sevillano se encuentra ubicada hacia la parte nor-oriental del cuerpo principal de agua de la Ciénaga Grande, al sur de la población de Ciénaga y al norte de la desembocadura del río Sevilla en la misma ciénaga (Figura 4). Esta zona se encuentra devastada por la deforestación realizada por pobladores de la región y por las consecuencias del aumento de salinidad en la ciénaga de Sevillano, lo que ocasionó una alta mortalidad de árboles, principalmente de *A. germinans*, especie que, junto con *L. racemosa*, constituye la poca regeneración natural del sitio y la cual se ubica en las franjas adyacentes a los canales comunicantes construidos por los mangleros y que van desde el cuerpo de agua principal hacia la Ciénaga de Sevillano con el fin de mantener el flujo de agua.



Figura 4. Estación Sevillano

3.1.4. Los Muertos (10° 50' 45" N – 74° 35' 18" W)

La zona de Los Muertos se localiza contiguamente y al sur de las ciénagas de Cherle y la Ahuyama, en el complejo lagunar de Pajard y a la cual se llega por el costado nor-occidental de la población palafítica de Nueva Venedia. La estación está bordeada por un bosque frondoso de

R. mangle y *A. germinans*, producto de procesos naturales (Figura 5). Estas especies crecen influenciadas por las aguas provenientes de un pequeño canal natural que no ejerce ninguna presencia en el sitio directo de plantación. A lo largo de la estación existió un tapete de algas cianofíceas y de árboles de manglar muertos en pie, la mayoría en proceso de descomposición.



Figura 5. Estación Los Muertos

3.1.5. Cuatro Bocas (11° 0' 36" N – 73° 39' 48" W)

El área de Cuatro Bocas se extiende al borde de laiénaga con el mismo nombre, hacia el costado nor-occidental de la Ciénaga Grande y al norte de la carretera B/quilla-Ciénaga. Recibe incidencia directa de agua de mar y es punto de confluencia con el caño Clarín (comunicado directamente con el río Magdalena) a la altura del Km 13 de la carretera. Fue sembrada con plantas de *R. mangle* y *L. racemosa*. La diénaga sirve como vía de paso de pescadores de la región y faráneos hacia el mar y el caño Clarín. Presenta una profundidad aproximada de 1,8 m (Figura 6).



Figura 6. Estación Cuatro Bocas

3.2. Geoposicionamiento y delimitación de estaciones

A pesar de existir el trabajo previo de siembra de plantas en las estaciones a muestrear los valores de las coordenadas no estaban referenciados, por eso se procedió a definir la ubicación geográfica, la cual se realizó por medio de un sistema de posicionamiento global (GPS) a través del equipo Garmin 45, en el cual se grababan las coordenadas para posteriores muestreos.

3.3. Delimitación de transectos y parcelas de medición

Se trazó un transecto por estación de estudio, perpendicular al cuerpo de agua y a lo largo del terreno, de manera que lo atravesara de un extremo al otro, tratando de abarcar desde el punto de borde (más próximo al agua) hasta la parte final de la zona de siembra. La longitud del transecto en cada estación fue diferente porque dependió de la densidad de siembra en cada una de ellas. El transecto se subdividió en parcelas de 25m² (5m x 5m), dispuestas en zig-zag, las cuales estaban distanciadas la una de la otra por 10m (Figura 7). En el Km 27 se realizaron 6 parcelas; en Caño Grande 12; en Sevillano 10 y en Los Muertos 7. En cada parcela se determinaron parámetros biológicos, fisicoquímicos y del agua y del suelo. Aunque los transectos no tuvieron la misma longitud, para efectos prácticos en la comparación de los

estaciones entre sí, en este documento se graficaron todos los ejes de distancia de los transectos (m) hasta los 150 m, punto máximo de longitud de la estación Caño Grande.

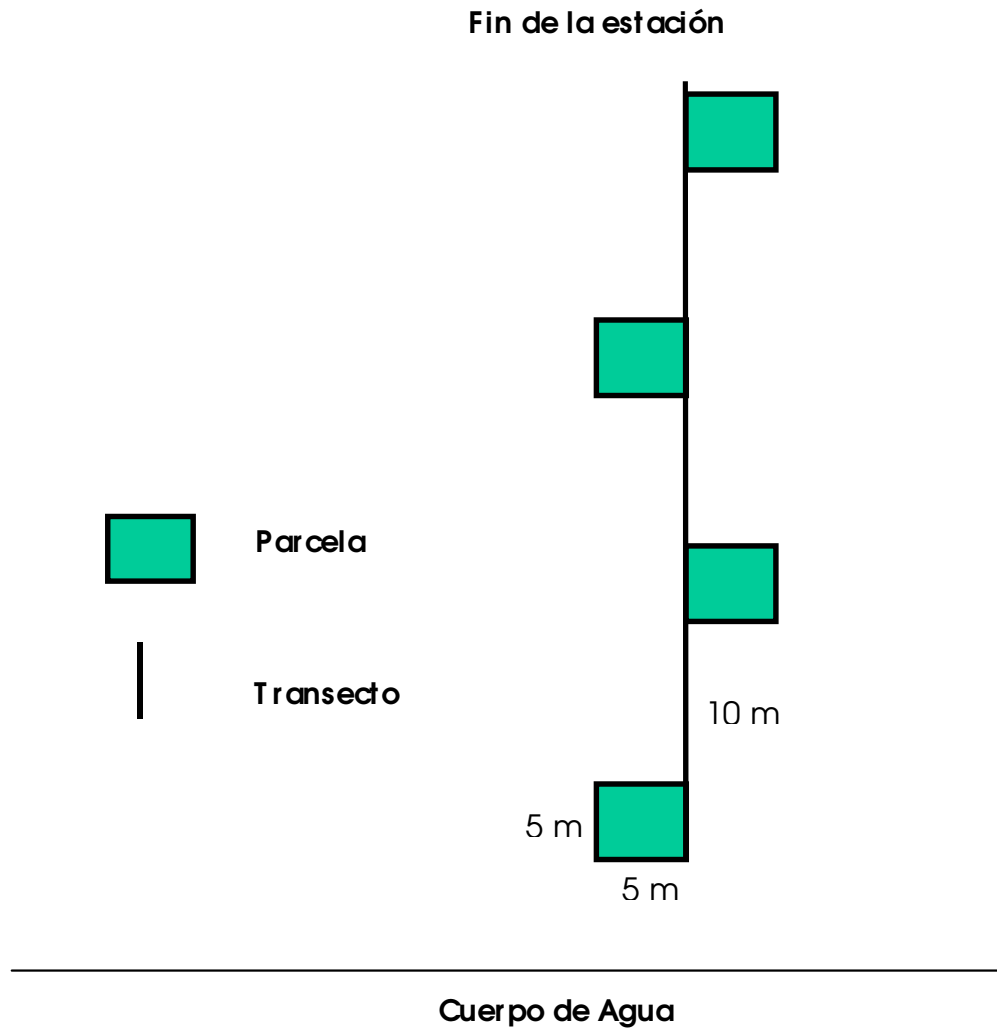


Figura 7. Transecto y parcelas de medición en cada una de las estaciones.

3.4. Perfil microtopográfico

Una vez durante todo el estudio, en cada estación se seleccionó un sitio cercano a la orilla, se ubicó un punto de referencia o dátum, el cual se materializó con un tubo de aluminio de tres

pulgadas de diámetro por un metro de longitud que se introdujo en el sedimento. Este punto de referencia es la base para iniciar la medición de los perfiles microtopográficos.

Se utilizó un nivel CST Berger SX 32 para determinar las diferencias de altura del terreno cada 5 m aproximadamente; para la orientación del AZIMUT se usó una brújula Suunto (McCormac, 1991).

Los perfiles se realizaron sobre el transecto trazado en cada estación. Esta metodología consiste en la determinación de la altura del terreno con relación a un dátum (punto permanente de elevación conocida). Las diferencias en elevación entre diferentes puntos son calculadas según este punto de referencia y reportadas en centímetros (McCormac, 1991).

Debido a que la longitud de las estaciones es diferente en cada una de ellas, se hizo necesario trazar los transectos de topografía con una distancia única de 150 m (mayor longitud de una estación en este estudio) para establecer comparaciones de la sinuosidad del terreno entre ellas.

3.5. Variables fisicoquímicas

3.5.1. En agua

En cada una de las parcelas de 25m², se tomaron valores bimensuales (con una réplica para cada una) de salinidad y temperatura (conductímetro YSI 30) superficial e intersticial (50 cm) y nivel de agua, el cual se midió desde el suelo hasta la superficie del agua, expresando los valores como positivos.

En las épocas secas, el nivel freático se buscó realizando una perforación en el suelo, donde se reportó el punto de encuentro con el agua como negativo. Gráficamente se mostraron las distribuciones de los valores de cada una de las variables a lo largo de los transectos realizados en las estaciones.

3.5.2. En suelo

Se extrajeron muestras de suelo por medio de un corazonador en PVC de acción vertical a una profundidad de 15 cm para determinación de características granulométricas (una vez al inicio del estudio), extracción de nutrientes, como Amonio y Fosfato (una vez en cada época

dimétrica, lluviosa 2001 y seca 2002), cuantificación de humedad y materia orgánica (cada dos meses desde el inicio hasta el final del muestreo).

3.5.2.1. Granulometría

Según la metodología de Dewis y Freitas (1984) modificada para este estudio, se tomó una porción de 100 g de muestra de suelo, la cual se secó en el horno a 105 °C y a la que se le añadió una solución dispersante basada en Hexametáfosfato de Sodio (6,2 mg/L). Posteriormente se utilizó una columna de tamices con tamaños de poro de 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125 y 0,063 mm en su orden para la respectiva composición y proporción granulométrica. La presentación de resultados se hizo por medio de una tabla de porcentajes en la que se expresaron las proporciones de arenas, limos y arcillas en los sedimentos de una zona determinada, siguiendo el criterio de tamaño de la partícula que va desde arenas muy gruesas (>2 mm) hasta arcillas (<0,002mm).

3.5.2.2. Nutrientes

Nitrógeno en forma de amonio (NH_4^+) y Fósforo como fosfatos (PO_4^{3-}) disponibles

La extracción se hizo según la metodología empleada por Grasshoff (1976) en la que el amonio disponible se determinó según el principio que consiste en la formación de un color azul de indofenol producido por el fenol y el hipodarito en presencia de NH_4^+ y NH_3 . El color se evaluó llevando la muestra al espectrofotómetro en una longitud de onda de 630 nm. El límite de detección de este método es de 0.05 µM/L en celdas de 10 cm. El color azul de indofenol es influenciado por la salinidad, lo cual debe ser compensado por la aplicación del factor de salinidad. A su vez los PO_4^{3-} disponibles en las muestras de suelo se basan en la reacción del ión con la acidificación del reactivo de Molibdato de amonio que produce el complejo fosfomolibdato, el cual forma un compuesto de color azul. Las absorbancias de la muestra y la solución estándar se leyeron a 885 nm en celdas de 5 ó 10 cm.

3.5.2.3. Humedad y materia orgánica

Una porción pesada de muestra del suelo extraído en cada una de las parcelas se llevó al horno a una temperatura de 105 °C durante 24 horas para luego establecer el peso seco y así definir el porcentaje de humedad a partir de la diferencia de pesos (Dewis y Freitas, 1984). Así mismo,

una parte de suelo seca se llevó a la mufla a una temperatura de 500 °C por un tiempo de 2 horas para la definición de la cantidad de materia orgánica, tomando en cuenta la relación entre los pesos.

3.6. Variables biológicas relacionadas con la regeneración artificial

3.6.1. Marcaje de plantas

En las parcelas demarcadas (área de 25m²) se procedió al marcaje de las plantas de manglar sembradas en ella. Se diferenció cada especie de manglar utilizando cinta ROTEX previamente impresa con el número asignado a la planta y se adhirió a ella por medio de dambre fino.

3.6.2. Densidad de siembra

A partir de los conteos de plantas sembradas dentro de cada una de las parcelas se extrapoló y se estimó la densidad por m² y por hectárea en cada una de las estaciones.

3.6.3. Crecimiento

Bimensualmente se midió la altura y el diámetro basal del tallo de cada planta; la primera desde la base hasta el último nudo y el segundo tomado en un punto a una distancia de 5 cm. arriba de las raíces (en *R. mangle* a partir de la última fúlcra). Los instrumentos utilizados fueron reglas métricas y calibradores pie de rey.

3.6.4. Supervivencia

Se evaluó a partir del número de plantas marcadas en el inicio del experimento que sobrevivieron a lo largo del mismo.

3.7. Anotaciones sobre las variables biológicas relacionadas con la regeneración natural

A las plantas que existían en las parcelas a lo largo de los transectos provenientes de una regeneración natural se les hizo inicialmente un marcaje igual al utilizado en las plantas sembradas. Hubo una estimación de densidad y luego bimensualmente un seguimiento de crecimiento y supervivencia.

3.8. Análisis estadístico de la información

Las variables fisicoquímicas como salinidad, temperatura y nivel en agua; nutrientes, humedad y materia orgánica en suelo se analizaron por medio de análisis de varianza (ANOVA) con el fin de establecer diferencias entre estaciones a través del tiempo y el espacio.

ANCOVAS de una vía (pruebas de COVARIANZA) se emplearon en los datos de sobrevivencia y crecimiento en altura y diámetro de las plantas de las especies sembradas en las estaciones, relacionándolas a su vez entre ellas. La covariable fue el factor tiempo.

Se utilizaron análisis de regresión lineal para los cálculos de la tasa de crecimiento diaria (b) en altura y diámetro y los cuales se extrapolaron a nivel mensual. También se establecieron regresiones lineales para las relaciones de crecimiento entre el diámetro y la altura de las especies en cada una de las estaciones.

Para relacionar la incidencia o la influencia de las variables fisicoquímicas sobre las biológicas se hicieron correlaciones de Pearson (utilizadas para distribuciones normales) entre ellas.

Todos los anteriores análisis se hicieron por medio del Programa Statgraphics Plus, versión 4.0.

4. RESULTADOS

A continuación se describirán los resultados de las mediciones de las variables fisicoquímicas y biológicas en las zonas de estudio, exceptuando la estación Cuatro Bocas, donde fue técnicamente imposible hacer el estudio sobre la regeneración artificial del manglar debido a que algunas personas arrancaron la totalidad de plantas sembradas por la comunidad de manglares del Caño Clarín.

4.1. Perfil microtopográfico

Km 27

El terreno presenta una serie de levantamientos menores con un máximo de 10 cm en los primeros 50 m (Figura 8), en los cuales el suelo es consolidado y se halla cubierto por halófitas como *B. marítima* y *S. portulacastrum*. A partir de los 50 m, el perfil muestra un declive de no más de 15 cm de profundidad. El aul se sostiene hasta una laguna salina creada por el estancamiento de agua proveniente de los box culvert que atraviesan la carretera y por una pequeña entrada de agua marina. La estación se caracteriza por la presencia de una capa de suelo dura y consolidada (cementada) de unos 20 cm de profundidad.

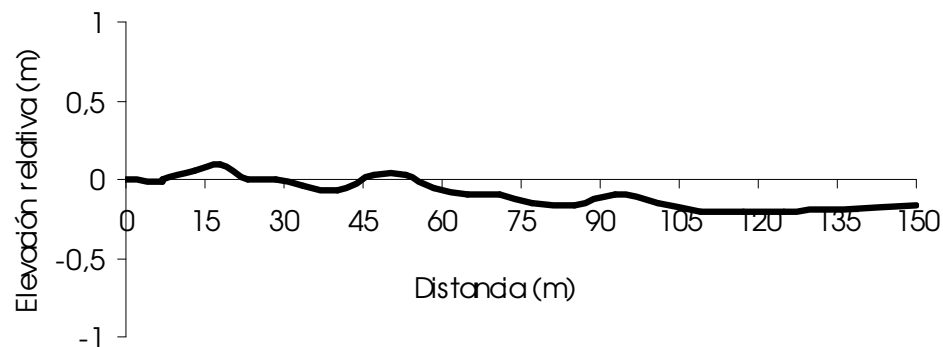


Figura 8. Perfil microtopográfico en la estación Km 27.

Caño Grande

Desde el inicio hasta el final de la siembra se observó una tendencia al desnivel con una profundidad entre 10 y 20 cm en la capa de suelo (Figura 9). Allí se apreció la influencia de un

caño que vierte agua al interior de la estación, como también una gran cantidad de madera muerta caída y en pie en proceso de descomposición, que contribuye a la consolidación del terreno. Es nula la presencia de halófitas observadas en las otras estaciones.

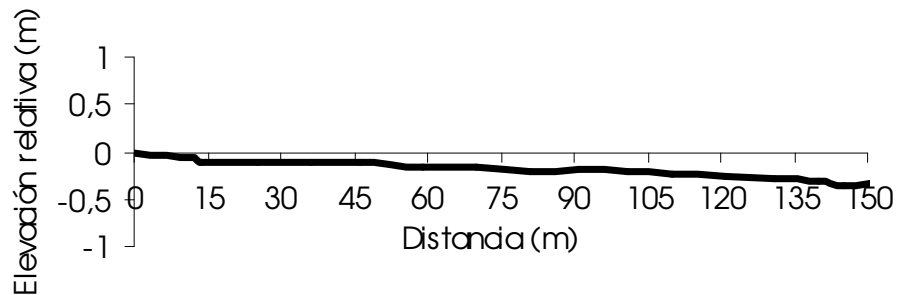


Figura 9. Perfil microtopográfico en la estación Caño Grande.

Sevillano

El perfil microtopográfico en Sevillano presenta dos áreas, una de elevación del terreno con una altura máxima de 10 cm hasta los 60 m del recorrido y otra de depresión con una profundidad máxima de 15 cm que se proyecta hasta el final del transecto (Figura 10). Este sitio es adyacente al borde de un microcañal construido por los mangleros antes de la plantación. El área de elevación se caracteriza por tener suelos firmes donde se encuentran las especies halófitas *B. maritima*, *S. portulacastrum* y *Eleocharis mutata*, mientras que en el área de depresión no se observó el desarrollo de estas especies.

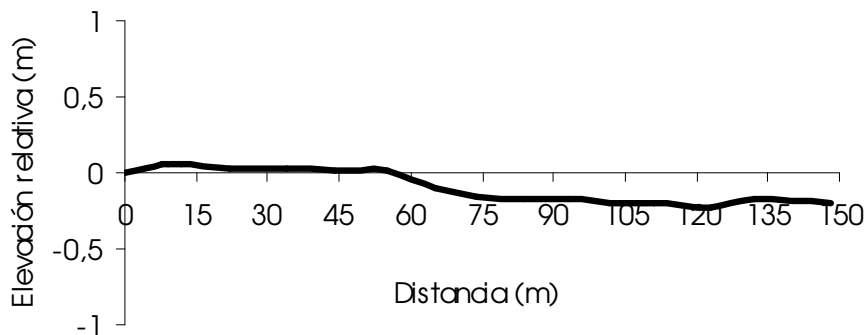


Figura 10. Perfil microtopográfico en la estación Sevillano.

Los Muertos

En la zona de Los Muertos el terreno es muy sinuoso con un perfil heterogéneo donde se presentan elevaciones máximas de 5 cm y depresiones de 10 cm en los primeros 70 m de longitud del transecto (Figura 11). A partir de este punto se notó un dedive constante de 20 cm hasta el final del trazado. En época de lluvias se observó un tapete de algas diatomeas en proceso de descomposición esparcido sobre el sustrato.

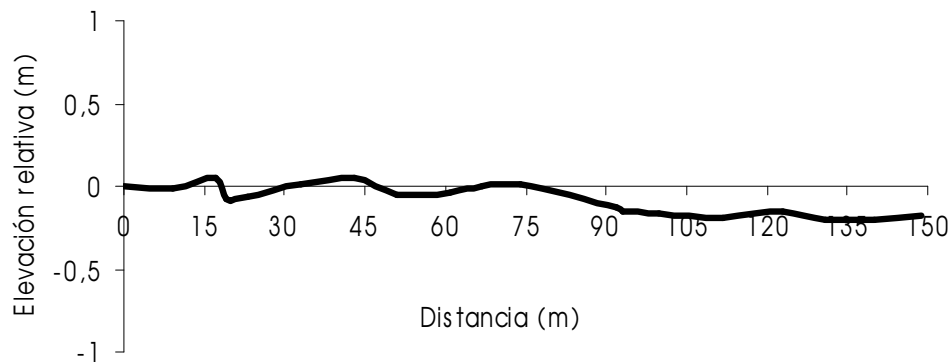


Figura 11. Perfil microtopográfico en la estación Los Muertos.

4.2. Variables fisicoquímicas en agua

4.2.1. Nivel del agua

Los valores de nivel de agua presentaron diferencias significativas entre las estaciones ($p < 0,05$, Anexo 1), y entre los meses de estudio ($P < 0,05$, Anexo 2). Así, para los meses de julio, septiembre y noviembre del año 2001 se midió con base en la inundación creando valores positivos y en el mes de enero de 2002 se tomó en cuenta el nivel freático, el cual generó datos negativos para las estaciones del Km 27, Sevillano y Los Muertos (Figura 12). La estación Caño Grande fue la única que estuvo inundada durante la totalidad del muestreo y la que presentó el valor promedio más alto en el nivel (31 cm en septiembre de 2001), mientras que en Los Muertos se encontró el máximo promedio de nivel freático (-12,2 cm en enero de 2002).

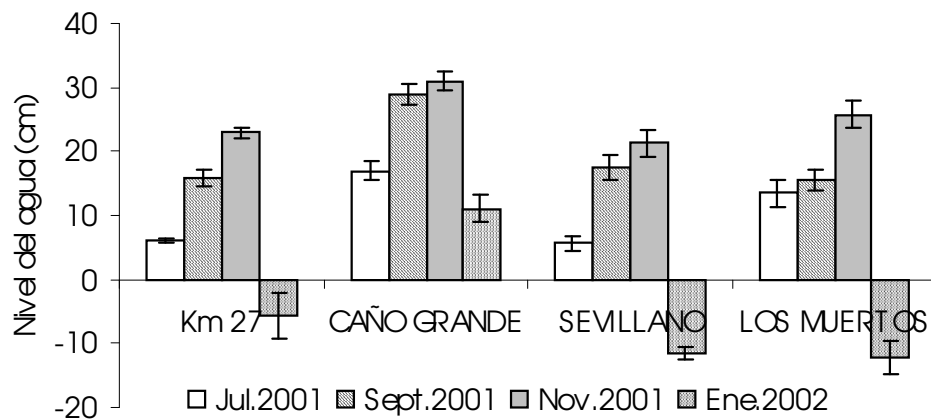


Figura 12. Nivel promedio del agua (+ EE) en cuatro áreas reforestadas con manglar estudiadas durante el periodo entre julio de 2001 a enero de 2002.

Km 27

Los valores máximos de inundación de la estación se presentaron en el mes de noviembre (época lluviosa) de 2001 en un intervalo comprendido entre los 20 y 26 cm (Figura 13). Mientras que, el rango más bajo de valores observado en esta estación fue en el mes de enero del 2002, donde la falta de lluvias llevó el nivel freático hasta un máximo de -10 cm.

Caño Grande

El mes de enero de 2002 fue el que presentó el menor nivel de agua, con un mínimo de 1 cm y un máximo de 20 cm a lo largo del transecto. En los registros de septiembre y noviembre de 2001 se encontró el valor máximo para el estudio (37 cm). La figura 13 muestra la tendencia a la elevación del nivel de agua formando una laguna al final del transecto.

