

# APLICACIÓN DE MEDIDAS REPETIDAS A CUATRO PROPIEDADES EDÁFICAS EN LOS MANGLARES DEL BRAZO CALANCALA, RÍO RANCHERÍA

por

Mauricio A. Ruiz-Ochoa<sup>1</sup>, Rafael A. Meléndez<sup>1</sup>, Martha L. Castellanos<sup>1</sup>,  
Jaime H. Polanía<sup>2</sup>

## Resumen

**Ruiz-Ochoa, M.A., R. Meléndez, M. Castellanos, J. Polanía:** Aplicación de medidas repetidas a cuatro propiedades edáficas en los manglares del brazo Calancala, río Ranchería. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **30** (115): 233-242. 2006. ISSN 0370-3908.

Se analizaron las varianzas de medidas repetidas en el tiempo de cuatro propiedades edáficas (salinidad, CE, MO y pH) en los manglares del brazo Calancala, delta del río Ranchería. Revisado el supuesto de esfericidad, los resultados indican tendencias de cambio en el periodo observado en las cuatro propiedades edáficas. Las diferencias debidas al tiempo influyen en la vegetación y pueden asociarse a la hidrodinámica del brazo Calancala.

**Palabras clave:** ANOVA de medidas repetidas, esfericidad, propiedades edáficas, manglar, Caribe colombiano.

## Abstract

The variances of repeated measurements in time of four edaphic properties (salinity, EC, OM, and pH) in the mangroves of Calancala branch, Ranchería River delta, were analyzed. As the sphericity assumption was reviewed, the results indicate change trends along the observation period in all four edaphic properties. Differences that can be ascribed to time do influence the vegetation and can be associated to the hydrodynamics of the Calancala branch.

**Key words:** ANOVA of repeated measurements, sphericity, edaphic properties, mangrove, Colombian Caribbean.

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones. Universidad de La Guajira. Km 5 vía a Maicao. Riohacha. Colombia. Telefax (+57-5) 7285306. Correo electrónico: mandresruiz@hotmail.com, melendez24@hotmail.com, marthaligia123@terra.com.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Correo electrónico: jhpolaniav@unalmed.edu.co.

## Introducción

La teoría de análisis de varianza de medidas repetidas es muy conocida en un contexto general, y se puede usar cuando se realizan múltiples observaciones sobre la misma unidad experimental (en adelante UE) en diferentes periodos (Crowder & Hand, 1990), donde se tendrán datos completamente correlacionados (Underwood, 1981; Moser *et al.*, 1990). El análisis de medidas repetidas se ha aplicado con un interés explícito en la repuesta sobre el tiempo (von Ende, 1993) en campos como la biología (Underwood, 1981; Vilela *et al.*, 2000), las ciencias ambientales (Giraldo, 1995; Giraldo & Campos, 1997), las ciencias sociales (Guthrie, 1981; Fox, 1984; Benavides & López, 1994; Field, 1998; Arias & Fuentes, 1999; Jimerson & Bond, 2001), la medicina (Keselman & Keselman, 1984; Church & Schwenka, 1986; Cnaan *et al.*, 1997; Wallewnstein & Fisher, 1997; Otero *et al.*, 2000; Azeka *et al.*, 2002; Murano *et al.*, 2004; Stip *et al.*, 2005), la odontología (Maple *et al.*, 2005) y la zoología (Gill & Hafs, 1971), entre otros. En la ciencia del suelo algunas observaciones se hacen a través del tiempo sobre la misma UE, pero son analizados mediante gráficos simples o por medio de análisis univariados de varianza ANOVA o regresión, y se ignora información potencialmente disponible concerniente a la tendencia sobre el tiempo (Giraldo & Campos, 1997) y es frecuente que se violen los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza de los análisis univariados (Gurevich & Chester, 1986), lo que conduce a estimaciones erróneas de la suma de cuadrados medios y de los valores de F y a pruebas de hipótesis no confiables (Fox, 1984). Además, se requiere que las medidas sean independientes (Moser *et al.*, 1990).

Se presenta la aplicación de la técnica de medidas repetidas sobre las variables salinidad, conductividad eléctrica (en adelante CE), materia orgánica (en adelante MO)

y pH del suelo en los manglares del brazo Calancala, delta del río Ranchería. Las cuatro propiedades edáficas se consideraron porque dentro del trabajo de pregrado del primer autor (Martínez-Ramos & Ruiz-Ochoa, 2001), presentaron tendencia de cambio en el tiempo. Sin embargo, este manuscrito hace énfasis en el aspecto estadístico, más que en el edáfico, del estudio.