Sevillano

Esta zona presentó inundación durante la mayor parte del periodo de estudio, específicamente desde julio de 2001 hasta noviembre del mismo año (Figura 13). Posteriormente en enero del siguiente año la sequía originó una disminución drástica del nivel de agua, llegando a valores máximos en el nivel freático que oscilaron entre un mínimo -5 cm y un máximo de -16 cm.

Los Muertos

Los niveles de inundación se presentaron en el periodo comprendido entre julio y noviembre de 2001, los cuales oscilaron entre 8 y 35 cm. Tal como lo muestra la Figura 13, la estación Los

Muertos presenta profundidades variables en el nivel freático durante enero de 2002 (época seca), observando un valor mínimo de -5 cm y uno máximo de -20 cm.

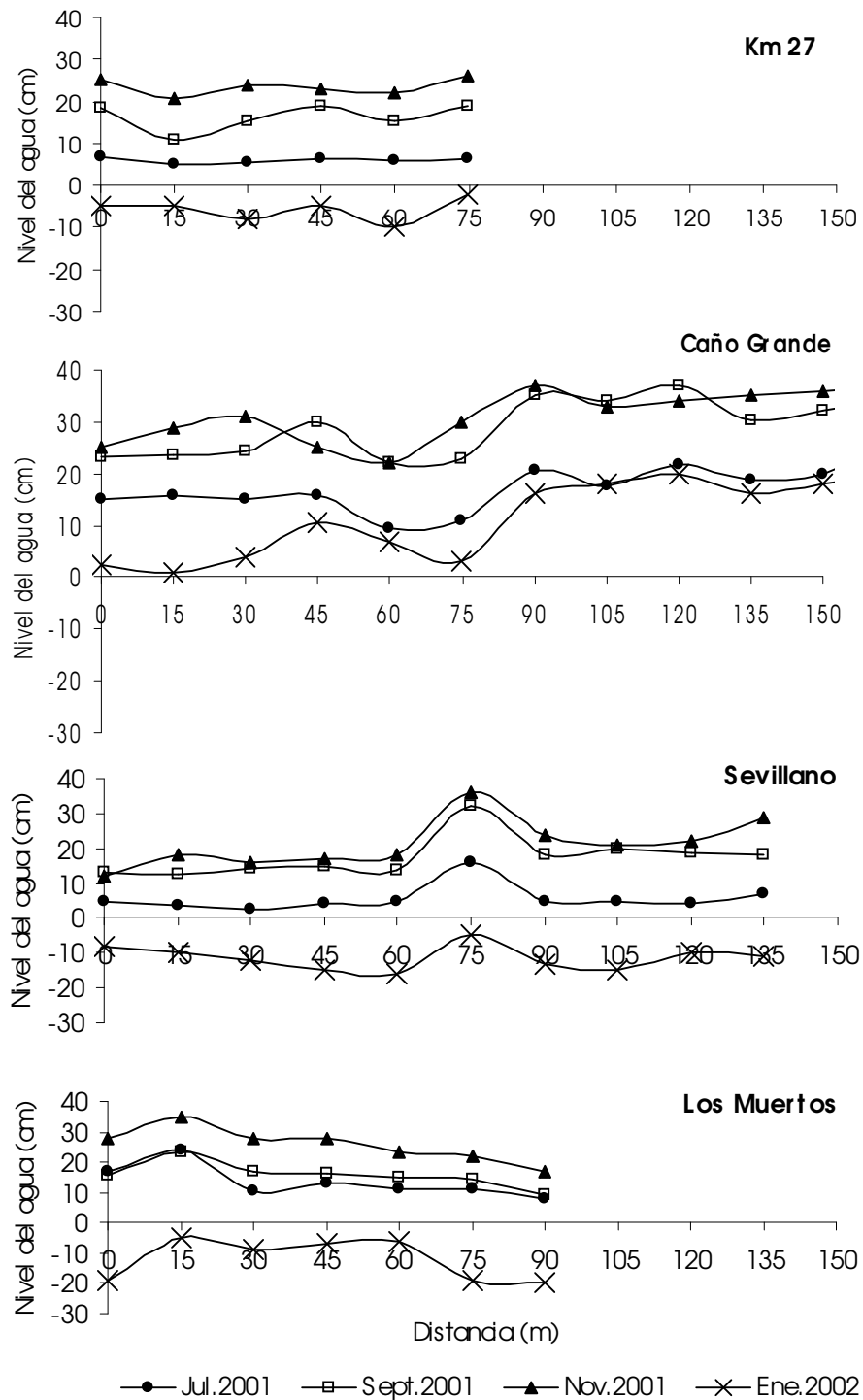


Figura 13. Nivel del agua (cm) a lo largo del transecto realizado en cada una de las estaciones durante el periodo de estudio.

4.2.2. Salinidad del agua superficial

Durante el periodo de estudio la salinidad superficial tuvo diferencias significativas entre estaciones ($P < 0,05$, Anexo 3) y entre los tiempos de medición ($P < 0,05$, Anexo 4). El Km 27 y Los Muertos fueron las estaciones con mayor promedio en la salinidad del agua superficial, 41,5 y 40,6 respectivamente, valores medidos en julio de 2001 (Figura 14). Los puntos mínimos promedio de la salinidad superficial para las cuatro estaciones se observaron en el mes de noviembre del año 2001, siendo 13,5 en el Km 27; 12,7 en la estación Caño Grande; 24,3 en Los Muertos y 8,2 en Sevillano. En enero del 2002 (época seca) la única estación con nivel de agua suficiente para poder medir la salinidad superficial fue la de Caño Grande, con un valor de 17,7.

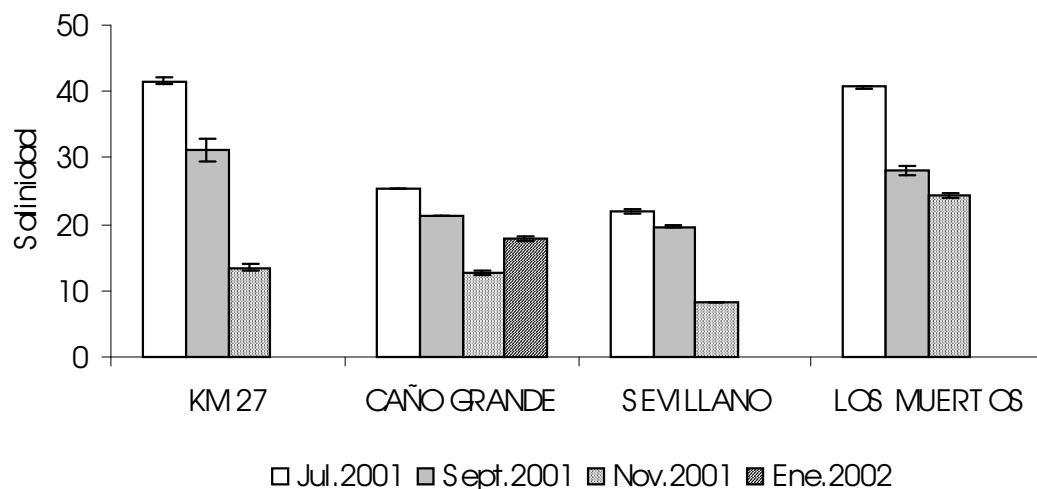


Figura 14 Valor promedio (+ EE) de la salinidad del agua superficial en cuatro estaciones durante el periodo de estudio

Km 27

En julio de 2001 se presentó el mayor rango en la salinidad del agua superficial, con un valor mínimo de 40 y uno máximo de 43 (Figura 15). La medición de noviembre arrojó los mínimos valores para el estudio, que estuvieron en un rango entre 11,8 y 14,3 a lo largo del transecto, en el cual a medida que se avanzó no presenta mayores diferencias.

Caño Grande

Esta estación tuvo los reportes más bajos de salinidad superficial durante el periodo de estudio, los cuales fueron en noviembre de 2001 y se ubicaron en un intervalo entre 8,6 y 14,2 a lo largo de la línea de medición (Figura 15). El valor más alto para la estación se encontró en julio de 2001 y estuvo entre 24,8 y 25,8 ocasionando una muy baja variación a medida que se avanzaba hacia el final de la estación.

Sevillano

Los mayores valores estuvieron entre 20,2 y 23, los cuales fueron en el mes de julio de 2001 (Figura 15). En el mes de noviembre de 2001 se encontraron los valores más bajos de salinidad superficial con relación a las otras estaciones.

Los Muertos

En Los Muertos, durante el mes de julio de 2001 se encontraron los valores más altos de salinidad superficial para el estudio, los cuales oscilaron entre 39 y 41,4 (Figura 15). Las pocas lluvias existentes en ese año alcanzaron a influir en la disminución de los valores hasta un rango que fue desde 23,5 hasta 26,3 en noviembre del mismo año.

4.2.3. Salinidad del agua intersticial (50 cm)

El promedio de la salinidad del agua intersticial durante el mes de julio del año 2001 fue mayor en las estaciones Km 27 y Los Muertos, con valores de 42,3 y 41,2 respectivamente, lo que indicó diferencias significativas entre estaciones ($p < 0,05$, Anexo 5) y entre meses de muestreo ($p < 0,05$, Anexo 6) (Figura 16). Posteriormente en noviembre del mismo año se evidenció una reducción de los valores hasta llegar a 20,3 y 27,8 en Km 27 y Los Muertos respectivamente y a 12,9 y 11 en Caño Grande y Sevillano. Estación, que al igual que la de Los Muertos, incrementó considerablemente la salinidad a un punto cercano a los 46 en enero del año siguiente (mayor dato promedio reportado en todo el estudio para la variable salinidad).

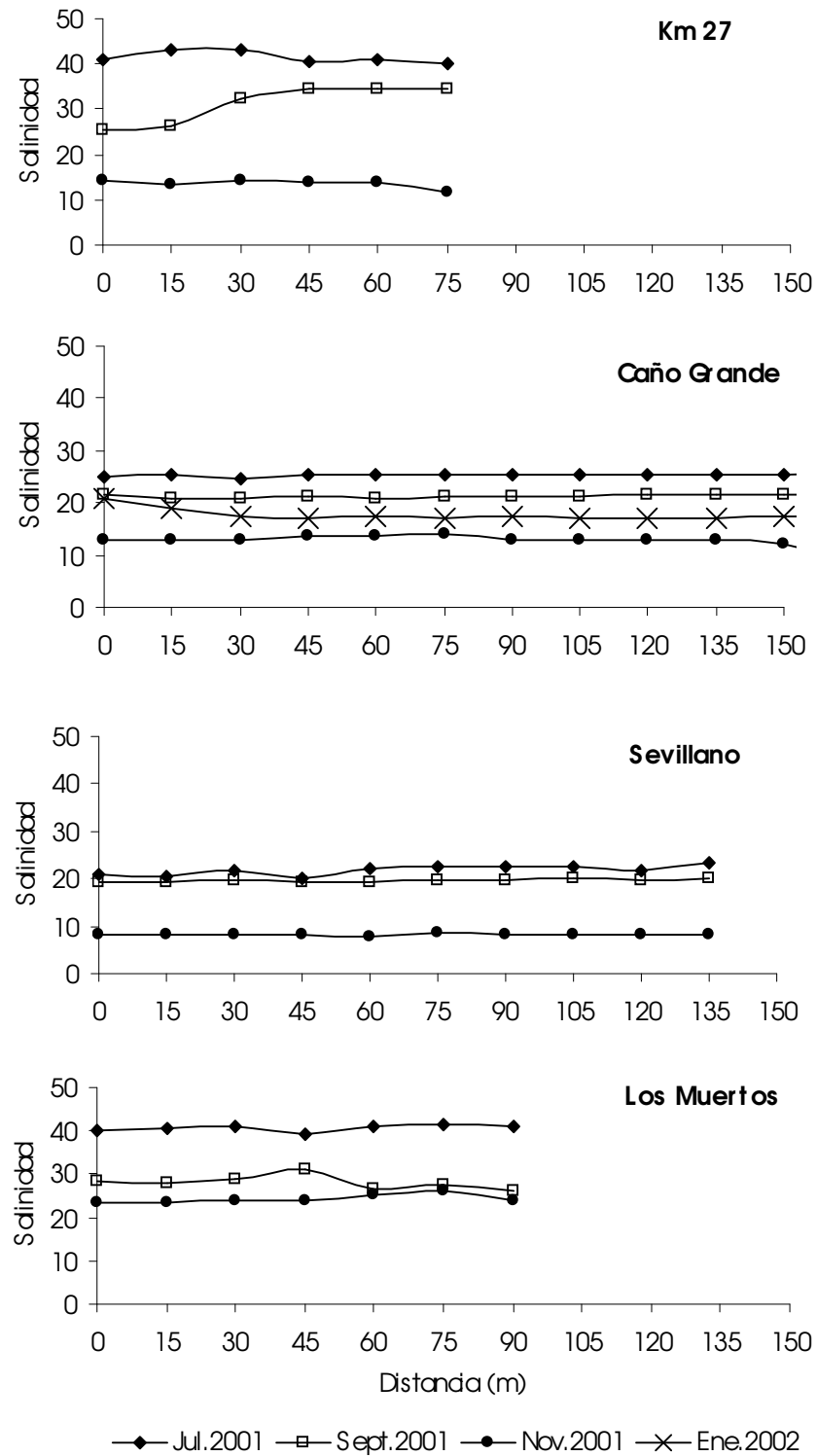


Figura 15. Salinidad del agua superficial a lo largo del transecto las estaciones durante el estudio (en enero de 2002 solo se midió en la estación Caño Grande por ser la única con agua superficial).

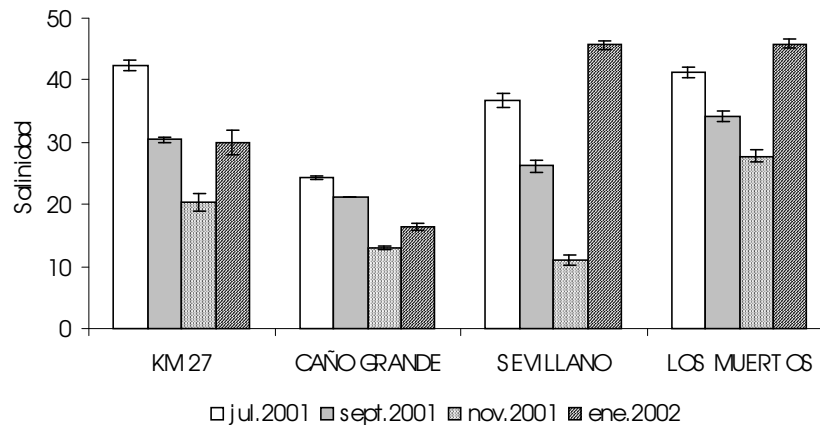


Figura 16. Valor promedio (+ EE) de la salinidad del agua intersticial en cuatro estaciones durante el periodo de estudio.

Km 27

Los máximos valores puntuales de la variable se encontraron en el mes de julio del año 2001, estuvieron entre un mínimo de 39,9 y un máximo de 45,7 (Figura 17). El rango visto en noviembre fue el de menor salinidad intersticial (17 – 25,3) en la estación.

Caño Grande

En el transecto realizado en esta zona se hallaron los valores de salinidad intersticial más bajos del estudio. Entre julio y septiembre del 2001 los datos fueron muy parecidos y oscilaron desde 22,2 hasta 26,2 en el primer mes y desde 20,8 hasta 21,7 en el segundo (Figura 17). Diferente a lo anterior, los resultados vistos en noviembre son más bajos, teniendo un mínimo de 10,8 y un máximo de 14,3.

Sevillano

La estación de Sevillano fue la que presentó los rangos de variación más grandes en los valores de salinidad intersticial entre los meses de medición (Figura 17). Noviembre del 2001 fue el mes en que se encontraron los menores reportes para todo el estudio, posiblemente las lluvias en este mes ocasionaron una gran disminución en el rango (8,2 – 16,7). Los valores se incrementaron considerablemente en enero de 2002 (40,1 - 48,5).

Los Muertos

La medición hecha a lo largo del transecto en noviembre presentó los gradientes más variables y los datos más bajos para la estación, la salinidad mínima fue de 24,2 y la máxima de 30,5 (Figura 17). A su vez, dos meses después, en enero del 2002 se presentó el valor máximo medido en un punto del transecto para el estudio en las cuatro estaciones, el cual fue de 48,5, partiendo de un mínimo de 43,6.

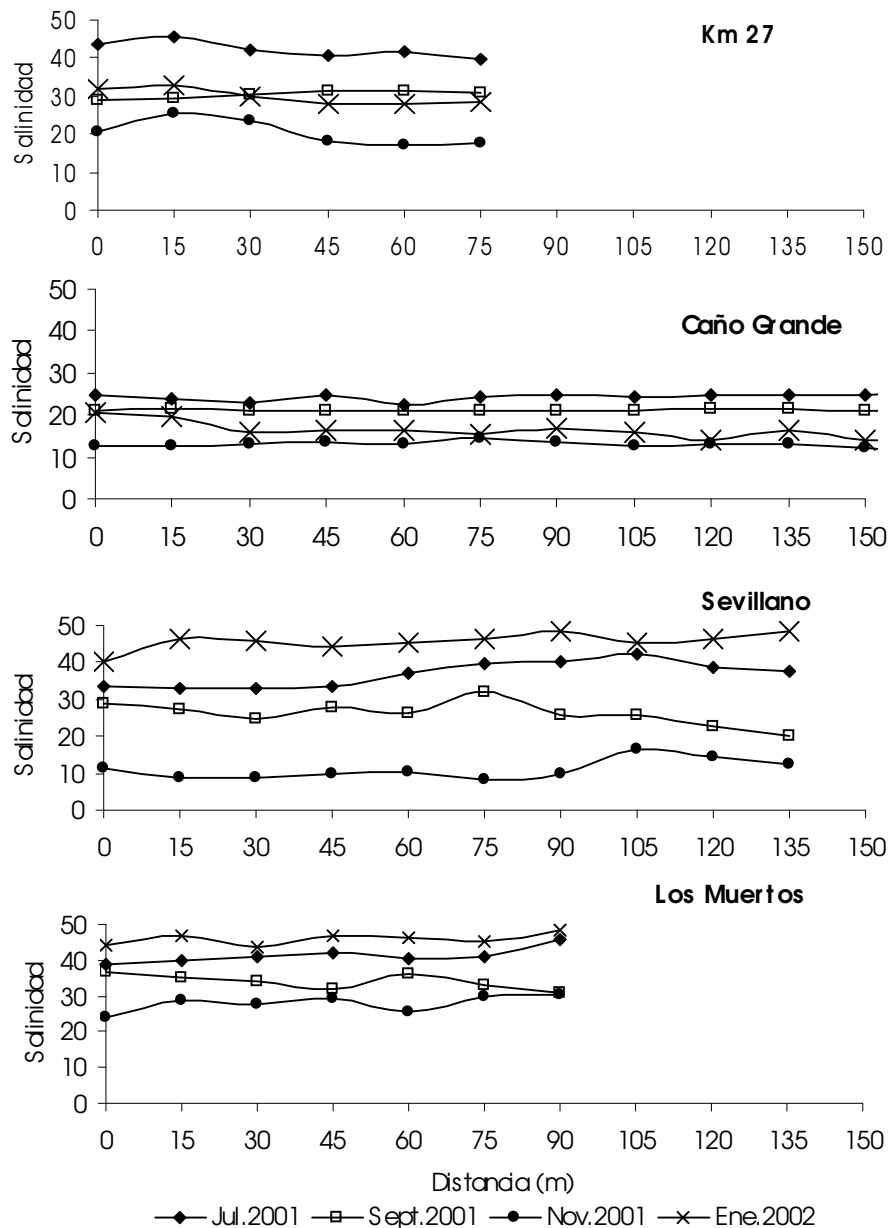


Figura 17. Salinidad del agua intersticial a lo largo del transecto realizado en cada una de las estaciones durante el estudio.

4.2.4. Temperatura en agua superficial

La temperatura promedio del agua superficial no presentó diferencias significativas entre estaciones ($p > 0,05$, Anexo 7) y si lo hizo entre meses de estudio ($p < 0,05$, Anexo 8). El rango de datos estuvo entre 31 y 39 °C (Figura 18), encontrando en noviembre del año 2001 un dato promedio mínimo de 31,3 °C y uno máximo de 38.8 °C en julio del mismo año, los dos valores extremos se vieron en la estación Caño Grande. También ésta, fue la única zona con nivel suficiente de agua que hizo viable la medición en enero del año 2002, donde se halló un valor promedio de 34,9 °C.

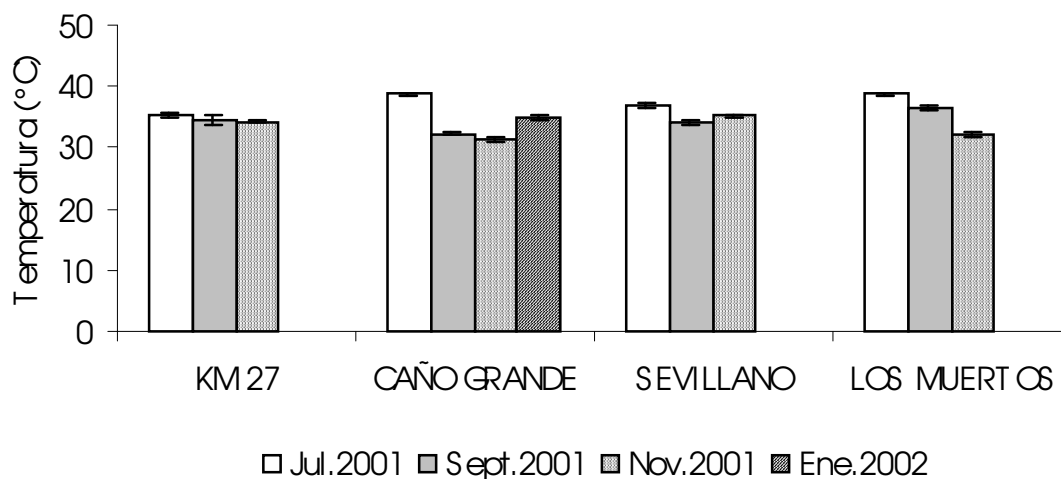


Figura 18. Valor promedio (+ EE) de la temperatura del agua superficial en las estaciones durante el periodo de estudio. (en enero de 2002 solo se midió en la estación Caño Grande por ser la única con agua superficial)

Km 27

En el muestreo del mes de septiembre del año 2001 se observaron los mayores valores, ubicados en un rango entre 32,7 y 36,9 °C (Figura 19). El promedio de los menores datos se presentó en noviembre, con un intervalo entre 33,7 y 35,1 °C.

Caño Grande

En el mes de julio del año 2001 se observaron un un mínimo de 37,2 °C y un máximo de 40,2 °C (mayor dato puntual medido en el estudio) (Figura 19). En la medición de noviembre de 2001 se encontraron valores más bajos respecto a los meses anteriores, donde el promedio fue de 31,3 °C y la menor temperatura de 29,3 °C, que a su vez fue la más baja en todo el estudio. En enero de 2002 se encontró un mínimo de 32,7 °C y un máximo de 37,9 °C.

Sevillano

En la estación Sevillano, los mayores valores se vieron en julio del año 2001, donde el mínimo de la temperatura del agua superficial fue 35 °C y el máximo 38,4 °C (Figura 19) y los menores en septiembre, mes que tuvo un rango entre 31 y 36 °C.

Los Muertos

El día de medición del mes de julio del año 2001 tuvo un promedio de temperatura de agua superficial elevado en comparación con el de las estaciones Sevillano y Los Muertos, en el rango el dato mínimo fue de 37,6 °C y el máximo de 39,4 °C (Figura 19). Posteriormente, en noviembre del mismo año se detectó un descenso del promedio llegando a un intervalo entre 30 y 33 °C.

4.2.5. Temperatura en agua intersticial

No existieron diferencias estadísticamente significativas entre los valores en las estaciones ($p > 0,05$, Anexo 9). El rango en el que se encontraron los promedios de temperatura del agua intersticial estuvo entre 29 y 36 °C (Figura 20). Se halló un mínimo para el estudio de 29,5 °C en Los Muertos durante el mes de enero de 2002 y un máximo de 35,9 °C en Caño Grande, medido en el mes de julio de 2001. Hay evidencia de la presencia de diferencias significativas entre los valores durante los meses de estudio ($p < 0,05$,

Anexo 10).

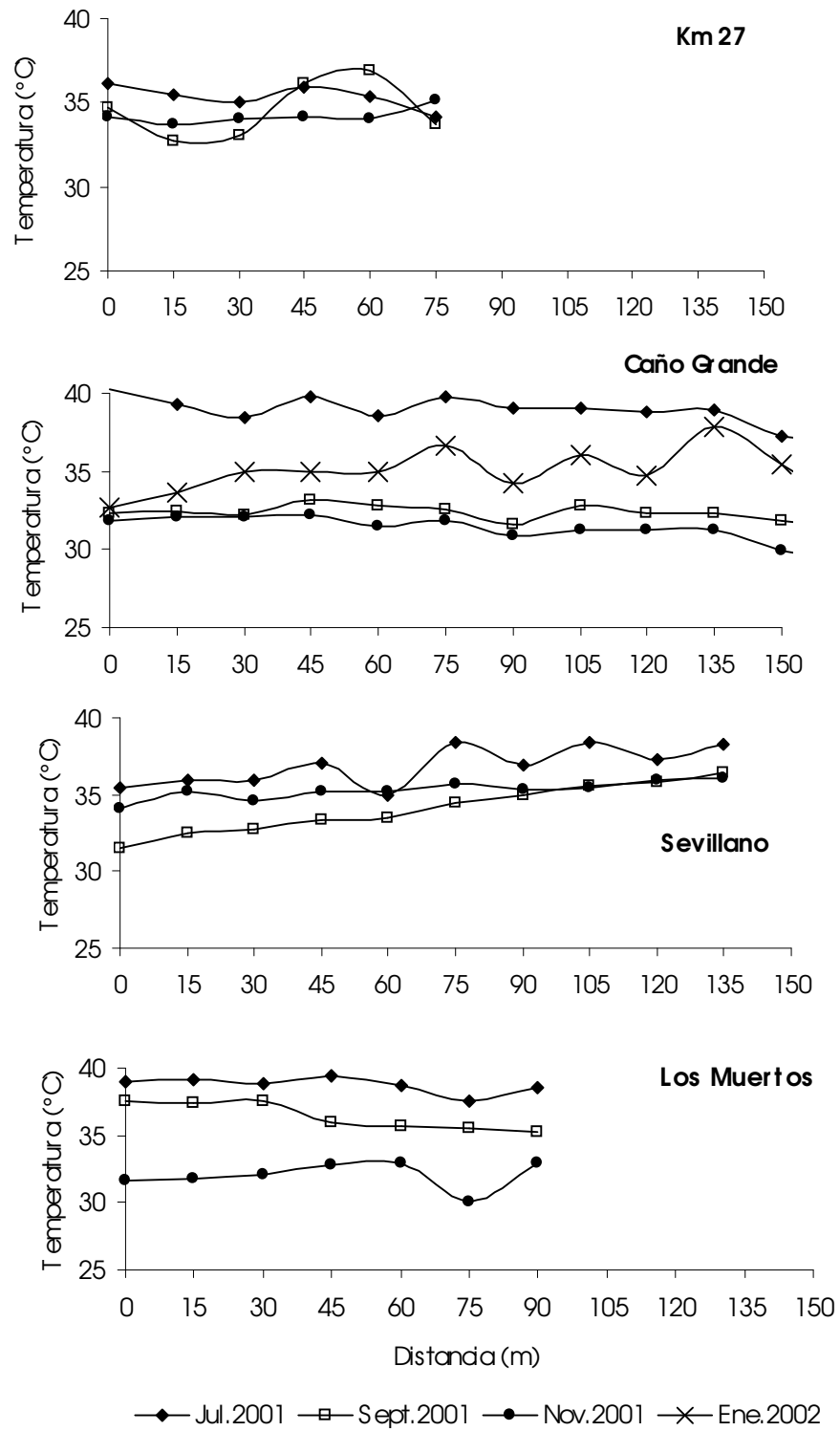


Figura 19. Temperatura del agua superficial en el transecto de cada una de las estaciones durante el estudio.

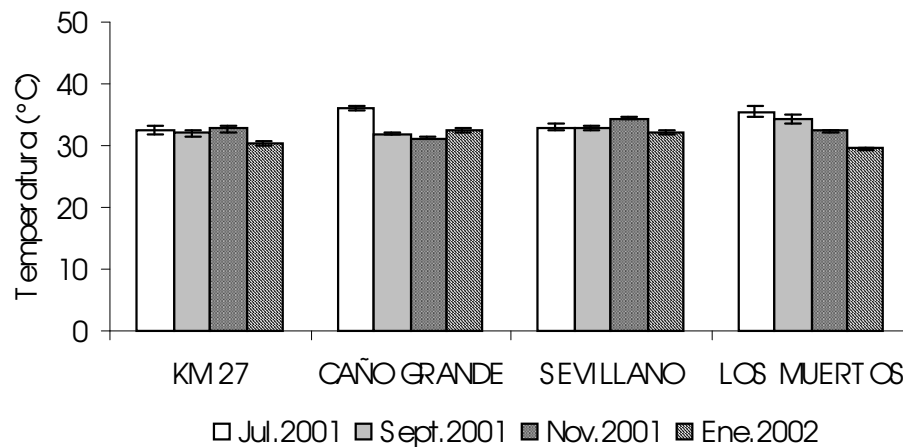


Figura 20. Valor promedio (+ EE) de la temperatura del agua intersticial en cuatro estaciones durante el periodo de estudio.

Km 27

La Figura 21 muestra como la temperatura intersticial se elevó en la parte media del transecto durante las mediciones de los primeros meses y tendió a mantenerse constante a lo largo del transecto en el último mes. El mes de julio de 2001 fue el que tuvo el rango más amplio (30,1 - 35,3 °C).

Caño Grande

La medición realizada en el mes de julio del año 2001 fue la que exhibió el promedio de temperatura intersticial más alto del estudio (Figura 21). En los meses siguientes se observaron rangos entre 30,9 y 32,5 °C.

Sevillano

Los valores de la temperatura intersticial en las cuatro mediciones a lo largo del estudio se ubicaron dentro de un rango entre los 30 y los 35 °C y no tuvieron mayores variaciones (Figura 21).

Los Muertos

En el muestreo de julio de 2001 se observaron valores muy diferentes entre cada uno de los puntos del transecto, los datos tuvieron un máximo de 39,9 °C (dato puntual más alto reportado en el estudio para temperatura intersticial) y un mínimo de 31,4 °C (Figura 21). En el mes de

enero de 2002 se midieron los valores más bajos y se observó un rango de variación entre 29 y 31 °C

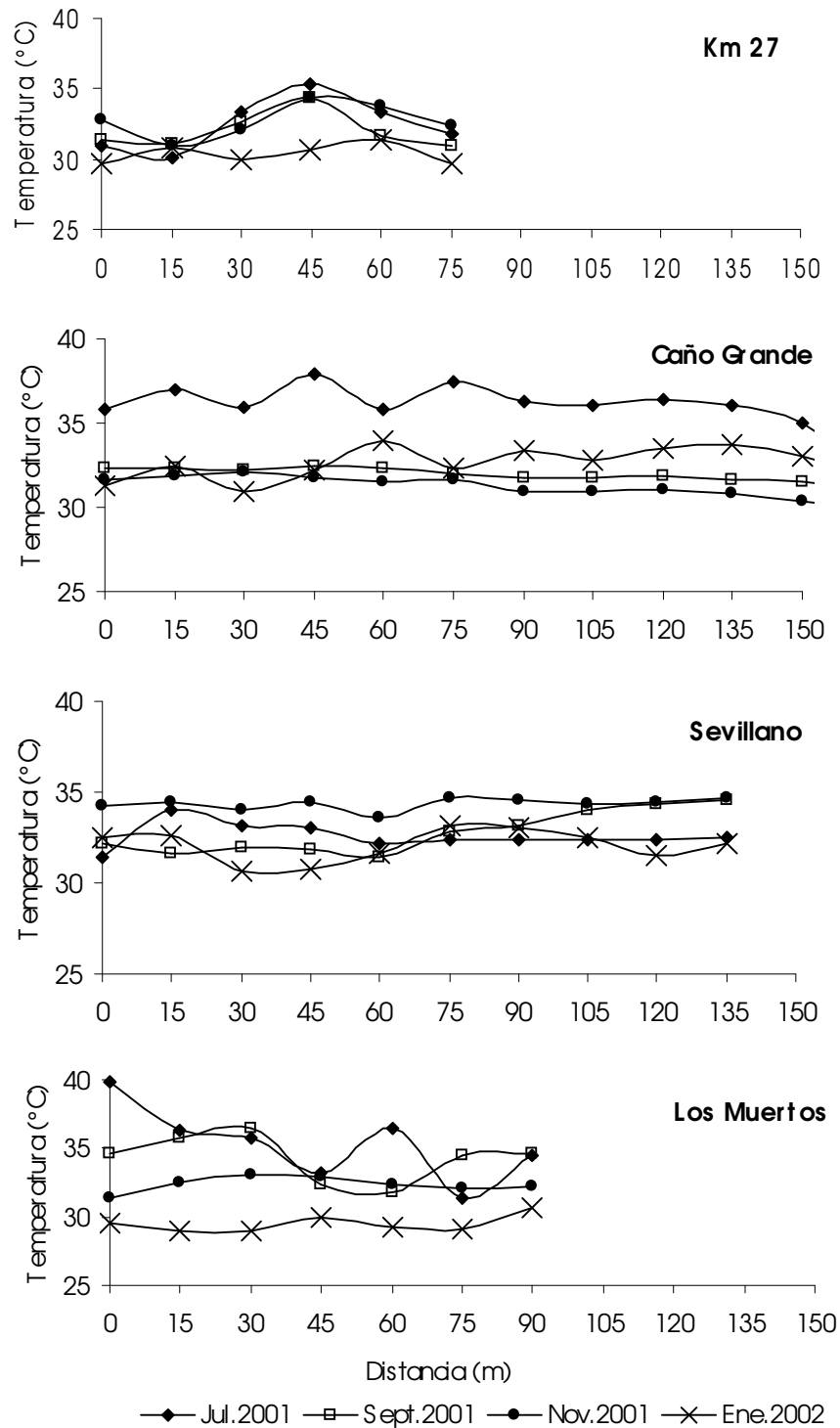


Figura 21. Temperatura del agua intersticial en el transecto realizado en cada una de las estaciones.

4.3. Variables fisicoquímicas en suelo

4.3.1. Granulometría de los sedimentos

Km 27

Las arenas finas son las que prevalecen en esta estación (Tabla 1). El suelo está constituido en su mayoría por cuarzo (90%) y en menor cantidad por feldespatos, ferromagnesianos y fragmentos de roca (10%) (Blanca Posada com. pers.). Existe como característica particular, una fracción cementada o consolidada de suelo con un grosor de 10 cm, la cual es de difícil perforación y rompimiento y que se encuentra justamente debajo de la capa superficial, que mide aproximadamente 15 cm de grosor. La composición granulométrica de dicha fracción, como la de la contigua a más profundidad es igual a la presentada por la capa superficial, aunque puede presentar evidencia de carbonatos o evaporitas acumuladas, que ocasionen su endurecimiento.

Caño Grande

En esta zona predominan los suelos limo arcillosos (Tabla 1). La cantidad de madera muerta caída y en pie en proceso de descomposición y el material transportado por el canal que irriga la estación aportan materia orgánica al sedimento.

Sevillano

Los suelos fangosos son característicos en esta parte de la CGSM y en especial los de directa relación con la Ciénaga de Sevillano y esto se evidencia en los altos contenidos de limos y arcillas (Tabla 1). La materia orgánica observada en los análisis de suelos es producto principalmente de la descomposición de la capa vegetal muerta conformada por manglar y algunas halófitas como *B. maritima* y *S. portulacastrum*.

Los Muertos

Según el estudio, ésta es la estación con la mayor cantidad de materia orgánica en el suelo (Tabla 1), aportada principalmente por la gran capa de algas flotantes, en su mayoría diatófitas que circulan por la zona, como también por la adición del manglar muerto. Del mismo modo es uno de los puntos que presenta mayor porcentaje de limos y arcillas, convirtiendo el suelo prácticamente en fango.

Tabla 1 .Granulometría de los sedimentos (%) de manglar en 4 estaciones de muestreo de la CGSM (modificado de Dewis y Freitas, 1984).

ESTACIÓN	Limo y Arcilla	Arena muy fina	Arena fina	Arena media	Arena gruesa	Arena muy gruesa	Materia orgánica
Km 27	19	11	40	15	6	5	5
Caño Grande	64	11	4	7	2	2	10
Sevillano	54	3	3	5	3	2	30
Los Muertos	58	4	1	1	2	2	32

4.3.2. Nutrientes

4.3.2.1. Nitrógeno en forma de amonio (NH_4^+)

La concentración de amonio entre las estaciones y entre los meses presentó diferencias significativas ($p < 0,05$, Anexo 11). Durante el estudio, la estación con las concentraciones más bajas fue la del Km 27 (Figura 22), donde en la medición hecha en noviembre de 2001 se encontró un promedio de $8,4 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en sedimento seco; y el cual se incrementó en la medición de enero de 2002 hasta llegar a un valor de $15,5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. En Caño Grande se observaron bajas niveles de amonio con promedio de $21,9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en noviembre y de $51,8 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en enero. A su vez, a lo largo de los transectos en Sevillano y Los Muertos se detectaron promedios mayores en las concentraciones del primer mes, los promedios fueron $64,3$ y $56,9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ respectivamente y en el periodo de enero fueron 129 y $167 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en el mismo orden.

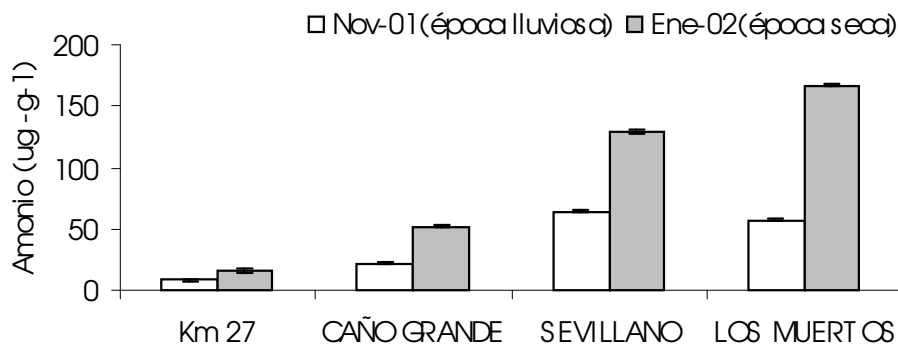


Figura 22. Concentración promedio de amonio ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) en sedimento seco (+ EE) de cada estación en las mediciones en los meses de noviembre de 2001 y enero de 2002.

En la Figura 23 se observa como en cada estación la fluctuación en las concentraciones de amonio son mínimas a lo largo del transecto, pero con marcadas diferencias entre los meses de estudio.

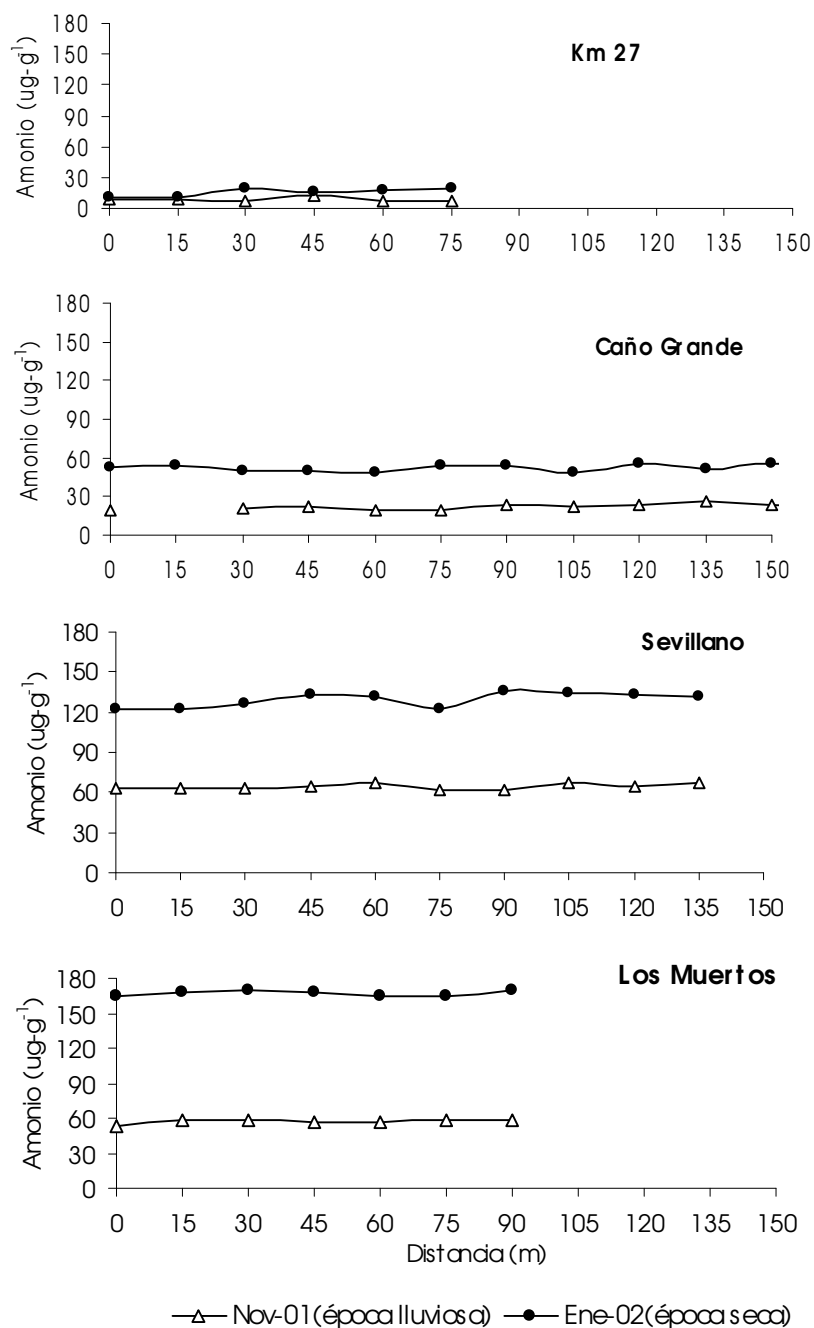


Figura 23. Concentración de Amonio ($\mu\text{g-g}^{-1}$ sedimento seco) a lo largo del transecto realizado en cada una de las estaciones.

4.3.2.2. Fosfato (PO_4^{3-})

Los valores en las concentraciones de fosfatos presentaron diferencias significativas entre estaciones y entre los dos meses en que se realizaron las mediciones para esta variable ($p < 0,05$, Anexo 12). En noviembre de 2001 se encontró en Km 27 el mayor valor promedio del estudio, el cual fue de $185,8 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (sedimento seco). En el mismo mes, en Caño Grande fue de $31,4 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ y en Sevillano y Los Muertos de $36 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ y de $39,7 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ respectivamente (Figura 24). Todas las estaciones disminuyeron sus valores durante la medición en enero de 2002 hasta llegar a promedios de $98,9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en el Km 27, de $14,2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en Caño Grande, de $22,5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en Sevillano y por último de $17,3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en Los Muertos.

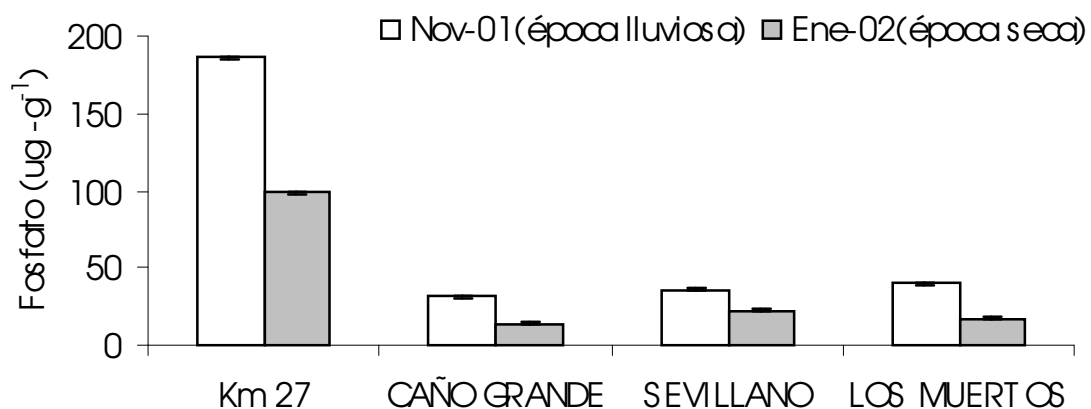


Figura 24. Concentración promedio de fosfato ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) en el sedimento (+ EE) de cada estación durante la medición en los meses de noviembre de 2001 y enero de 2002.

En la Figura 25 se puede apreciar con detalle la distribución de las concentraciones de fosfatos en el transecto realizado en las estaciones durante noviembre de 2001 y enero de 2002, donde se observa que no hay un gradiente marcado a medida que se avanza hacia el final.