## Materiales y Métodos

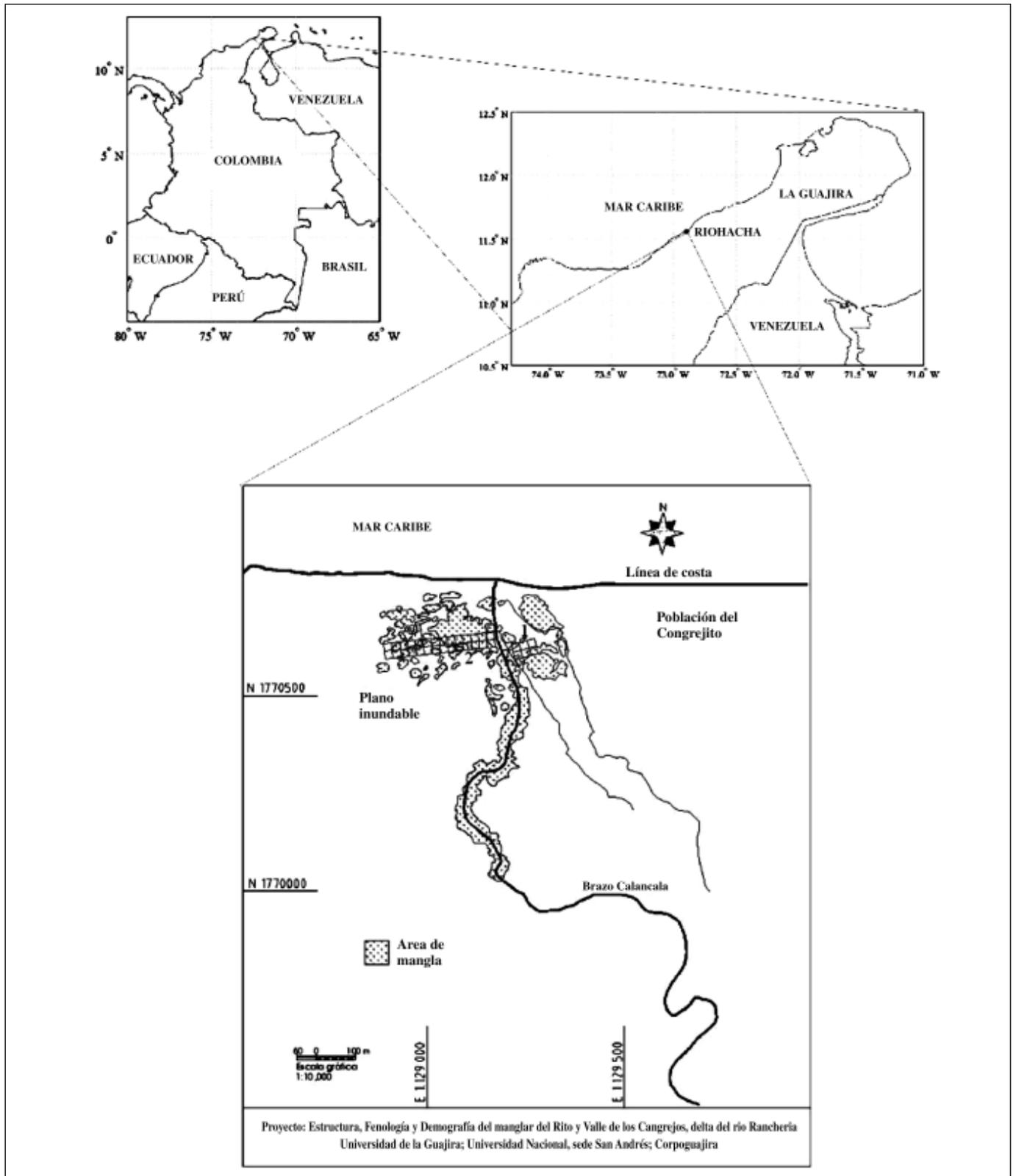
A lo largo de cuatro épocas climáticas, entre jul/00 y jun/01, fueron medidas las variables salinidad ( $\text{mg L}^{-1}$ ), CE ( $\text{mS cm}^{-1}$ ), MO (%) y pH dentro de un corredor de 28 UE de 20 x 20 m, ubicado perpendicularmente al brazo Calancala, que se localiza a 2 km de la cabecera municipal de Riohacha (fig. 1), entre las coordenadas geográficas  $11^{\circ}33'42''$  N y  $72^{\circ}53'43''$  W (Sánchez-Páez *et al.*, 1997). El régimen climático es bimodal, con mayor precipitación entre septiembre y noviembre y menor precipitación de mayo a junio (IDEAM, 1997).