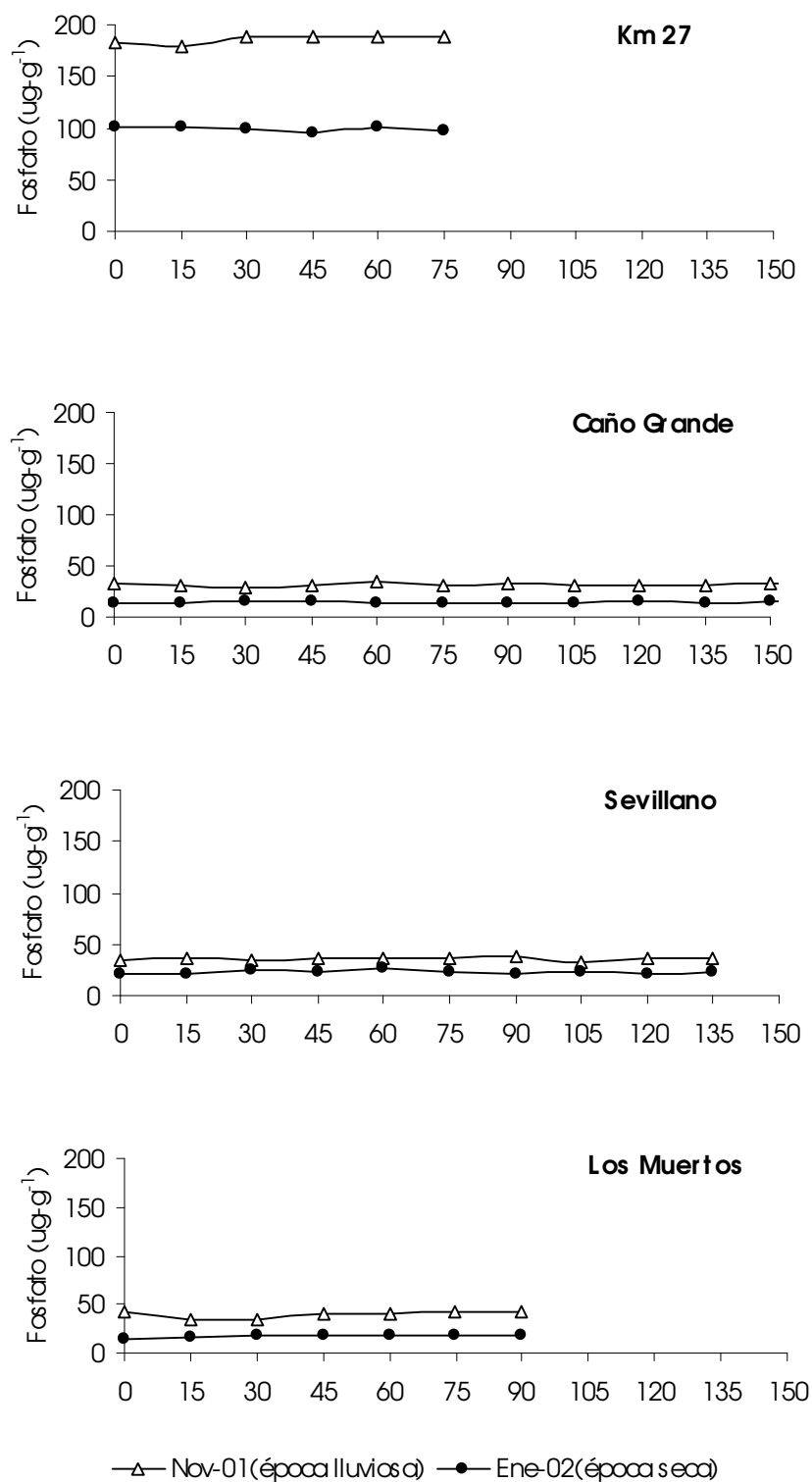


Figura 25. Concentración de Fosfato ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sedimento seco) a lo largo del transecto realizado en cada una de las estaciones durante las mediciones de noviembre de 2001 y enero de 2002.

4.3.3. Humedad

En la Figura 26 se indica como las estaciones Sevillano y Los Muertos desde el inicio hasta el final del estudio fueron las que presentaron mayor porcentaje de humedad del suelo. Estadísticamente se ratifica por haber encontrado diferencias significativas entre las estaciones y entre los tiempos de estudio ($p < 0,05$, Anexo 13 y Anexo 14); también se aprecian los rangos muy pequeños entre los datos mínimos y los máximos, teniendo en la primera estación un promedio mínimo de 70,9% en el mes de julio de 2001 y uno máximo de 74,2% en septiembre del mismo año; en la segunda el valor menor fue de 73,6%, medido en noviembre de 2001 y el mayor de 74,6% en julio del mismo año

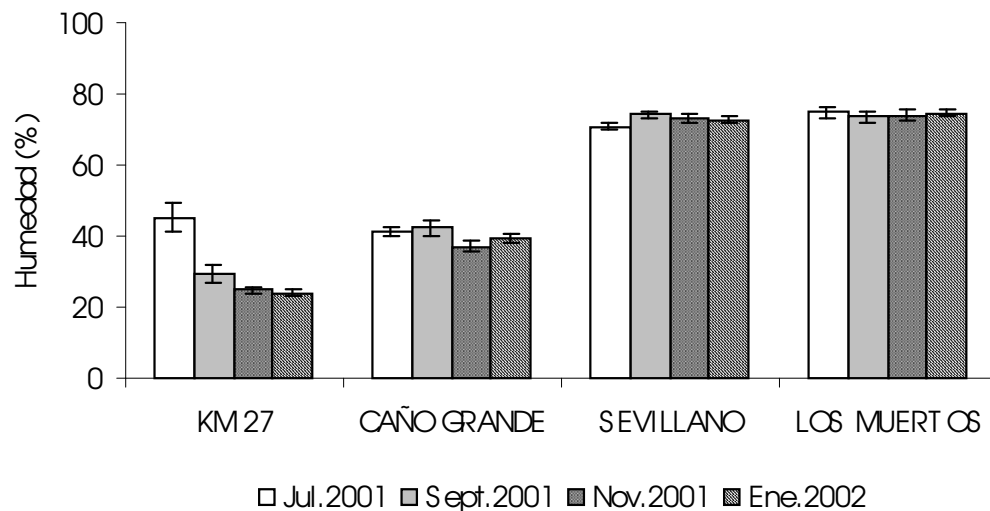


Figura 26. Promedio del porcentaje de humedad (+ EE) en cada una de las estaciones durante el estudio.

Los valores de humedad siguieron un gradiente específico sobre los transectos en las diferentes fechas de medición, exceptuando la del Km 27, donde no existieron patrones definidos y el rango entre el porcentaje mínimo y el máximo fue mayor a lo largo del transecto (Figura 27).

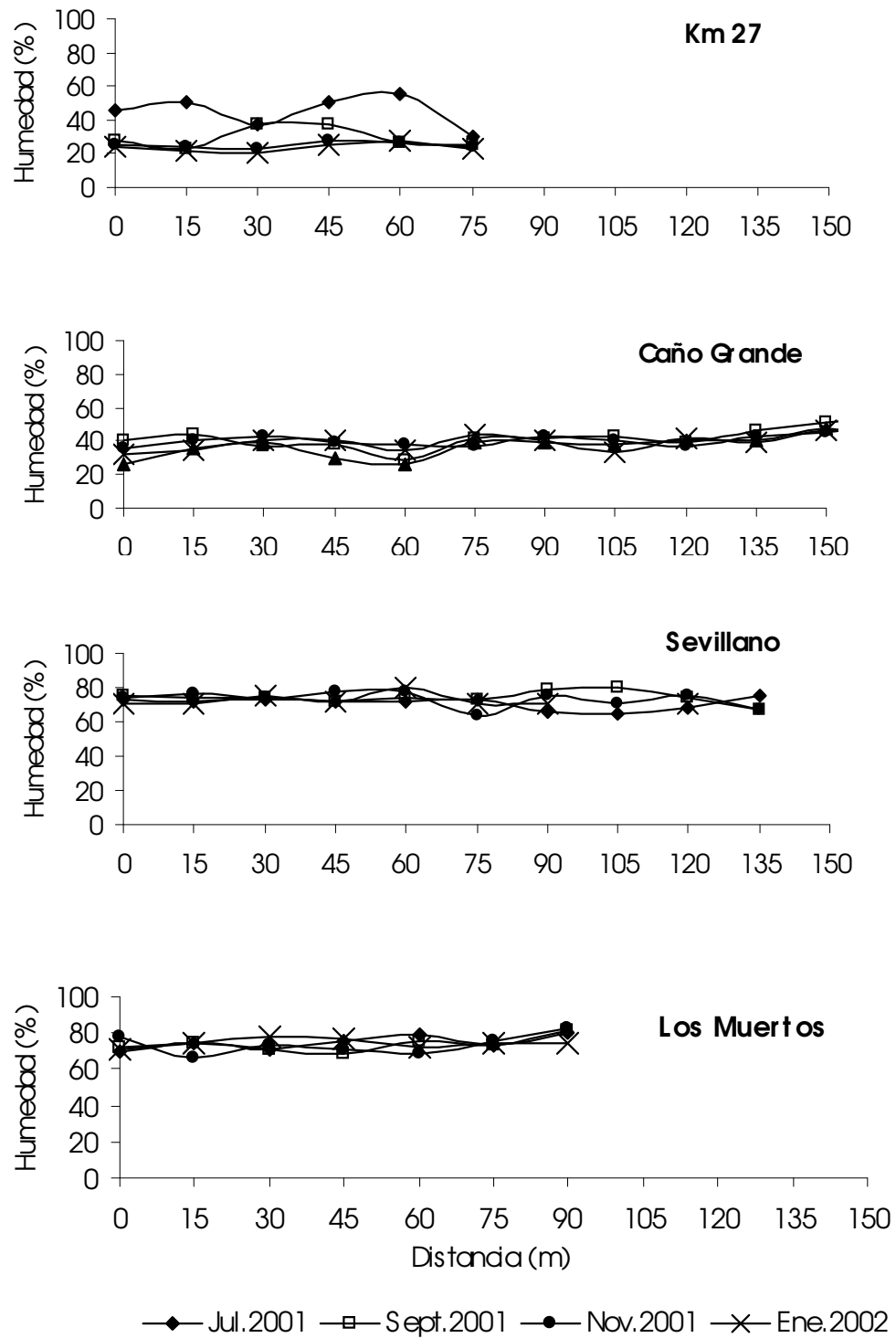


Figura 27. Porcentaje de humedad del suelo a lo largo del transecto realizado en cada una de las estaciones durante el estudio.

4.3.4. Materia orgánica

Los valores de materia orgánica entre las estaciones tuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$, Anexo 15). En la estación Km 27 se observaron los menores porcentajes de materia orgánica en el suelo y también pocas variaciones entre los promedios encontrados en las mediciones de los diferentes meses (5,4% en enero de 2002 y 6,3% en julio de 2001), aunque estadísticamente existieron diferencias significativas entre las fechas ($p < 0,05$, Anexo 16). El rango en Caño Grande varió entre un mínimo de 9,5% en el mes de enero de 2002 y entre un máximo de 15,5% en el mes de septiembre de 2001. Sevillano y Los Muertos al igual que en los porcentajes de humedad, son las estaciones con los niveles más altos, los límites en dichas estaciones van desde 29,4% en julio hasta 32% en septiembre en la primera y desde 31,6% en septiembre hasta 37% en noviembre en la segunda (Figura 28).

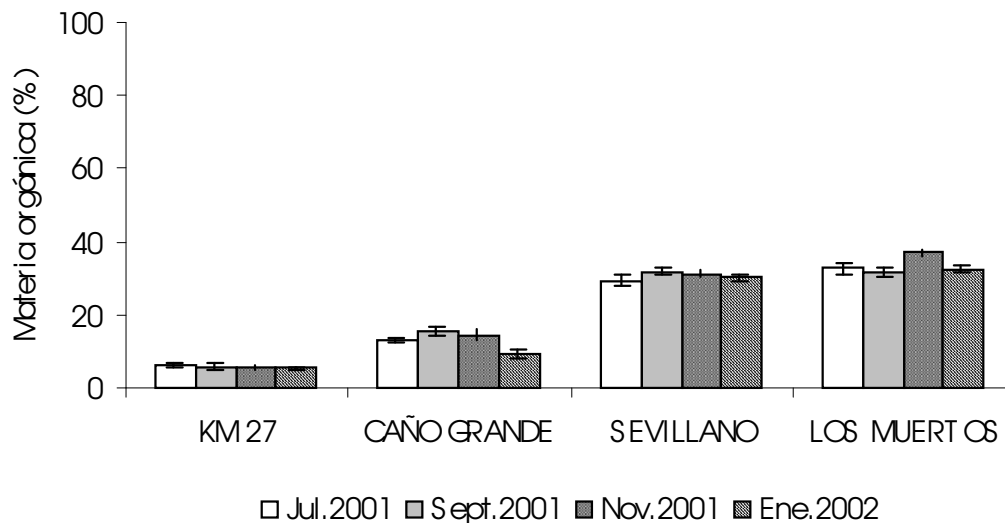


Figura 28. Promedio del porcentaje de materia orgánica del suelo(+ EE) en cada una de las estaciones durante el estudio.

La tendencia de los valores en los transectos en cada una de las estaciones se observa en la Figura 29. En Caño Grande y Sevillano existieron puntos aislados por fuera de la media general en la línea de muestreo.

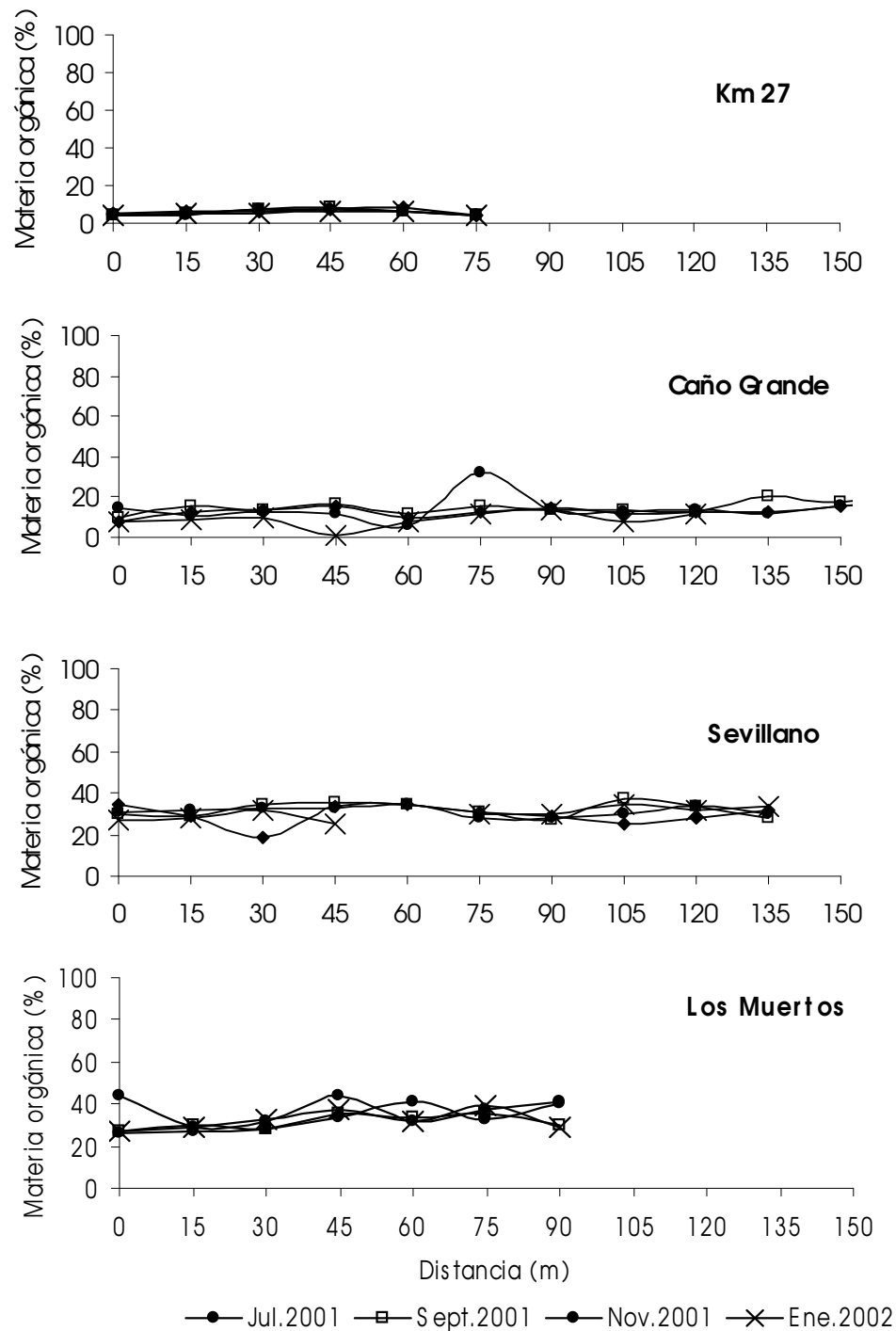


Figura 29. Porcentaje de materia orgánica del suelo a lo largo del transecto realizado en cada una de las estaciones durante el estudio.

4.4. Variables biológicas relacionadas con la regeneración artificial

4.4.1. Densidad y distribución de siembra

En la Tabla 2 se muestran los datos de siembra en las cuatro estaciones, donde se observan las densidades ($\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$ e $\text{ind}\cdot\text{ha}^{-1}$) en Km 27 y Caño Grande, sitios sembrados exclusivamente con plantas de *R. mangle* y las densidades de Sevillano y Los Muertos, en las que además de *R. mangle* se indujo también *L. racemosa*

Tabla 2. Densidad y porcentaje de siembra de las especies utilizadas en cada una de las estaciones de estudio.

ESTACIÓN	ESPECIES SEMBRADAS	DENSIDAD		%
		$\text{Ind}\cdot\text{m}^{-2}$	$\text{Ind}\cdot\text{ha}^{-1}$	
Km 27	<i>R. mangle</i>	0,327	3270	100
Caño Grande	<i>R. mangle</i>	0,13	1300	100
Sevillano	<i>R. mangle</i>	0,096	960	82.5
	<i>L. racemosa</i>	0,02	200	17.5
Los Muertos	<i>R. mangle</i>	0,028	286	29.5
	<i>L. racemosa</i>	0,068	686	70.5

Km 27

Dentro de las seis parcelas realizadas a lo largo del transecto se apreció una distribución regular de las plantas de *R. mangle* (Tabla 3), formando cuadrantes y tratando de establecer distancias mínimas entre plantas de 1,5 m. Es la zona donde se observó mayor esfuerzo de siembra y se reflejó en la mayor cantidad de plantas por m^2 y por supuesto por hectárea.

Caño Grande

La plantación está hecha en forma de cuadrantes y la distancia entre plantas de *R. mangle* tendió a ser entre 1,5 y 2 m, aunque en algunas partes hacia el final del transecto se observaron menos individuos por unidad de espacio (Tabla 3) en puntos donde el nivel de agua era alto, lo que presumiblemente imposibilitó seguir haciendo la siembra de forma regular.

Sevillano

R. mangle fue la especie con más cantidad de plantas sembradas en esta zona (Tabla 3) y cuya distribución es alrededor de pequeñas e irregulares lagunas formadas a partir de un canal construido con el fin de irrigar el área. Dichas lagunas ocasionaron que en el transecto se hayan encontrado diferentes densidades, por razón de no poder sembrar individuos en sitios con niveles de agua muy altos. A su vez *L. racemosa* sólo se halló en una pequeña porción ubicada al inicio del transecto, en puntos adyacentes al canal.

Los Muertos

A pesar de ser esta una extensa área degradada se encontró que la densidad total de individuos plantados de manglar fue baja ($972 \text{ ind}\cdot\text{ha}^{-2}$, $0,097 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$) con relación a las otras estaciones, también se observaron diferencias marcadas entre el número de individuos de *R. mangle* y de *L. racemosa*. De esta última especie se tuvieron más registros, encontrando a la mayoría de los individuos distribuidos en las parcelas de la parte final del transecto (Tabla 3). Las pocas plantas de *R. mangle* se hallaron en la parte media de la estación bordeando una pequeña laguna.

Tabla 3. Densidad ($\text{Ind}\cdot\text{m}^{-2}$) de siembra de las plantas de *R. mangle* y *L. racemosa*, distribuidas en las parcelas de estudio en cada una de las cuatro estaciones.

ESTACIÓN TRANSECTO (m)	Caño					
	Km 27		Sevillano		Los Muertos	
	<i>R. mangle</i> $\text{Ind}\cdot\text{m}^{-2}$	<i>R. mangle</i> $\text{Ind}\cdot\text{m}^{-2}$	<i>R. mangle</i> $\text{Ind}\cdot\text{m}^{-2}$	<i>L. racemosa</i> $\text{Ind}\cdot\text{m}^{-2}$	<i>R. mangle</i> $\text{Ind}\cdot\text{m}^{-2}$	<i>L. racemosa</i> $\text{Ind}\cdot\text{m}^{-2}$
0-5	0,44	0,16	0,08	0,12	0	0,04
15-20	0,28	0,2	0-	0,08	0,08	0,04
30-35	0,28	0,08	0	0	0,12	0
45-50	0,44	0,24	0,16	0	0	0,12
60-65	0,24	0,12	0,16	0	0	0
75-80	0,28	0,2	0,12	0	0	0,2
90-95	-	0,2	0,24	0	0	0,08
105-110	-	0,12	0	0	-	-
120-125	-	0	0,2	0	-	-
135-140	-	0,12	0	0	-	-

ESTACIÓN TRANSECTO (m)	Km 27	Caño Grande	Sevillano		Los Muertos	
	<i>R. mangle</i>	<i>R. mangle</i>	<i>R. mangle</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>	<i>L. racemosa</i>
	Ind·m ⁻²	Ind·m ⁻²	Ind·m ⁻²	Ind·m ⁻²	Ind·m ⁻²	Ind·m ⁻²
150-155	-	0,04	-	-	-	-
165-170	-	0,08	-	-	-	-
Total	0,33	0,13	0,096	0,02	0,028	0,068

4.4.2. Supervivencia

La Figura 30 compara los porcentajes de supervivencia en cada una de las cuatro estaciones, entre las cuales se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$, Anexo 17), como también entre las especies ($p < 0,05$, Anexo 18).

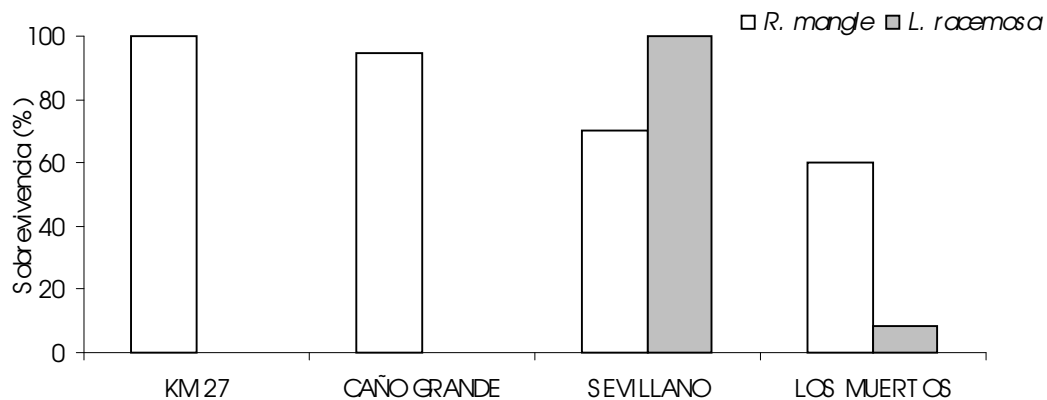


Figura 30. Porcentaje de supervivencia de las dos especies en las estaciones al final del estudio.

Km 27

Al final del estudio se encontró que en el transecto realizado en esta zona ninguna planta sembrada de *R. mangle* murió o desapareció, siendo esta, la única estación con el 100% de supervivencia en esta especie (Figura 31).

Caño Grande

Es la estación después de la del Km 27 con el valor más alto en la supervivencia de las plantas de *R. mangle* (94,9%). El pequeño porcentaje de individuos muertos se presentó entre los 100 y los 140 m de longitud sobre el transecto (Figura 31).

Sevillano

El 70,1% de las plantas de *R. mangle* sembradas en esta zona sobrevivieron y las que murieron estaban concentradas principalmente en la parte media del transecto (Figura 31). En Sevillano se encontró una sobrevivencia del 100 % en *L. racemosa*, especie mejor favorecida por estar ubicada en los bordes del canal, hacia la parte inicial del transecto.

Los Muertos

Punto de siembra con el más bajo porcentaje de plantas de las dos especies vivas al final del estudio; un 60 % de *R. mangle* se mantuvo en pie, lo cual sucedió en la primera parte del transecto, coincidiendo con los puntos con mejor disponibilidad de agua. Sólo un 8,3 % de la siembra de *L. racemosa* se conservó y esta pequeña proporción estuvo concentrada entre los 15 y los 20 m de distancia (Figura 31), medidos desde el cuerpo de agua principal.

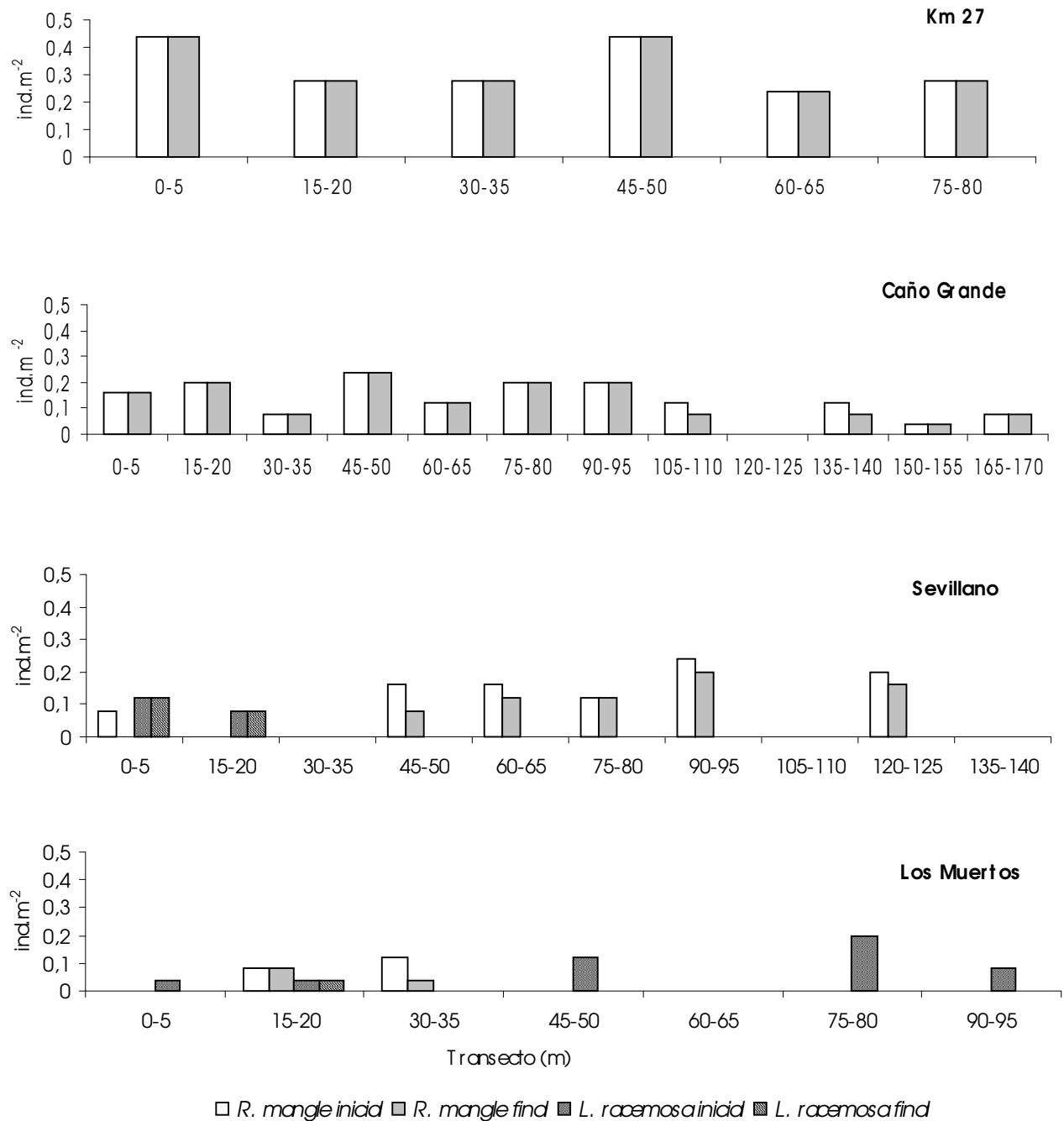


Figura 31. Distribución espacial de las densidades de las especies de manglar sembradas (inicial) y de las sobrevivientes (final) sobre el transecto realizado en cada una de las estaciones.

4.4.3. Crecimiento

4.4.3.1. En altura

La tasa final (enero de 2002) de crecimiento en altura de las plantas de manglar tuvo diferencias significativas entre las estaciones ($p < 0,05$, Anexo 19), y entre las especies ($p < 0,05$, Anexo 20). Observando la comparación en la Figura 32 se aprecia que *R. mangle* en Caño Grande y Km 27 sobresale con $5,33 \text{ cm-mes}^{-1}$ ($6,44 \text{ cm-mes}^{-1}$ en los meses intermedios) y $3,7 \text{ cm-mes}^{-1}$ ($3,17 \text{ cm-mes}^{-1}$ en septiembre y $4,62 \text{ cm-mes}^{-1}$ en noviembre) respectivamente, en menor escala el cálculo en Los Muertos fue de $2,9 \text{ cm-mes}^{-1}$ y en Sevillano de $2,13 \text{ cm-mes}^{-1}$. ($3,5 \text{ cm-mes}^{-1}$ en septiembre y $2,16 \text{ cm-mes}^{-1}$ en noviembre) En esta última estación el incremento en altura de *L. racemosa* fue de $2,85 \text{ cm-mes}^{-1}$ (septiembre tuvo 7 cm-mes^{-1} y noviembre $3,8 \text{ cm-mes}^{-1}$). En la zona de Los Muertos se presentaron problemas estadísticos con la estimación de la tasa en *L. racemosa*, por razón de haber quedado un número mínimo muestread (1 individuo), consecuencia de la alta mortalidad. Lo anterior conllevó al cálculo de una tasa de crecimiento poco significativa y solo ilustrativa para una sola planta de 6 cm-mes^{-1} .

En el

Anexo 21 y en el Anexo 22 se pueden observar las regresiones lineales utilizadas para el cálculo de las tasas de crecimiento en altura por día de las dos especies y los cuales sirvieron para estimarla en función del mes.

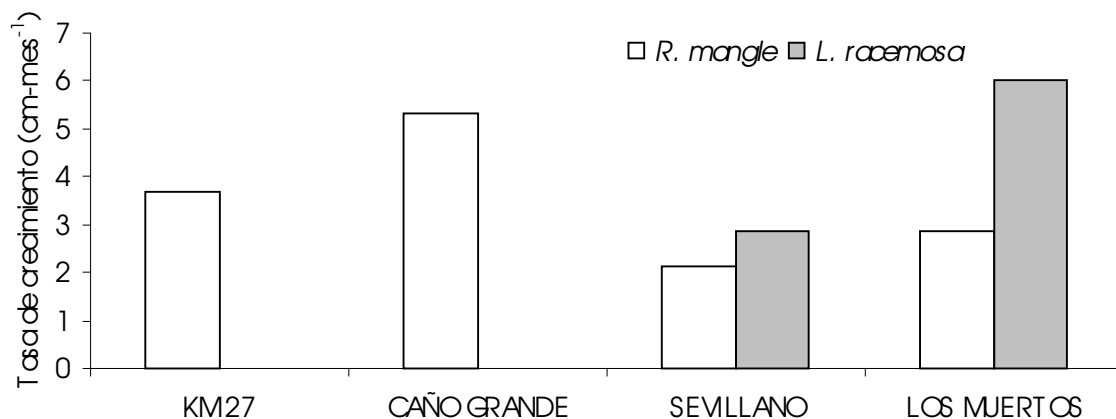


Figura 32. Tasa de crecimiento en altura de las plantas de las dos especies de manglar en las estaciones (El dato presentado en la estación Los Muertos para *L. racemosa* no tiene validez estadística).

Km 27

El estudio inició con un promedio en altura de las plantas de *R. mangle* de 78,4 cm (Figura 33) y finalizó en enero de 2002 con un cálculo de 103,2 cm. Las tasas de crecimiento fluctuaron mes a mes.

Caño Grande

R. mangle tuvo en esta zona el mayor crecimiento en comparación con el de las otras estaciones, las plantas empezaron el estudio con un promedio de 106,3 cm (Figura 33), y en el último periodo este estuvo por el orden de los 140 cm.

Sevillano

Sevillano fue el área donde las plantas tenían el menor tiempo de sembradas en el momento de comenzar el estudio. Por esta razón, el promedio inicial de la altura de las plantas de *R. mangle* fue el más bajo (53,3 cm) (Figura 33), al final, en enero de 2002 se estimó un valor medio en altura de 66,3 cm. Los individuos de *L. racemosa* iniciaron (julio de 2001) con un promedio de 98,9 cm y en enero de 2003 se opredió un promedio final de altura, de 116,4 cm.

Los Muertos

Las plantas de *R. mangle* al comenzar las mediciones en el mes de julio de 2001 tuvieron un promedio en altura de 94,3 cm y finalizaron con un valor de 112 cm en enero del año siguiente (Figura 33). En cuanto a *L. racemosa*, ésta inició con un promedio de 89,2 cm y en el último muestreo solo quedó una planta en pie, a la cual se le calculó una altura final de 126,5 cm.

4.4.3.2. En diámetro

Al final del estudio, las tasas de crecimiento en diámetro calculadas para las plantas sembradas tuvieron diferencias significativas entre las estaciones ($p < 0,05$, Anexo 23) y entre las especies ($p < 0,05$, Anexo 24). La mayor tasa final se presentó en Caño Grande (Figura 34), donde los individuos de *R. mangle* crecieron $0,17 \text{ cm-mes}^{-1}$. Esta misma especie creció $0,13 \text{ cm-mes}^{-1}$ en Los Muertos y en Km 27 el incremento fue de $0,08 \text{ cm-mes}^{-1}$ (constante durante todo el estudio); finalmente en Sevillano la tasa estuvo en $0,07 \text{ cm-mes}^{-1}$. Para esta última zona la tasa medida en *L. racemosa* fue de $0,06 \text{ cm-mes}^{-1}$. En Los Muertos la única planta sobreviviente de esta especie tuvo un incremento de $0,05 \text{ cm-mes}^{-1}$.

Las regresiones lineales utilizadas para el cálculo de las tasas de crecimiento en diámetro por día de los dos especies y las cuales sirvieron para estimarla en función del mes se pueden detallar en el Anexo 25 y en el Anexo 26.

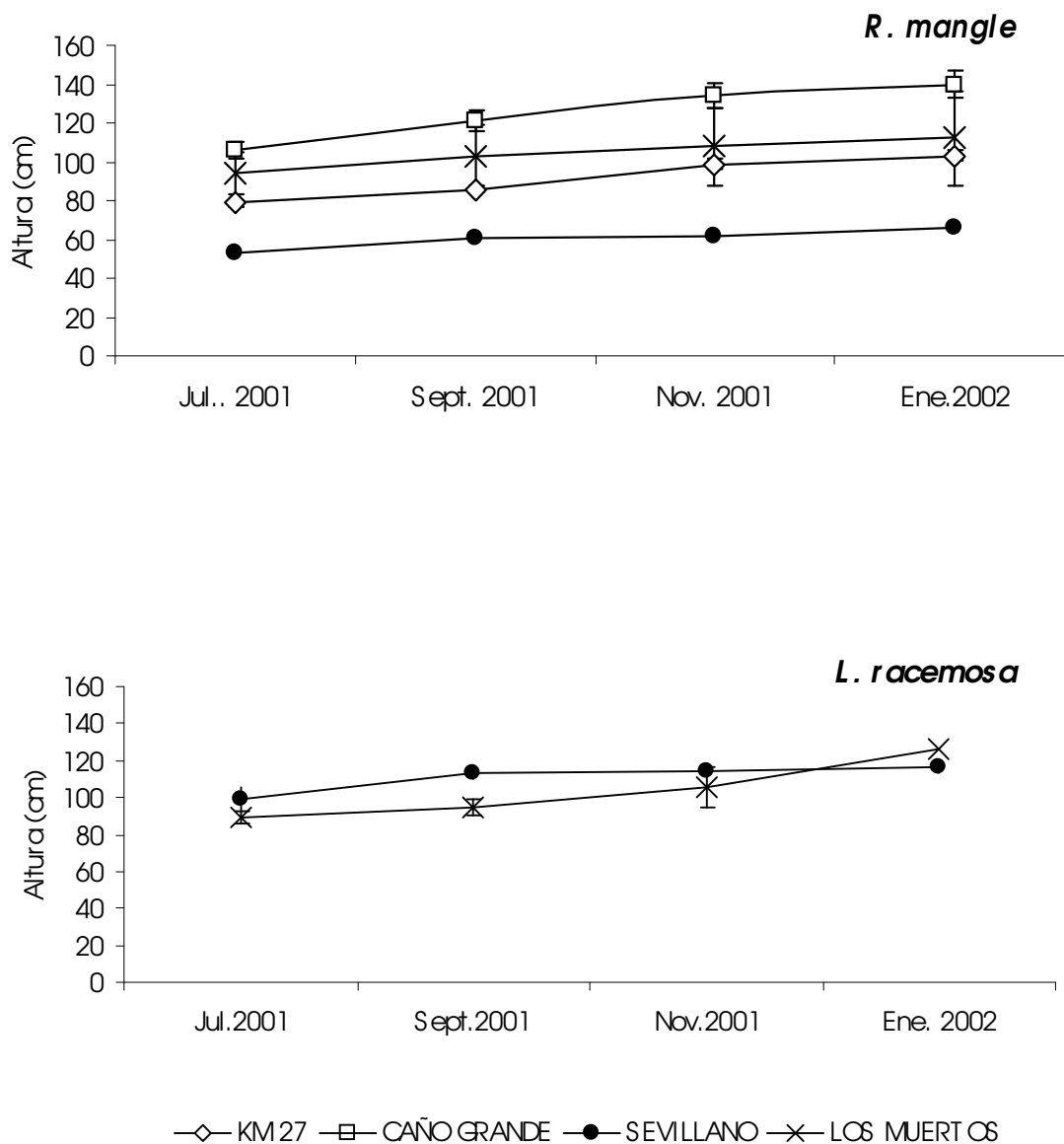


Figura 33. Altura promedio (+ EE) de las plantas de manglar en cada una de las estaciones durante el estudio (El dato presentado en la estación Los Muertos para *L. racemosa* no tiene validez estadística)

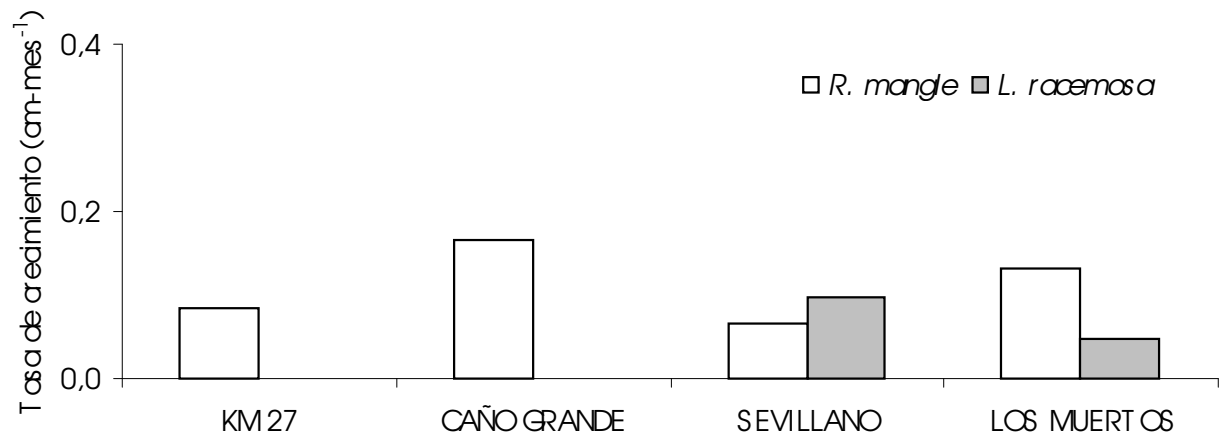


Figura 34. Tasa de crecimiento en diámetro de las plantas de las dos especies de manglar en cada una de las estaciones (El dato presentado en la estación Los Muertos para *L. racemosa* no tiene validez estadística).

Km 27

Las plantas de *R. mangle* inician las mediciones con un promedio de 1,48 cm y mantienen una tasa de crecimiento constante durante todo el estudio hasta llegar a un valor promedio de 2,04 cm en la última medición, en el mes de enero de 2003 (Figura 35).

Caño Grande

R. mangle en julio de 2001 tuvo un promedio en diámetro de 1,44 cm, el cual aumentó y al final del estudio fue de 2,45 cm (Figura 35).

Sevillano

Los datos mostraron que en *R. mangle* de un promedio de 1,44 cm en julio se llegó a uno de 1,83 cm en enero de 2002,. *L. racemosa* inicia el estudio con un promedio en el diámetro de sus plantas de 1,80 cm, el cual se incrementó a 2,40 cm en enero del año siguiente.

Los Muertos

R. mangle empezó el estudio con un promedio en diámetro de 1,6 cm y finalizó con uno de 2,4 cm. Aunque los resultados de crecimiento en Los Muertos son poco significativos

estadísticamente, es importante establecer que el individuo medido de *L. racemosa* inició con un promedio de 1,41 cm y culminó con 1,7 cm (Figura 35).

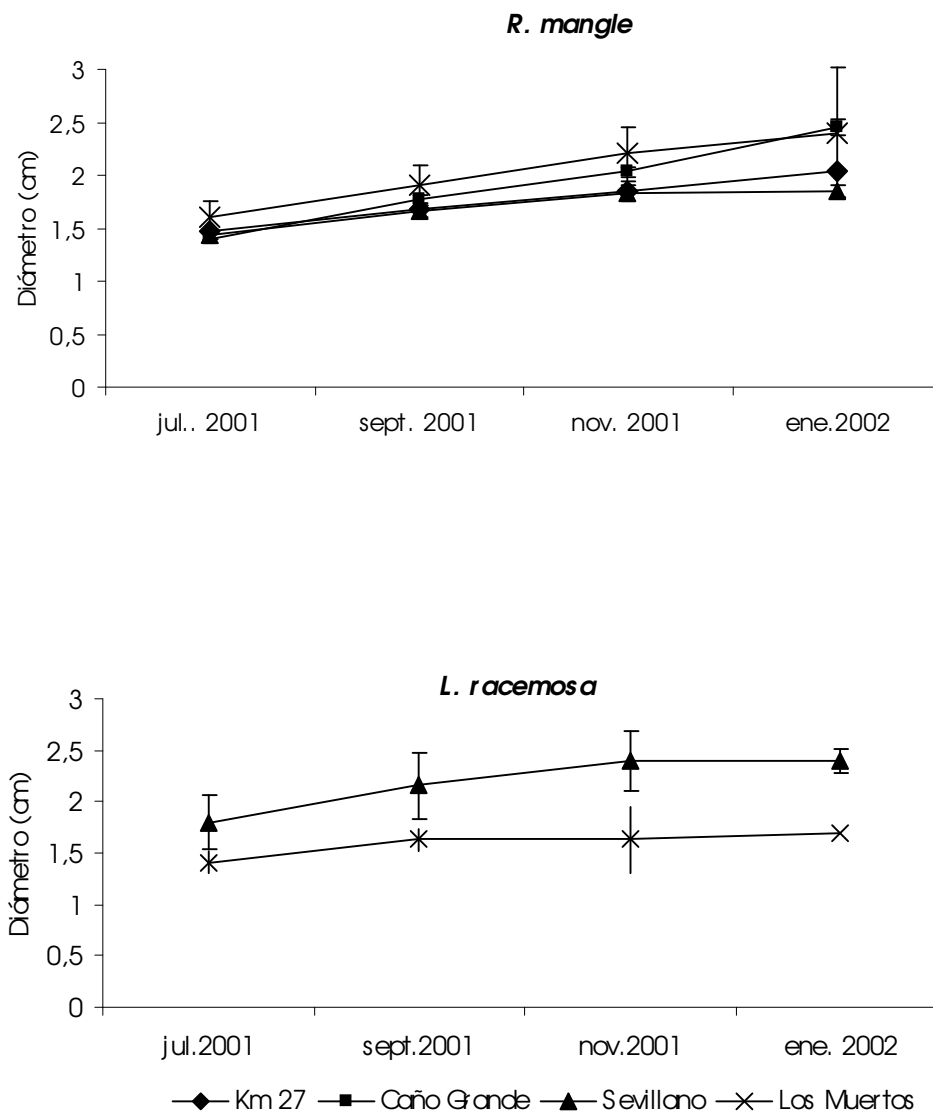


Figura 35. Diámetro promedio (+ EE) de las plantas de manglar en cada una de las estaciones durante el estudio (El dato presentado en la estación Los Muertos para *L. racemosa* no tiene validez estadística).

Relación diámetro basal - altura

La relación lineal entre el diámetro basal y la altura de las plantas de manglar en cada una de las estaciones se aprecia gráficamente en la Figura 36 y en la Figura 37. Las ecuaciones de regresión ilustradas en la Tabla 4 muestran que las mayores relaciones entre el incremento en altura se observan en *R. mangle* de Caño Grande y Los Muertos (46,3 y 49,9 cm respectivamente por cada centímetro aumentado en diámetro). *L. racemosa* en Los Muertos presenta una alta relación debido a tener solo 4 datos, correspondientes al único individuo vivo al final de los muestreos en el cálculo de los incrementos. Esto aumenta el índice de correlación y el grado de error en la relación.

Tabla 4. Ecuaciones de regresiones lineales entre el diámetro y la altura de las plantas de manglar en cada una de las estaciones.

ESTACIÓN	ESPECIE	N	ECUACIÓN	R ²	P
Km 27	<i>R. mangle</i>	196	$h = 52,2 * d$	0,33	0,000
Caño Grande	<i>R. mangle</i>	148	$h = 64,8 * d$	0,36	0,000
Sevillano	<i>R. mangle</i>	68	$h = 35,4 * d$	0,37	0,000
	<i>L. racemosa</i>	20	$h = 49,4 * d$	0,35	0,000
Los Muertos	<i>R. mangle</i>	12	$h = 50,5 * d$	0,9	0,000
	<i>L. racemosa</i>	4	$h = 77,8 * d$	0,95	0,014

h = altura; d = diámetro

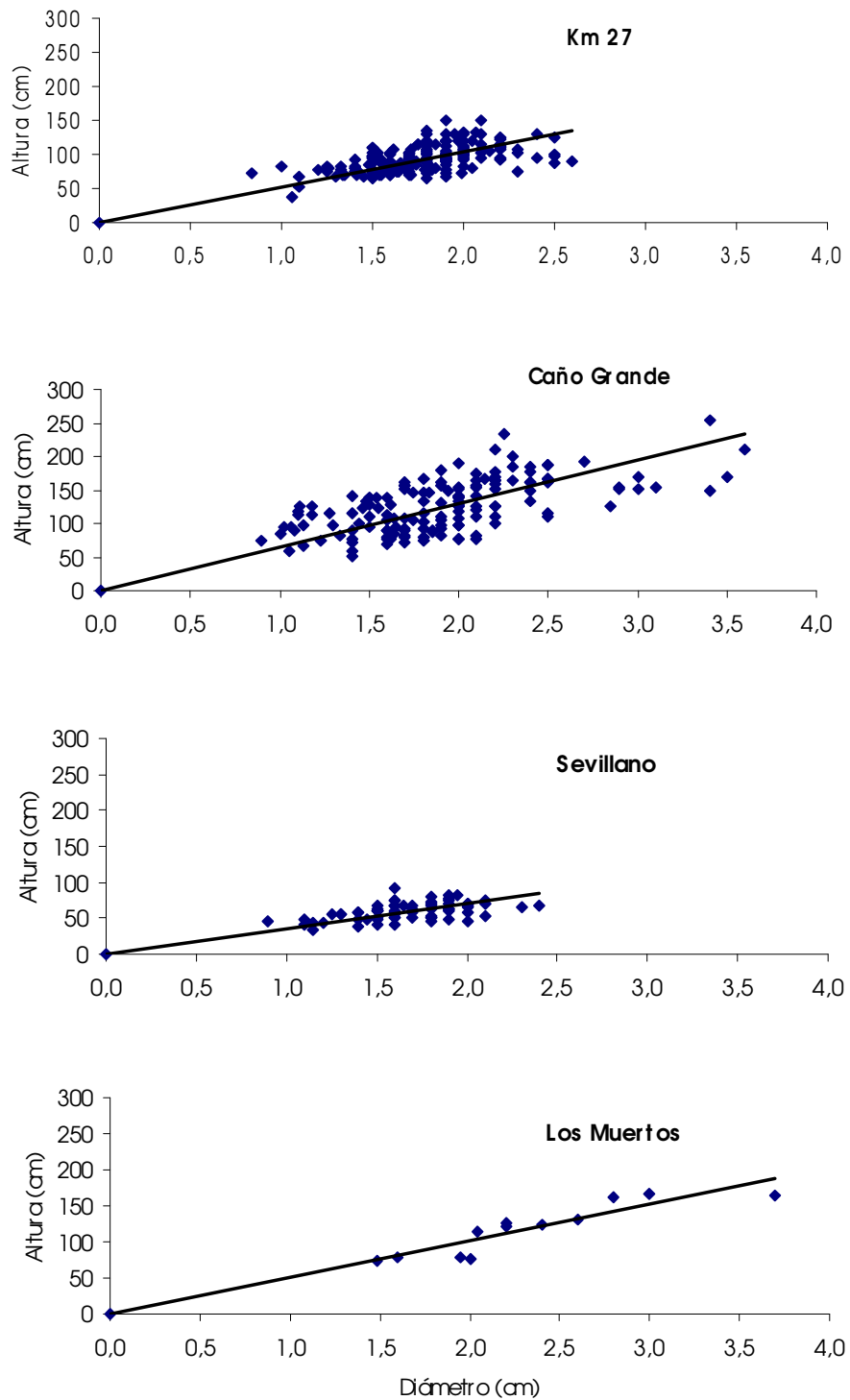


Figura 36 Regresión lineal entre el diámetro y la altura de plantas de *R. mangle* en las 4 estaciones de estudio.

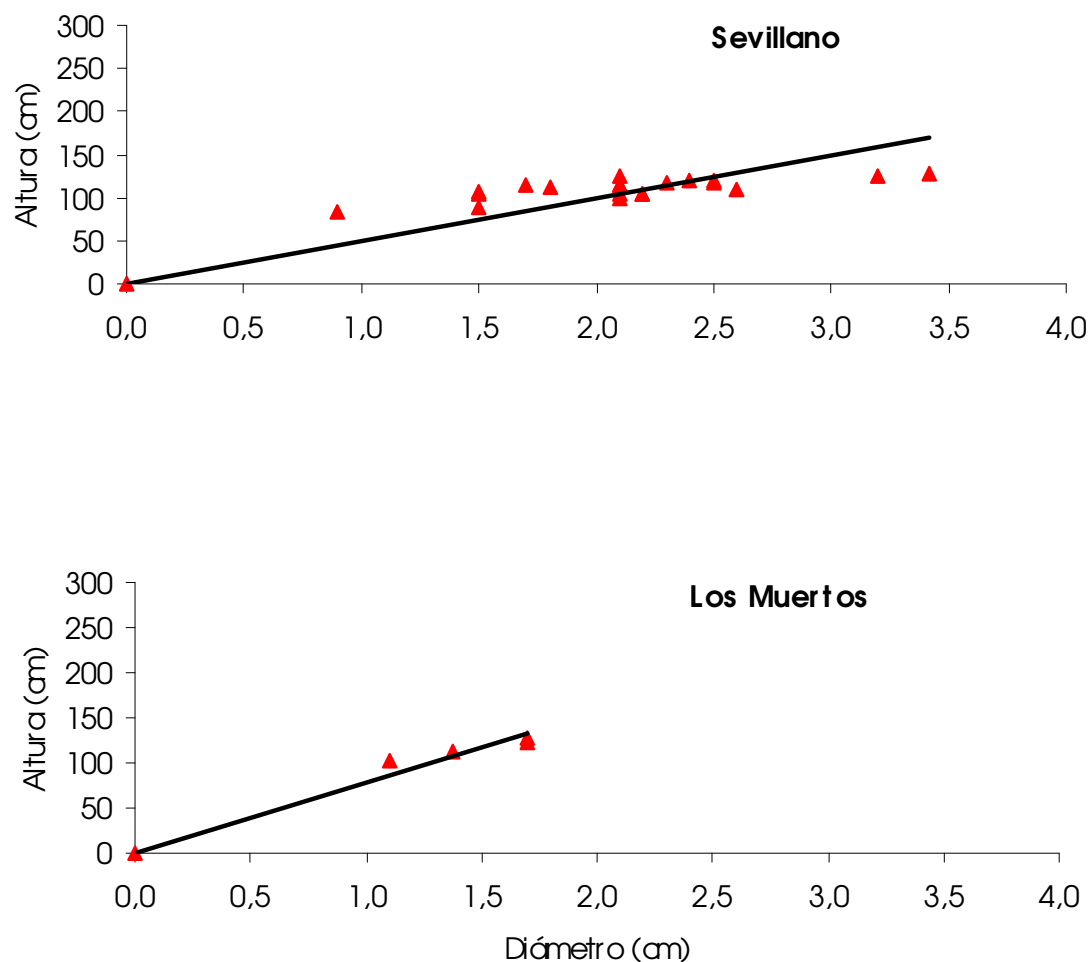


Figura 37. Regresión entre el diámetro y la altura de plantas de *L. racemosa* en 2 estaciones de estudio

4.5. Correlaciones

Km 27

En la Tabla 5 se muestran los valores de las correlaciones ($P < 0,05$) entre las variables fisicoquímicas y biológicas (cuando las hubo) y donde las positivas corresponden principalmente a la relación directa entre el nivel del agua y el crecimiento en *R. mangle* y las negativas a la inversa entre las salinidades y el crecimiento.

Tabla 5. Correlación de Pearson ($P < 0,05$) entre variables fisicoquímicas y biológicas en la estación Km 27.

	Salinidad intersticial	Fosfatos	Materia orgánica	Crecimiento en altura <i>R. mangle</i>	Crecimiento en diámetro <i>R. mangle</i>
Nivel del agua	-0,69	-	-	0,75	0,99
Salinidad superficial	-0,77	-	-	-0,81	-
Salinidad intersticial	-	-	-	-	-0,79
Amonio	-	-1	-	-	-
Humedad	-	-	0,86	-	-

Caño Grande

Hubo pocas correlaciones entre las mediciones de esta zona, encontrando una directa entre el nivel del agua y el crecimiento en altura de *R. mangle* y la concentración de fosfatos. También existió correlación inversa entre el nivel del agua y las concentraciones de amonio (Tabla 6).

Tabla 6 . Correlación de Pearson ($P < 0,05$) entre variables fisicoquímicas y biológicas en la estación Caño Grande.

	Amonio	Fosfato	Crecimiento en altura <i>R. mangle</i>	Crecimiento en diámetro <i>R. mangle</i>
Nivel del agua	-0,78	0,83	0,79	
Crecimiento en altura <i>R. mangle</i>				0,85

Sevillano

La tabla 7 indica como la sobrevivencia en *R. mangle* estuvo correlacionada inversamente con la salinidad y la temperatura intersticial y el crecimiento en esta misma especie lo hizo directamente con el nivel del agua e inversamente con la temperatura intersticial.

Tabla 7. Correlación de Pearson ($P < 0,05$) entre variables fisicoquímicas y biológicas en la estación Sevillano.

	Fosfato	Sobrev.de <i>R. mangle</i>	Crec. en altura <i>R. mangle</i>	Crec. en altura <i>L. racemosa</i>	Crec. en diámetro <i>R. mangle</i>
Nivel del agua	-	-	0,78	-	0,65
Salinidad intersticial	-	-0,87	-	-	-
Temperatura intersticial	-	-0,75	-0,79	-	-0,8
Amonio	-1	-	-	-0,79	-

Los Muertos

El crecimiento en altura de *R. mangle* se correlacionó de forma directa con el nivel de agua y de forma inversa con la salinidad superficial, así también, la sobrevivencia de *L. racemosa* estuvo correlacionada directamente con el nivel del agua e inversamente con la salinidad y la temperatura intersticial (Tabla 8).

Tabla 8. Correlación de Pearson ($P < 0,05$) entre variables fisicoquímicas y biológicas en la estación Los Muertos.

	Fosfato	Crecimiento en altura <i>R. mangle</i>	Sobrevivencia de <i>L. racemosa</i>
Nivel	-	0,77	0,86
Salinidad superficial	-	-0,79	-
Salinidad intersticial	-	-	-0,73
Temperatura intersticial	-	-	-0,89
Amonio	-1	-	-

4.6. Anotaciones sobre las variables biológicas relacionadas con la regeneración natural

4.6.1. Densidad

En la Tabla 9 se observan las densidades (individuo-ha⁻¹, m²) de las tres especies de manglar (*A. germinans* sumada a las ya estudiadas en el presente trabajo) provenientes de la regeneración natural en cada una de las cuatro estaciones de estudio. Solo se observaron valores significativos en las áreas de Los Muertos con *A. germinans* y en Sevillano con esta misma y con *L. racemosa*, las cuales se concentraron principalmente en el inicio de los transectos, en zonas adyacentes al cuerpo de agua principal en cada estación.

Tabla 9. Densidad y porcentaje de las especies encontradas como regeneración natural en cada una de las estaciones de estudio.

Estación	Especie	Densidad		
		Ind-m ⁻²	Ind-ha ⁻¹	%
Km. 27	<i>A. germinans</i>	0,027	270	100
Caño Grande	<i>R. mangle</i>	0,013	133	66
	<i>A. germinans</i>	0,007	70	34
Sevillano	<i>R. mangle</i>	0,008	80	2,86
	<i>L. racemosa</i>	0,008	80	2,86
	<i>A. germinans</i>	0,264	2640	94,28
Los Muertos	<i>R. mangle</i>	0,006	60	1,9
	<i>L. racemosa</i>	0,097	970	32
	<i>A. germinans</i>	0,2	2000	66,1

4.6.2. Supervivencia

El pequeño número de plantas de *R. mangle* visto en las estaciones Caño Grande y Sevillano sobrevivió al final del estudio. *A. germinans*, tuvo una gran mortalidad en Sevillano y Los

Muertos, precisamente las dos zonas donde se contaron más plantas de dicha especie empezando las mediciones. Los porcentajes de sobrevivencia fueron 13,7 % en la primera y 5,7 % en la segunda. En Km 27 y Caño Grande se mantuvo la regeneración de *A. germinans*. La densidad de plantas de *L. racemosa* en Sevillano permaneció a lo largo del estudio y los individuos medidos al principio en Los Muertos murieron en su totalidad desde el mes de septiembre, época (seca menor) en que se hizo la segunda toma de datos.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Consideraciones sobre la regeneración artificial (reforestación) de manglar

La regeneración artificial o reforestación de manglar es una acción realizada por el hombre con el fin de restaurar un ecosistema degradado, en el que se hacen plantaciones de árboles de determinadas especies de manglar en una zona perturbada (Ulloa-Delgado *et al* 1998a), contraria a la regeneración natural, donde la recuperación del manglar es sin intervención antrópica y en la cual se incluye todo el proceso natural desde la germinación de los propágulos hasta su posible implantación y crecimiento en el medio (Graldo, 1995).

Un proceso de reforestación puede ayudar a proveer soluciones a los innumerables problemas ocasionados por la deforestación, si dicho proceso se realiza con objetivos claros, bajo condiciones cuidadosamente controladas y con una verificación posterior a largo plazo (Field, 1996); aspecto importante recordado por Lugo (1980), quien afirma lo indispensable que es realizar seguimientos a los ecosistemas de manglar en vía de recuperación.

Las posibilidades de regeneración de los manglares dependen principalmente de las variaciones de factores topográficos, hidrológicos (nivel de agua), edáficos (características del suelo, salinidad, nutrientes, etc), así como de la formación de diásporas, de sus posibilidades de dispersión por corrientes favorables, de su rol en el proceso de sucesión y finalmente de su estrategia de crecimiento y de las condiciones de vida en el lugar de su crecimiento (McKee, 1995; Saenger, 1996; Ensminger, 1997). Lo anterior es enfatizado hacia los procesos naturales, pero en ambientes degradados es necesario profundizar en estos aspectos para hacer más viable una regeneración artificial (Elster, 1998) y que cuyo éxito será un criterio para evaluar un plan de rehabilitación de un ecosistema de manglar (Field, 1999).

5.2. Densidad y distribución de siembra

El sistema de siembra de *R. mangle* implementado en las estaciones Km 27 y Caño Grande fue el recomendado por Field (1996), que consiste en hacer separaciones entre plantas de 1,5 o 2 m, estableciendo cuadrantes sobre líneas imaginarias. En la primera estación la densidad se mantuvo constante a lo largo del transecto y en la segunda disminuyó en la parte final de la estación, tal vez por el incremento en el nivel de agua, lo que hizo difícil la plantación por razones de exponer las hojas a un hundimiento, lo que no es recomendable para la sobrevivencia (Ulloa-Delgado *et al*, 1998).

En Sevilano existieron algunas modificaciones del modelo anteriormente descrito, ya que *R. mangle* se observó en densidades similares, pero solamente en las partes medias del transecto coincidiendo con los sitios donde la topografía era apta y los niveles de agua favorecerían la siembra (Saenger, 1996). En esta misma estación se observó un sistema de siembra no visto en las otras zonas, donde *L. racemosa* fue plantada hacia los bordes del canal, sobre las partes consolidadas de terreno, creando corredores de la especie, los cuales, se cree permitirían y facilitarían el establecimiento de otras especies de manglar. Lo anterior obedece a la teoría de los Epicentros de dispersión natural explicada por Rivera *et al* (1999) donde se exhorta a sembrar plantas de *L. racemosa* basándose en el concepto de "sitio seguro" (Harper *et al*, 1961, 1965), en el cual, la especie al alcanzar alturas mayores a 2 m (aprox. un año de edad) proporcione sombra a plantas sembradas de otras especies (p.ej. *A. germinans*) en distancias no mayores a 0,5 m procurando protegerlas de la radiación lumínica y optimizando su desarrollo. La idea de que fuera *L. racemosa* la pionera o proporcionadora de sombra se basó en que esta especie según estudios anteriores es la que más tolera las altas intensidades de luz (Smith *et al*, 1994).

La estación Los Muertos tiene una microtopografía muy variable que contribuyó notablemente a que las densidades de siembra fueran diferentes y desordenadas en comparación con las de las otras estaciones. *R. mangle* y *L. racemosa* se vieron en los sitios con las mayores alturas del terreno, tratando de buscar un aseguramiento y afianzamiento de las plantas al sustrato, librándolas de la inundación en las épocas lluviosas siguientes.

5.3. Supervivencia

El éxito en una reforestación usualmente se define en términos de supervivencia (típicamente >80%) al final de un periodo específico y el cual es válido después de 1 ó 2 años de realizada la siembra (Snedeker y Biber, 1996).

Las siembras de las plantas de manglar en las zonas de estudio fueron hechas por parte del Plan de Reforestación entre marzo y mayo de 2000 (Giovanni Ulloa, Julio Díaz y Juan Bautista com pers), lapso que correspondió al final de la época lluviosa principal, comprendido en el periodo meteorológico pos-Niña (NOAA, 2003), precisamente en el momento en que los valores de precipitación se estabilizaron después de tener datos históricamente altos en 1999 (Rivera – Monroy *et al*, 2001). El hecho de tener buena disponibilidad de agua en su fase de acomodación al sitio de siembra después del transplante representó una ventaja para las plantas de manglar por establecerse en condiciones definitivamente muy favorables de nivel de agua y salinidad (Prohl *et al*, 1989; Contrón y Schaeffer, 1983). Lo que no estaba previsto era que los años siguientes (2001 y 2002) fueran más secos en promedio a lo esperado (Figura 38) y que esto influyera en la supervivencia y el desarrollo de las plantas en algunas estaciones.

El decrecimiento en el nivel del agua en enero de 2002 (época seca mayor) en las estaciones km 27, Sevillano y Los Muertos, trajo consigo un aumento de la salinidad, lo cual se originó por quedar expuesto el suelo a la radiación solar directa, produciendo un aumento del nivel freático, al tiempo que se lleva a cabo un transporte de sales desde las capas profundas. Dicho incremento en la salinidad junto con la deficiencia hídrica son catalogados como los principales tensiones en los bosques de manglar (Lugo y Snedeker, 1974; Restrepo, 1997).

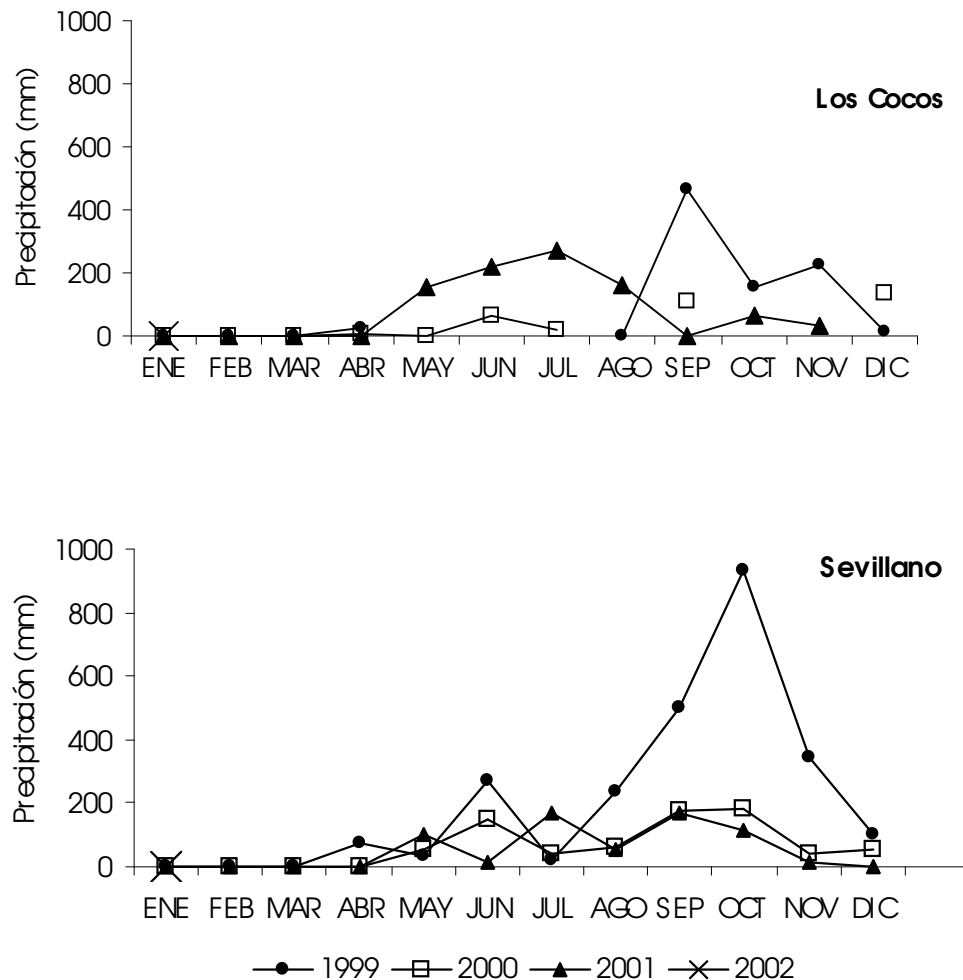


Figura 38. Valores de precipitación encontrados en 2 zonas de la CGSM (estaciones meteorológicas del IDEAM).

En Sevillano y Los Muertos las sobrevivencias fueron variables y muy dependientes de las características de la siembra, de los flujos hídricos y de la salinidad a lo largo del estudio, p ej. las plantas de *L. racemosa* sembradas en la primera estación estuvieron todo el tiempo influenciadas por el canal que llevaba agua a la zona y los suelos en los que estaba plantada estuvieron en continuo lavado a pesar de las disminuciones del nivel al interior de la estación en la época seca. Lo anterior concuerda con lo descrito por Rivera *et al* (2001), quienes afirmaron que *L. racemosa* se observó creciendo en las áreas altas del microrelieve y en partes próximas

a los microcanales interiores de varias zonas de estudio en la CGSM. También se ratifica su alta sobrevivencia al ser considerada como la especie dominante en la regeneración natural del bosque, aunque en su fase de plántula (<25 cm) es considerada la más débil de las especies presentes en la CGSM (Perdomo, 2001), estadio superado en el caso de las plantas sembradas en Sevillano, las cuales se catalogaron como juveniles (> 15 cm, DAP<2,5cm).

Caso opuesto ocurrió en la estación Los Muertos, donde *L. racemosa* fue sembrada en sitios sin posibilidad de intercambio hídrico en la llegada de la época seca y en donde las salinidades tendieron a retenerse en sus suelos limo-arcillosos (Restrepo, 1997), que posteriormente perjudicarían su sostenimiento en el tiempo. Acentuado todo esto y explícito en las correlaciones, en las que se establece una relación inversa entre la temperatura y la salinidad con la sobrevivencia. Es decir, a medida que aumentan las dos primeras variables disminuye la segunda.

Respecto a *R. mangle*, en Sevillano y Los Muertos, la mortalidad fue selectiva dentro de los transectos en estas estaciones, es decir, sucedió en los sitios de la siembra donde el nivel freático fue mayor en la medición de enero (época seca), lo que ocasionó un cambio drástico de salinidad (Cintrón y Schaeffer, 1984), en comparación con el reportado en el mes de noviembre. Dicho cambio, ocurrido en un lapso de tiempo tan pequeño puede ser decisivo en la sobrevivencia de las plantas. La temperatura pudo haber sido también influyente, pero los rangos de esta estuvieron dentro de los tolerables por esta especie (Lugo, 1980).

En Km 27 la sobrevivencia de las plantas de *R. mangle* fue máxima, aunque la salinidad intersticial en la época de sequía (enero de 2002) fue mayor y los niveles del agua disminuyeron en comparación con los datos vistos en la época lluviosa (noviembre de 2001). Esto se explica porque los rangos de salinidad no fueron limitantes en el desarrollo de las plantas de esta especie (Cintrón y Goenaga, 1980) y porque estuvieron por debajo de los históricos reportados (> 100) por Sánchez-Páez (1988) para la zona de la Isla de Salamanca, en donde se atribuyó la muerte de manglar a la hipersalinización de los suelos. Otro aspecto que influyó fue la característica arenosa del sedimento que contribuyó a tener menos retención de las sales (Restrepo, 1997; Rivera *et al*, 2001).

La alta sobrevivencia de *R. mangle* en Caño Grande es una consecuencia de la sostenibilidad de los flujos hídricos por medio de los canales naturales y artificiales que llegan a la zona, influenciados por el caño con el mismo nombre y que contribuyó a la disminución de la salinidad ostensiblemente (INVEMAR, 2002) después de las obras hidráulicas llevadas a cabo por el Proyecto de Rehabilitación de la CGSM (PROCIENAGA, 1995), lo que hizo de esta zona una región con potencial de regeneración natural (Casas, 1999). El pequeño valor en la mortalidad se debió quizá al transporte de grandes troncos de madera muerta que pudieron haber aplastado algunas plantas.

Los porcentajes de sobrevivencia en este programa de reforestación se acercan a los niveles vistos en otros estudios (Tabla 10), aunque las comparaciones son difíciles de hacer por las características y las metodologías utilizadas en cada región y por la adaptación de las especies a los sitios de siembra (Field, 1996).

Tabla 10. Valores de sobrevivencia estimados en diferentes proyectos de reforestación en Colombia y en otras partes del mundo

Sitio	Especie(s)	% Sobrevivencia (promedio)	Fuente
Cuba	<i>R. mangle</i>	88-95%	Padrón, 1996
Florida, E.E.U.U.	<i>R. mangle</i>	57-75%	Sneddker y Bider, 1996
Australia	<i>A. marina</i>	80-90%	Saenger, 1996
PNNCR	<i>R. mangle</i>	53%	Bohórquez y Prada, 1988
CGSM	<i>L. racemosa</i>	98%	Rivera <i>et al</i> , 1999
Córdoba, Bolívar	<i>R.m, A.g., L.r., C.e.</i>	87,3-95%	Sánchez-Páez <i>et al</i> , 2000
CGSM	<i>L. racemosa</i>	8,5-100%	Presente estudio
	<i>R. mangle</i>	60-100%	

5.4. Crecimiento

No obstante, las plantas evaluadas en este estudio provienen de procesos de regeneración artificial, se establecieron comparaciones de las estimaciones del crecimiento de éstas con algunas hechas en modelos de regeneración natural (Tabla 11). Allí se observó que *R. mangle* en procesos de siembra fue la de más altos índices, corroborando la característica de esta especie, como la de mejor comportamiento en las etapas pre y pos-siembra (Ulloa-Delgado *et al.*, 1998).

Tabla 11. Tabla comparativa de la tasa de crecimiento ($\text{cm} - \text{mes}^{-1}$) en altura de las diferentes especies de manglar en otros proyectos de reforestación en Colombia y el mundo.

Sitio	Especie	Tipo de regeneración	Tasa de crecimiento ($\text{cm} - \text{mes}^{-1}$)	Fuente
Pakistán	<i>R. mucronata</i>	Artificial	3,9	Qureshi, 1996
PNNCR	<i>R. mangle</i>	Artificial	2,2	Bohórquez y Prada, 1988
CGSM	<i>R. mangle</i>	Natural	0,08-1,48	Giraldo, 1995
Bolívar	<i>R. mangle</i>	Artificial	5,2	Ulloa-Delgado <i>et al.</i> , 1998
	<i>L. racemosa</i>		4,4	
CGSM	<i>R. mangle</i>	Natural	1,48-4,05	Perdomo, 2001
	<i>L. racemosa</i>		2,14-10,07	
CGSM	<i>L. racemosa</i>	Natural	2,04-2,43	Campos, 2001
CGSM	<i>R. mangle</i>	Artificial	2,1 –5,3	Presente estudio
	<i>L. racemosa</i>		2,9	

Las plantas de Caño Grande son las de mejor desarrollo a lo largo del estudio, debido a que las condiciones fueron favorables en todo el estudio, en cuanto a nivel de agua, salinidad, temperatura y flujo de nutrientes (Rivera *et al*, 2001; CINTRÓN y SCHAEFFER, 1983).

De la misma forma, en mediciones hechas por este autor (no publicadas) y posteriores a este estudio se observó que la tasa de crecimiento mensual en altura de *R. mangle* en el Km 27 se redujo a valores menores ($3,15 \text{ cm-mes}^{-1}$) a los reportados actualmente ($3,7 \text{ cm-mes}^{-1}$) y la tasa de crecimiento en diámetro aumentó ($0,97 \text{ cm-mes}^{-1}$) con respecto a la vista en este trabajo ($0,08 \text{ cm-mes}^{-1}$). Como también el que plantas con alturas menores a 1,5 m tuvieron florescencias con propágulos de menor tamaño al normal para esta especie (Serrano, 1995). La causa de estos fenómenos es tal vez el estrés que significa para las raíces fúlreas el tratar de perforar la capa dura de suelo presente en el Km 27 en busca de sostén y nutrientes (Polanía, 1992). Esta capa se originó posiblemente por la influencia de depositación marina en la zona, que ocasionó como consecuencia un enriquecimiento de carbonatos en el horizonte vertical, proceso que sucede tentativamente a cierta profundidad en suelos donde hay una importante pérdida de humedad por evaporación (Blanca Posada, com pers), lo que constituyó una característica vista en años anteriores (1976 – 1988) por Marie Luisse Schnetter (com pers) en la zona norte de la carretera B/quilla – Ciénaga. A todo esto se sumaría el que la estación tenga un suelo arenoso, considerado generalmente como pobre y conformado por material estructural inerte, escaso de arcillas, que ocasionan pérdida de nutrientes (CINTRÓN y Goenaga, 1980). Prohl *et al* (1989) afirmaron que los manglares que crecen en este tipo de sustrato generalmente exhiben bajo desarrollo, alta ramificación, complejidad de la estructura, achaparramiento y sequedad fisiológica.

Contrario a lo anterior, las estaciones Caño Grande, Sevillano y Los Muertos no presentaron ninguna formación irregular en sus suelos y su composición se adaptó a la descrita por CINTRÓN y SCHAEFFER – Novelli (1983) para los suelos de manglar, donde el predominio es de fracciones finas como lodos y arcillas y los cuales contienen frecuentemente cantidades grandes de materia orgánica y un alto contenido de agua.

En Sevillano el crecimiento de *R. mangle* y *L. racemosa* y en Los Muertos el de *R. mangle*, estuvo influenciado principalmente por la temperatura y la salinidad, factores con los que se correlaciona inversamente y con el nivel de agua de forma directa. Esto último difiere en parte a lo dicho por Kramer (1974) quien afirma que en el crecimiento, más que el déficit de agua, el principal limitante, es la absorción de cantidades anormales de sal.

En estas dos zonas, el alto contenido de amonio parece influir, ya que la tasa disminuyó en la época seca, donde esta variable se eleva considerablemente, aunque los valores promedio reportados en este estudio se condicionan a los ya vistos en la CGSM (Tabla 12) y cuyos rangos son variables en el tiempo y el espacio, pero que igualmente no son limitantes para las especies de plantas de manglar (Rivera *et al*, 2001; Perdomo, 2001)

Tabla 12. Concentración de NH_4^+ Y PO_4^{3-} en el sedimento comparada con otros estudios anteriores en la Ciénaga Grande de Santa Marta y en otros trabajos sobre manglares.

Sitio	NH_4^+	PO_4^{3-}	Fuente
	$\mu\text{g-g}^{-1}$ Sedimento seco	$\mu\text{g-g}^{-1}$ Sedimento seco	
CGSM	6,31- 19,62	5,49- 24,45	Cardona, 1991
CGSM	4,5- 6,8	10- 15	Restrepo, 1997
CGSM	29,7- 129,1	33,89- 557,8	Perdomo, 2001
CGSM	772,19- 5044,55	0- 1811,75	Rivera <i>et al</i> , 2001
CGSM	1000- 5000 (peso/húm)	1000- 1500 (peso/húm)	INVEMAR, 2002
CGSM	8,4- 167	14,2- 185,8	Presente estudio
Australia	> 11	> 15	Boto y Wellington, 1984

5.5. Consideraciones sobre la regeneración natural.

Partiendo del supuesto de iniciar una reforestación en zonas degradadas con muy poca regeneración natural (INVEMAR, 2002), se entiende que el proceso de acondicionamiento de las plantas sembradas es largo y dispendioso por encontrar una muy pobre cobertura vegetal y unas condiciones adversas para la sobrevivencia, sumado al tiempo que necesitarían para estimular el establecimiento de nuevos individuos de las mismas o de diferentes especies (Field, 1996). Es por esto, que en esta fase del estudio, en que las plantas estuvieron en estados juveniles (poco tamaño e inmaduras) fue complicado hallar un número significativo de individuos provenientes de una regeneración natural y en las estaciones donde se encontraron, su adaptación fue más difícil al medio por el mismo carácter inmaduro de la plantación. Pero el número tenderá a aumentar y se espera que en un futuro las plantas sembradas estimulen el repoblamiento de los bosques de manglar, tanto con florecimiento y contribución de semilla, como con retención mecánica de estas para su establecimiento.

5.6. Cuatro Bocas, un caso especial

En la estación Cuatro Bocas a pesar de haberse realizado las siembras de manglar en asocio con la Cooperativa de mangleras, algunas personas arrancaron las plantas en su totalidad, ocasionando una importante pérdida de esfuerzo y trabajo. Las razones no se han definido con claridad, pero según voces de la región se debió a la suposición de pérdida de área para las faenas de pesca o a la imposibilidad de navegación por los sitios de plantación. Son argumentos poco creíbles, teniendo en cuenta el gran beneficio para la pesca y la comunidad proveniente de un desarrollo del bosque de manglar en la zona.

6. CONCLUSIONES

R. mangle fue la especie que presentó los valores máximos de sobrevivencia y la que tuvo un crecimiento mayor en las estaciones de estudio donde las condiciones fueron favorables, siendo la disponibilidad permanente de agua un factor limitante para el desarrollo.

Las plantas sembradas de *L. racemosa* sobrevivieron en ambientes propicios en cuanto a proximidad y disponibilidad de agua. Esta especie se constituye en una buena alternativa en la reforestación de manglar, siempre y cuando se establezcan flujos continuos de agua hacia las plantaciones.

Caño Grande tuvo los valores más altos de sobrevivencia y crecimiento en las siembras hechas por el Proyecto Manglares de Colombia en la CGSM debido a tener características en suelo y agua óptimas (nivel, salinidad y temperatura principalmente) que estimularon el desarrollo de *R. mangle*.

En el Km 27 hubo una sobrevivencia del 100% de *R. mangle*, pero la formación de una capa dura influyó levemente en el crecimiento de las plantas y en un futuro imposibilitará el normal desempeño de la especie en el bosque de manglar.

Sevillano fue una buena estación piloto para el estudio de modelos alternativos en la reforestación con manglar que modifiquen las metodologías existentes en la actualidad y que pueden ocasionar problemas en un ambiente tan particular como el de la CGSM, donde las diferencias en los flujos de agua representan limitantes para la regeneración artificial.

La estación Los Muertos hace alusión a su nombre y fue el punto con el más bajo desarrollo de las plantas de manglar allí sembradas. Expresado en la mortalidad ocasionada por las elevaciones de la salinidad y el déficit hídrico durante la época seca.

La regeneración natural en las zonas de siembra fue muy poca. Ocasionado principalmente por el estado juvenil e inmaduro de la siembra, en la cual no se apreció producción de semilla y en la que la retención mecánica por parte de sus plantas no es considerable, ya que las raíces no son prominentes y numerosas en el caso de *R. mangle* y además no hay consolidación del terreno por parte de *L. racemosa*. Se espera que en las zonas donde hubo alta sobrevivencia la regeneración natural se vea favorecida en el estado de adultez de las plantas sembradas.

Respecto a Cuatro Bocas, la desinformación de la gente en la zona ocasionó una pérdida considerable de esfuerzo y motivación para el mejoramiento de las condiciones del manglar en la CGSM.

7. RECOMENDACIONES

Es necesario estudiar previamente las zonas donde se establecerán siembras de manglar con fines de reforestación, especialmente hacer énfasis en las especies de manglar dominantes en un principio en la región y en los factores edáficos que influenciarán el proceso con el fin de no perder tiempo, trabajo ni dinero en el proceso.

Se hace indispensable para un proyecto de reforestación con manglar en la CGSM (o en cualquier otra parte) la construcción de canales que lleven agua a las zonas de siembra de manera continua y suplan especialmente las necesidades hídricas en las épocas secas.

También es aconsejable sembrar plantas de *L. racemosa* en los bordes de los flujos de agua y hacer siembras alternas con *R. mangle*, de manera que haya favorecimiento para el desarrollo. Como también continuar explorando las posibilidades para *A. germinans* como especie objeto de siembra.

Respecto a la capa dura encontrada en el Km 27 (Isla de Salamanca) sería bueno redizar un estudio geológico y comparativo con otras áreas de la misma zona para establecer la cobertura y los orígenes de dicha capa. Lo cual se aplicaría para mejorar las condiciones de siembra del manglar en esas áreas degradadas.

Los planes de reforestación deben induir documentación y talleres de apoyo a las comunidades implicadas y también sistemas de apoyo post siembra y monitoreos en los cuales se traten de mantener las siembras en el tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- BOHÓRQUEZ, C. y M. PRADA. Transplante de plántulas de *Rhizophora mangle* en le Parque Nacional Cordes del Rosario, Colombia. UCR- Rev. Biol.Trop.1988. 36 (28). 555-557pp.
- BOTERO, L. y E. MANCERA-PINEDA. Síntesis de los cambios antrópicos ocurridos en los últimos cuarenta años en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Rev. de la Acad. Col. de Gen. Exac. 1996. 20 (78): 465-474 p.
- BOTERO, L. y H., SALZWEDEL. Rehabilitation of the Ciénaga Grande de Santa Marta, a mangrove-estuarine system in the Caribbean coast of Colombia. En: Ocean and Coastal management. 1999. 42 : 243 – 256 p.
- BOTO, K. G. y J. T. WELLINGTON. 1984. Soil Characteristics and nutrient status in a northern Australian mangrove forest. Estuaries, 7 (1): 61-69.
- CAMPOS, E. Impacto de la herbivoría por parte de *Junonia evarete* en el redutamiento de propágulos y el desarrollo de plántulas de *A. germinans* y *L. racemosa* en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis de grado . Biología. Universidad Javeriana. Bogotá. 2001 130p.
- CARDONA P. Características de los suelos de manglar del costado Noroccidental de la Ciénaga Grande de Santa Marta y su relación con algunos atributos de la vegetación. 1991. Tesis MSc. Universidad de Antioquia. Medellín110p
- CASAS, O. Patrones de regeneración natural del mangle en la región de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Santa Marta, 1999. 123 p. Tesis de grado (Biología Marina). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.
- CINTRÓN, G. y C. GOENAGA. Observaciones sobre el desarrollo de manglar en costas áridas. En: Seminario sobre el estudio científico y el impacto humano en el ecosistema de manglar. UNESCO. 1980 11-13pp.
- CINTRÓN, G. y Y. SCHAEFFER-NOVELLI, Methods for studying mangrove structure. En: S.C. SNEDAKER y J.G. SNEDAKER (eds.). The Mangrove Ecosystem: Research Methods. UNESCO. París. 1983. 91-113pp.

- CORPAMAG-BID. Recuperación y manejo del complejo Deltáico estuarino del Río Magdalena. Departamento Nacional de Planeación. Plan de acción forestal para Colombia, Pafq/BID.1993.353p.
- DEWIS, J. y F. FREITAS. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. Boletín de suelos de la FAO 10. 1984. 252 p.
- ELSTER, C. Posibilidades de regeneración del manglar en la zona de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia). GTZ- TÖB. Eschborn. Alemania.1998.68p.
- ENSMINGER, I. Apoyo a la regeneración natural de una vegetación de manglares degradada. Repercusiones de obras hidráulicas en el canal Clarín, Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. GTZ- TÖB. Eschborn Alemania. 1997. 46 p.
- FIELD, C. D. La restauración de ecosistemas de manglar. Sociedad Internacional para ecosistemas de manglar. Okinawa Japón. 1996. 278p.
- FIELD, C. D. Rehabilitation of mangrove ecosystems: An overview. Marine Pollution Bulletin 1999. 37:383-391 p.
- GIRALDO, B. Regeneración natural del manglar en el sector occidental (Isla Salamanca-complejo Pajard) de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. 1995. 180 p. Tesis de grado (Biología Marina). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.
- GONZÁLEZ, E. El manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta: Ecosistema en peligro de extinción. Colombia, sus gentes y regiones. IGAC.1991. 21:2-21p.
- GRASSHOFF, K. Methods of seawater analysis 1976. 317 p.
- HARPER, J. L., CLATWORTHY, J. N., McNAUGHTON, I. H. Y SAGAR, G. R. The evolution and ecology of closely related species living in the same area. Evolution. 1961. 15, 209-227 pp.
- HARPER, J. L. WILLIAMS, J. T. y SAGAR, G. R. The Behaviour of seeds in soil. Part I. The heterogeneity of soil surface and its role in determining the establishment of plants from seed. Journal of Ecology. 1965. 53, 273-286 pp.
- HERNÁNDEZ-CAMACHO, J., P. VON HILDEBRAND y R. ÁLVAREZ-LEÓN. Problemática del manejo de manglares con especial referencia al sector occidental de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Magdalena, Colombia. En: Estudio científico e impacto humano en el ecosistema de manglar. UNESCO. 1978. p 364-386
- INVERMAR. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la

- C.G.S.M. Un enfoque de manejo adaptativo. Informe técnico Final 1999-2002. Convenio MMA – BID – INVEMAR N° 029/99 Santa Marta. 2002. 232p.
- KRAMER, P. Relaciones hídricas del suelo y de las plantas. Centro Regional de Ayuda Técnica A.I.D. México, 1974, 350p.
- LUGO, A. E. y S. SNEDAKER. The ecology of mangroves. Ann. Rev. Ecology and Systematics. (5) 1974. 39-64.
- LUGO, A. E. The future of forests. Ecosystem rehabilitation in the tropics. Environment 30 (7)1980. 16-19pp.
- MANCERA, J. E. y L. A. VIDAL. Florecimiento de microalgas relacionado con mortandad masiva de peces en el Complejo Lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta En: An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín. 1994. 23: 103-117.
- MCCORMAC, J. Surveying fundamentals. Second edition. Prentice Hall. New Jersey. USA. 1991. 140p.
- McKEE, K. Seedling recruitment patterns in a Belizean mangrove forest: effects of establishment ability and physico-chemical factors. 1995. Oecologia. 101: 448-460.
- NOAA. El Niño. Disponible desde internet en <http://www.ogp.noaa.gov/enso/> Con acceso directo el 12 de octubre de 2003. 2003.
- PADRÓN, C. M. Restauración de ecosistemas de manglar en Cuba. Estudio de caso de Provincia Habana. En: C. D. FIELD. La restauración de ecosistemas de manglar. Sociedad Internacional para ecosistemas de manglar. Okinawa. Japón. 1996. 278p.
- PERDOMO, L., I. ENSMINGER., L. F. ESPINOSA, C. ELSTER., M. WALLNER-KERSANACH y M. L. SCHNETTER. The mangrove ecosystem of the Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia): Observations on regeneration and trace metals in sediment. 1999. Marine Pollution Bulletin. 37 (8-12): 393-403.
- PERDOMO, L. Evaluación de procesos de regeneración natural del manglar después de la reapertura de caños de agua dulce (Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia) 2001. Tesis de Maestría (MSc-Biología Marina.) Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Santa Marta.
- POLANÍA J. Adaptaciones fisiológicas en algunas especies de mangle. Acta Biológica colombiana 1992. 2(6): 23-26

- PRAHL, H. VON, C. CASTAÑO-URIBE, A. BRANDO-LEÓN, J. R. CANTERA-KINTZ, P. OCAMPO-AGUIRRE, J. F. MACHADO y RÍOS-HERRERA. *Manglares*. Villegas (eds). Segunda edición. Bogotá D.E. (Colombia). 1989. 207p.
- PROCIÉNAGA. Plan de manejo ambiental de la Subregión Ciénaga Grande de Santa Marta. Santa Marta. 1995. 195-198 p.
- QURESHI, T. Restauración de manglares en Pakistán. En: C. D. FIELD. *La restauración de ecosistemas de manglar*. Sociedad Internacional para ecosistemas de manglar. Okinawa, Japón. 1996. 278p.
- RESTREPO, J. Estudio de algunas variables fisicoquímicas en suelos de manglar del sistema Delta Exterior Del Río Magdalena – Ciénaga Grande de Santa Marta (DERM – CGSM). Informe de avance, Julio de 1995 – Diciembre de 1997, Proyecto Monitoreo del efecto ambiental de la construcción de canales en el Delta Exterior Del Río Magdalena, Programa CAM, INVEMAR. 1997. 18p
- RIVERA-MONROY, V. , CASTAÑEDA-MOYA, E., CASAS-MONROY, O., y P. REYES-FORERO. Estudio Piloto para la reforestación selectiva de especies de manglar utilizando epicentros de dispersión natural en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Magdalena, Colombia. INVEMAR-University of Southwestern Louisiana Lafayette. 1999. 12 p.
- RIVERA-MONROY, V.; MANCERA, E.; TWILLEY, R. R.; CASAS-MONROY, O.; CASTAÑEDA, E.; RESTREPO, J.; DAZA-MONROY, F.; PERDOMO, L.; REYES, P.; CAMPOS, E.; VILLAMIL, M. y F. PINTO. Estructura y función de un ecosistema de manglar a lo largo de una trayectoria de restauración en diferentes niveles de perturbación: El caso de la región de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe Final. University of Louisiana at LaFayette, Center for Ecology and Environmental Technology - INVEMAR. Julio 2001. 224p.
- ROLDÁN, G. Fundamentos de limnología Tropical. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 1992. 528 p.
- SAENGER, P. Restauración de Manglares en Australia, estudio caso del Aeropuerto Internacional de Brisbane. En: C. D. FIELD. *La restauración de ecosistemas de manglar*. Sociedad Internacional para ecosistemas de manglar. Okinawa, Japón. 1996. 278p.
- SÁNCHEZ-PÁEZ, H. Hacia la salvación del Parque Nacional Natural Isla de Salamanca. TRINEA (Act. Cient. Tecn. INDERENA) 1988. 2:505-527pp.
- SÁNCHEZ-PÁEZ, H. ULLOA-DELGADO, G.; GIL-TORRES, W.; ÁLVAREZ-LEÓN, R.; SÁNCHEZ-ALFIEREZ, A.; GUEVARA-MANCERA, O.; PATIÑO-CALLEJAS, L. y F., PÁEZ-PARRA. Hacia la

- recuperación de los manglares del Caribe de Colombia. En: SÁNCHEZ-PÁEZ, H.; ULLOA-DELGADO, G y R. ÁLVAREZ-LEÓN (eds.). Proyecto PD 171/91 Rev. 2 Fase II (Etapa II) Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y el Desarrollo de los Manglares en Colombia, MMA / ACOFORE / CIMIT. Bogotá 2000. 294 p.
- SERRANO, L.,A. Evaluación de la estructura de manglar en zonas sometidas a tensión por alteración del equilibrio hídrico del Delta Exterior del Río Magdalena- Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis de grado en Biología. Univ. Del Valle. 1995. 81p
- SMITH, T. J., ROBBLE, M.B., WANLESS, H.R. y DOYLE, T.W. Mangroves, hurricanes, and lightning strikes. *Bioscience* 1994. 44: 256-262
- SNEDAKER, S. C y P.D. BIBER. Restauración de manglares en los Estados Unidos. En: C. D. FIELD. La restauración de ecosistemas de manglar. Sociedad Internacional para ecosistemas de manglar. Okinawa Japón. 1996. 278p.
- THOM, B. Mangrove ecology – a geomorphological perspective. En: Clough B.F.(editor). Mangrove ecosystems in Australia, Canberra: Australian National University Press. 1982: 3-17 p.
- ULLOA-DELGADO, G; SÁNCHEZ-PÁEZ, H.; GIL-TORRES, W.; PINO-RENGIFO, J.; RODRÍGUEZ-CRUZ, H.; H. RODRÍGUEZ y R. ÁLVAREZ-LEÓN. Conservación y uso sostenible de los manglares del Caribe colombiano. En: SÁNCHEZ-PÁEZ, H.; ULLOA-DELGADO, G y R. ÁLVAREZ-LEÓN (eds.). Proyecto PD 171/91 Rev. 2 Fase II (Etapa I) Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y el Desarrollo de los Manglares en Colombia, MMA / ACOFORE / CIMIT. Bogotá. 1998. 224 p.
- ULLOA-DELGADO, G. Actividades de viveros comunitarios, transplante y desarrollo biológico de los manglares de la costa Caribe colombiana. Proy. PD 171/91 Rev. 2 Fase II (Etapa I) Conservación y manejo para el uso múltiple y el Desarrollo de los Manglares de Colombia, MinAmbiente / ACOFORE / CIMIT. Bogotá (Colombia). Inf. Técnico. 30. 1998a 52p.
- VILLAMIL, M. Evaluación de los cambios espacio temporales (1990-1999) de los bosques de manglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta utilizando imágenes de satélite. 2000. 120 p. Tesis de grado (Biología Marina). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina.

WIEDEMANN, H.U. Reconnaissance of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia: Physical parameters and geological history. Mitt. Inst. Colombo-Aleman Invest. Cient. 1973. 7: 85-119

ANEXOS

Anexo 1. Anova a una vía y test de rangos múltiples (LSD, 95%) del nivel de agua entre las 4 estaciones.

Anova

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Codiente	P
Estaciones	5974,5	3	1991,5	10,53	0,000
Error	25732,2	136	189,208		

Test de rangos múltiples (LSD)

Estación	N	Media	Grupos homogéneos
KM27	24	5,63333	X
SEVILLANO	40	9,0075	X
LOS MUERTOS	28	10,425	X
CAÑO GRANDE	48	21,9583	X

Anexo 2. Anova a una vía del nivel de agua entre las 4 estaciones y los meses de estudio.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Codiente	P
Estaciones y meses	28056,5	15	1870,43	68,74	0,000
Error	3373,84	124	27,2084		

Anexo 3. Anova a una vía y test de rangos múltiples (LSD, 95%) de la salinidad superficial del agua entre las estaciones.

Anova

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Cociente	P
Estaciones	3732,37	3	1244,12	24,78	0,000
Error	5672,97	113	50,2033		

Test de rangos múltiples

Estación	N	Media	Grupos homogéneos
CAÑO GRANDE	48	19,2396	X
SEVILLANO	35	20,7829	X
KM 27	18	28,5833	X
LOS MUERTOS	21	30,9762	X

Anexo 4. Anova a una vía de la salinidad superficial del agua entre las 4 estaciones y los meses de estudio.

Anova

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Cociente	P-Valor
Estaciones y meses	9234,92	12	769,577	469,65	0,000
Error	179,968	108	1,66637		

Anexo 5. .Anova a una vía y test de rangos múltiples (LSD, 95%) de la salinidad intersticial del agua entre las estaciones.

Anova

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Cociente	P-Valor
Estaciones	6800,42	3	2266,81	27,50	0,000
Error	11209	136	8,419		

Test de rangos múltiples

Estación	N	Media	Grupos homogéneos
CAÑO GRANDE	48	18,7188	X
SEVILLANO	40	29,4175	X
KM 27	24	30,725	X
LOS MUERTOS	28	37,325	X

Anexo 6. Anova a una vía de la salinidad intersticial del agua entre las 4 estaciones y los meses de estudio.

Anova

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Codiente	P-Valor
Estaciones y meses	17437,1	15	1162,47	251,85	0,000
Error	572,348	124	4,61571		

Anexo 7. Anova a una vía de la temperatura superficial del agua entre las estaciones.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Codiente	P-Valor
Estaciones	73,0519	3	24,3506	3,99	0,0596
Error	689,179	113	6,09893		

Anexo 8. Anova a una vía de la temperatura superficial del agua entre las 4 estaciones y los meses de estudio.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Codiente	P-Valor
Estaciones y meses	655,763	12	54,6469	47,91	0,000
Error	118,615	104	1,14053		

Anexo 9. Anova a una vía de la temperatura intersticial del agua entre las estaciones.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Cociente	P-Valor
Estaciones	30,5779	3	10,1926	2,29	0,0816
Error	606,479	136	4,4594		

Anexo 10. Anova a una vía de la temperatura intersticial del agua entre las 4 estaciones y los meses de estudio.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Cociente	P-Valor
Estaciones	365,775	15	24,385	17,56	0,000
Error	172,219	124	1,38887		

Anexo 11. Anova a una vía y test de rangos múltiples (LSD, 95%) de la concentración de Amonio entre las estaciones y los 2 meses (noviembre de 2001 y enero dce 2002) de las épocas climáticas principales.

Anova

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Cociente	P-Valor
Estaciones y meses	170906,0	7	24415,3	2619,75	0,000
Error	568,601	61	9,31968		

Test de rangos múltiples

Mes	Estación	N	Media	Grupos homogéneos
Nov	KM 27	6	8,37169	X
Ene	KM 27	6	15,4724	X
Nov	CAÑO GRANDE	11	21,8842	X
Ene	CAÑO GRANDE	12	51,8176	X
Nov	LOS MUERTOS	7	56,9102	X
Nov	SEVILLANO	10	64,2614	X
Ene	SEVILLANO	10	129,086	X
Ene	LOS MUERTOS	7	167,041	X

Anexo 12. Anova a una vía y test de rangos múltiples (LSD, 95%) de la concentración de fosfato entre las estaciones y los 2 meses de las épocas climáticas principales.

Anova

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Codiente	P-Vlor
Estaciones y meses	161315,0	7	23045,0	5667,40	0,000
Error	252,107	62	4,06623		

Test de rangos múltiples

Época	Estación	N	Media	Grupos homogéneos
Ene	CAÑO GRANDE	12	14,2105	X
Ene	LOS MUERTOS	7	17,3561	X
Ene	SEVILLANO	10	22,5738	X
Nov	CAÑO GRANDE	12	31,4115	X
Nov	SEVILLANO	10	36,0074	X
Nov	LOS MUERTOS	7	39,7123	X
Ene	KM 27	6	98,9726	X
Nov	KM 27	6	185,82	X

Anexo 13. Anova a una vía y test de rangos múltiples (LSD, 95%) de la humedad entre las estaciones.

Anova

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Codiente	P-Vlor
Estaciones	47614,6	3	15871,5	441,99	0,000
Error	4811,79	134	35,9089		

Test de rangos múltiples

Estación	N	Media	Grupos homogéneos
KM 27	24	30,3417	X
CAÑO GRANDE	48	39,9083	X
LOS MUERTOS	38	72,7026	X
SEVILLANO	28	74,1464	X

Anexo 14. Anova a una vía de la humedad entre las 4 estaciones y los meses de estudio.

Anova

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Cociente	P-Valor
Estaciones y meses	49294,3	15	3286,29	128,01	0,000
Error	3132,1	122	25,6729		

Anexo 15. Anova a una vía y test de rangos múltiples (LSD, 95%) de la materia orgánica entre las estaciones.

Anova

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Cociente	P-Valor
Estaciones	16679,2	3	5559,72	279,13	0,000
Error	2649,07	133	19,9178		

Test de rangos múltiples

Estación	N	Media	Grupos homogéneos
KM 27	24	5,79583	X
CAÑO GRANDE	46	13,2957	X
SEVILLANO	39	31,2359	X
LOS MUERTOS	28	33,4214	X

Anexo 16. Anova a una vía de la materia orgánica entre las 4 estaciones y los meses de estudio.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Cociente	P-Valor
Estaciones	16171,3	15	1078,09	41,32	0,000
Error	3156,88	121	26,09		

Anexo 17. Ancova a una vía de la sobrevivencia en las 4 estaciones durante el estudio.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Cociente	P-Valor
Covariable: Tiempo	49,4083	1	49,4083	12,38	0,0026
Especie-Estación	7341,71	5	1468,34	367,94	0,000
Residuo	67,8417	17	3,99069		

Anexo 18. Ancova a una vía de la sobrevivencia por especie en las 4 estaciones durante el estudio.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Codiente	P-Vlor
Covariable:					
Tiempo	49,4083	1	49,4083	0,22	0,6426
Especie	2730,08	1	2730,08	12,25	0,0021
Residuo	4679,47	21	222,832		

Anexo 19. Ancova a una vía y test de rangos múltiples de la tasa de crecimiento en altura en las 4 estaciones durante el estudio.

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Codiente	P-Vlor
Covariable:					
Tiempo	45025,2	1	45025,2	75,52	0,000
Especie-Estación	232418,0	5	46483,7	77,97	0,000
Residuo	262916,0	441	596,181		

Test de rangos múltiples

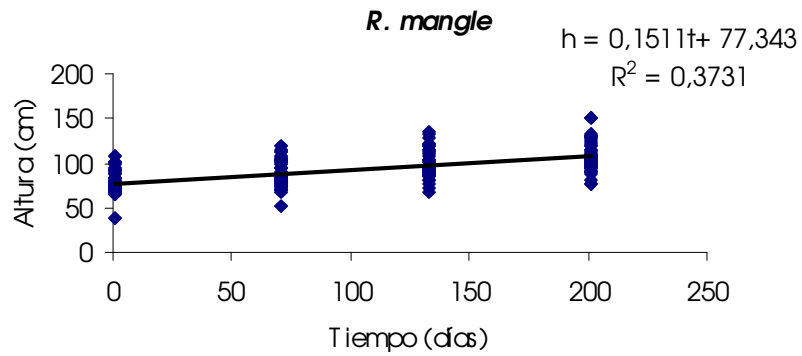
Especie	Estación	N	Media	Grupos homogéneos
R. mangle	SEVILLANO	68	60,6512	X
R. mangle	KM 27	196	92,1499	X
L. racemosa	SEVILLANO	20	111,526	X
L. racemosa	LOS MUERTOS	4	117,232	XX
R. mangle	LOS MUERTOS	12	118,982	XX
R. mangle	CAÑO GRANDE	148	126,898	X

Anexo 20. Ancova a una vía de la tasa de crecimiento en altura por especie en las 4 estaciones durante el estudio.

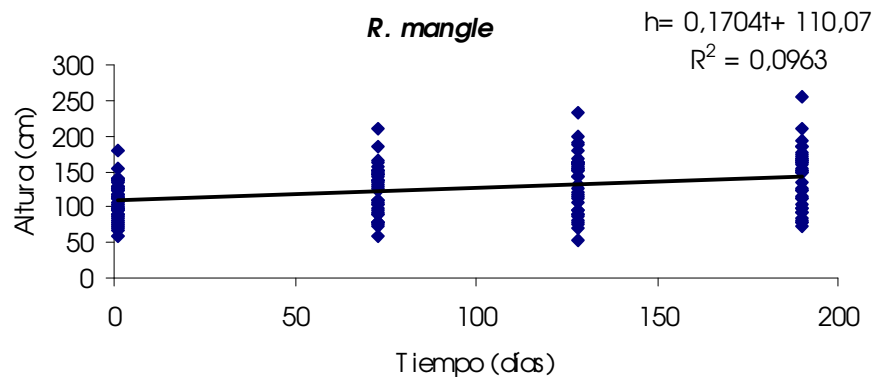
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Codiente	P-Vlor
Covariable:					
Tiempo	47458,4	1	47458,4	43,07	0,000
Especie	3554,72	1	3554,72	3,23	0,0332
Residuo	490357,0	445	1101,93		

Anexo 21. Regresión lineal entre el tiempo y la altura de *R. mangle* en las 4 estaciones

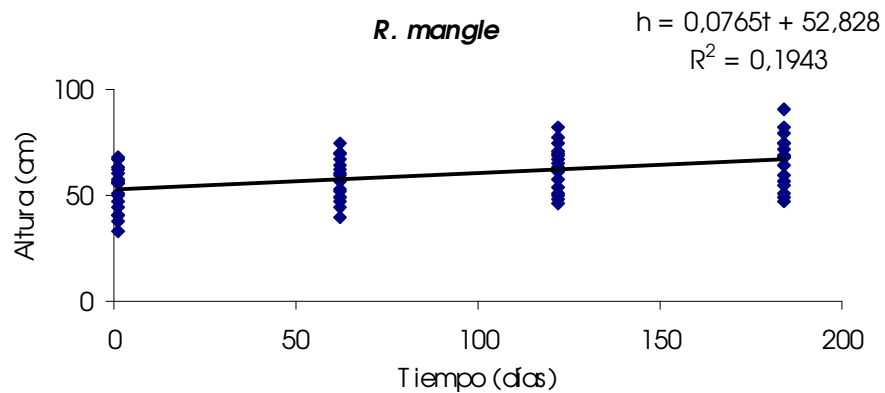
Km 27



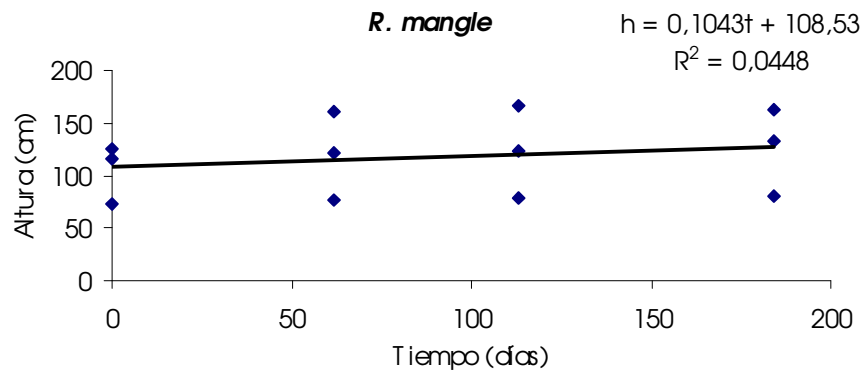
Caño Grande



Sevillano

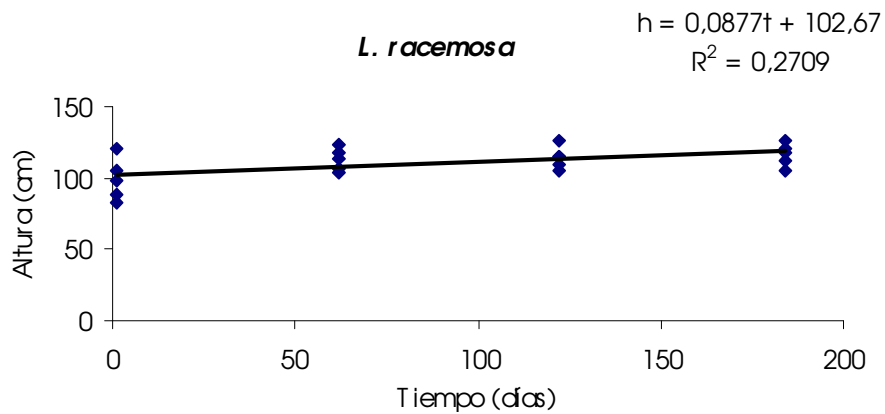


Los Muertos

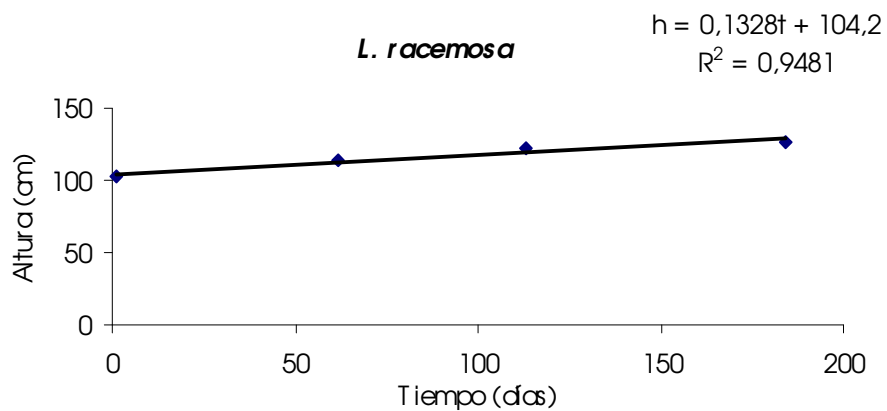


Anexo 22. Regresión lineal entre el tiempo y la altura de *L. racemosa* en Sevillano y Los Muertos.

Sevillano



Los Muertos



Anexo 23. Ancova a una vía y test de rangos múltiples de la tasa de crecimiento en diámetro entre las 4 estaciones durante el estudio

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Codiente	P-Valor
Covariable:					
Tiempo	27,941	1	27,941	272,84	0,000
Especie-Estación	9,77829	5	1,95566	19,10	0,000
Residuo	45,1614	441	0,102407		

Test de rangos múltiples.

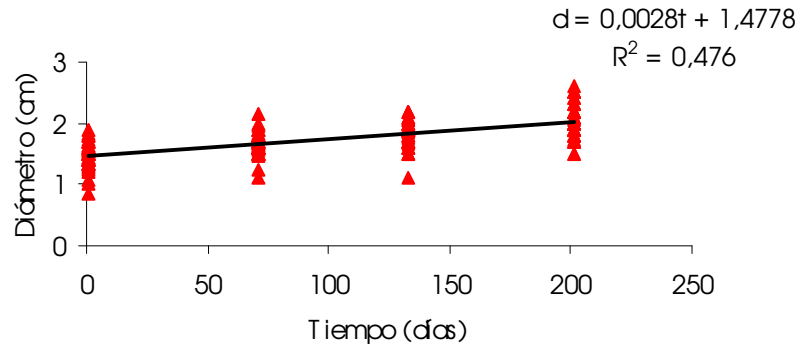
Especie	Estación	N	Media	Grupos homogéneos
<i>L. racemosa</i>	LOS MUERTOS	4	1,50195	X
<i>R. mangle</i>	SEVILLANO	68	1,69261	X
<i>R. mangle</i>	KM 27	196	1,74692	X
<i>R. mangle</i>	CAÑO GRANDE	148	1,92158	X
<i>L. racemosa</i>	SEVILLANO	21	2,15408	X
<i>R. mangle</i>	LOS MUERTOS	12	2,36029	X

Anexo 24. Ancova a una vía de la tasa de crecimiento en altura por especie en las 4 estaciones durante el estudio.

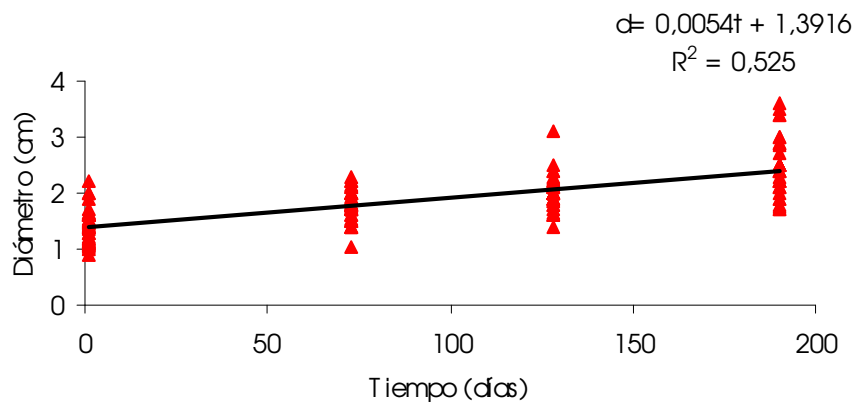
Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-Codiente	P-Valor
Covariable:					
Tiempo	27,9694	1	27,9694	233,37	0,000
Especie	1,18908	1	1,18908	9,92	0,037
Residuo	53,3329	445	0,119849		

Anexo 25. Regresión lineal entre el tiempo y el diámetro de *R. mangle* en las 4 estaciones

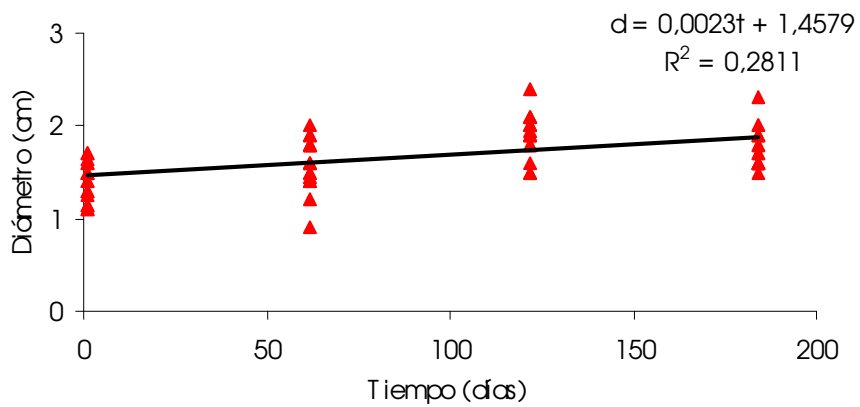
Km 27



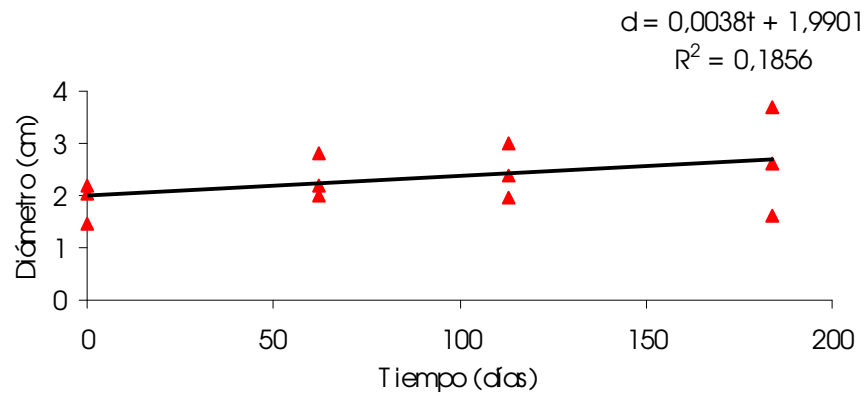
Caño Grande



Sevillano

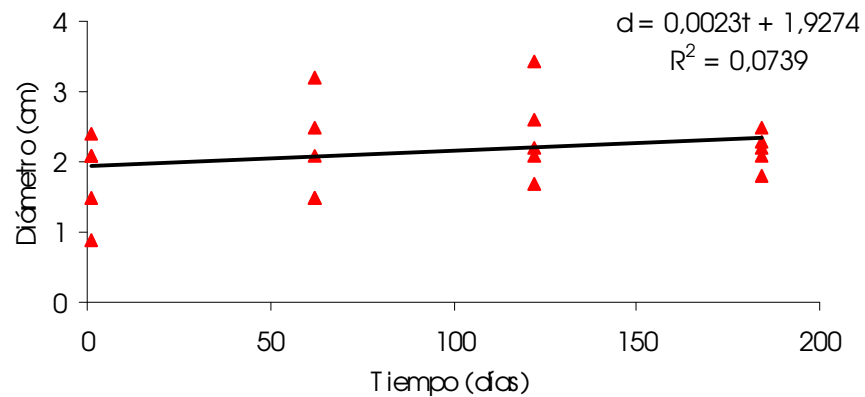


Los Muertos



Anexo 26. Regresión lineal entre el tiempo y el diámetro de *L. racemosa* en Sevillano y Los Muertos.

Sevillano



Los Muertos