En el centro de cada UE se tomaron 500 g de suelo hasta una profundidad de 15 cm (V. Rivera-Monroy, com. pers.), con un nucleador (tubo de PVC) de 2" de diámetro. Las muestras fueron empacadas, marcadas, selladas, debidamente refrigeradas en bolsas plásticas y procesadas en el Laboratorio Ambiental de la Corporación Autónoma Regional de La Guajira (CORPOGUAJIRA) y se aplicaron los métodos relacionados en la tabla 1 (Martínez-Ramos & Ruiz-Ochoa, 2001; Martínez-Ramos *et al.*, 2003). Para la determinación de estas variables, el suelo se secó en la estufa (Blue M Electric, Model OV-18A, rango de temperatura de 38-288°C) hasta obtener peso constante.

En el mes de jul/00, se hizo una descripción del perfil del suelo a partir de una calicata ubicada en la UE 27, es decir al final del corredor. Las dimensiones de las calicatas

**Tabla 1.** Métodos utilizados en la determinación de las cuatro propiedades edáficas del manglar en el brazo Calancala, delta del río Ranchería, de julio/00 hasta junio/01.

Propiedad	Método	Referencias
Humedad	Secado a 105°C hasta peso constante.	IGAC (1979; 1990), ICONTEC (1983), González (1994).
Salinidad y CE	Potenciómetro. Salinidad y conductividad eléctrica (Tetra Con 325 $1 \mu\text{S cm}^{-1}$ a 500 $\text{mS cm}^{-1}$ y desde -5°C hasta 80°C).	IGAC (1990).
MO	Calcinación a 550°C en mufla.	Boto (1984), Dewis y Freitas (1984), Grimshaw (1989).
pH	Potenciómetro. Multiparamétrico WTW P4 con el electrodos pH Sen Tix 41-3 (0-14).	IGAC (1990).



**Figura 1.** Ubicación del sitio de muestreo dentro del brazo Calancala, municipio de Riohacha, península de La Guajira.

fueron 1 m<sup>2</sup> de superficie por 1 m de profundidad (Martínez-Ramos & Ruiz-Ochoa, 2001).

Con los datos de las cuatro variables edáficas, se realizó la prueba de esfericidad y el análisis de varianza de medidas repetidas. El modelo de medidas repetidas es igual al clásico de observaciones independientes, pero con un parámetro adicional  $\tau_j$  introducido para todos los efectos por el uso de la misma UE bajo diferentes condiciones (Montgomery, 1991; Moreno, 1993).

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \tau_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Donde  $i = 1, \dots, n$  individuos  
 $j = 1, \dots, p$  niveles o tratamientos

Si las diferencias entre los niveles están correlacionadas a través de los tratamientos (tiempo), entonces los contrastes usados para probar la hipótesis no deberían ser independientes uno del otro (Underwood, 1981; Maxwell & Delaney, 2004).

La esfericidad dentro del modelo anterior supone que, es decir existe una relación especial entre las respuestas dentro de los niveles de las variables que está implícita en el modelo de la matriz de varianzas y covarianzas (Weinfurt, 1995). Por tanto esta matriz es diagonal y los elementos son constantes (Montgomery, 1991; Moreno, 1993). Además, los datos deben mostrar el criterio del componente simétrico o el circulatorio. Para el simétrico, las varianzas y covarianzas serán iguales en cada nivel del factor de medidas repetidas y en dentro de cada grupo, en cuanto al circulatorio, el valor de  $\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \text{cov}(x_1, x_2)$  será el mismo para cada par de niveles dentro del factor (Maxwell & Delaney, 2004).

Una de las pruebas más conocidas para probar la hipótesis de esfericidad es Mauchly (1940), tiene como estadístico:

$$W = (\det R) / |q^{-1} \text{traza } R|^q \quad (2)$$

Donde  $q = p - 1$   
 $R = CSC^T$   
 $C =$  matriz de contrastes ortogonales  $q \times p$ .

Las tablas para  $W$  están dadas en Nagarseker & Pillai (1973). Otro estadístico es Crowder & Hand (1990):

$$\{ \sum (n_g - 1) - n \} \text{Log } W \quad (3)$$

Donde  $n_g =$  números de varianzas distribuida asintóticamente como  $\chi_v^2$  con

$$v = \frac{1}{2} (q - 1)(q + 2) \text{ grados de libertad.}$$

Si se rechaza la hipótesis de esfericidad, la prueba de los efectos principales y las interacciones dentro de cada

factor presentan un aumento en la tasa del error tipo I, porque el valor de  $F$  es inflado (Box, 1954). El supuesto de esfericidad frecuentemente no aparece en el diseño de medidas repetidas (Maxwell & Delaney, 2004). Una forma de resolver el problema es aplicar un ajuste de los grados de libertad del factor epsilon  $\varepsilon$  (Box, 1954), a través de los estimadores Greenhouse & Geisser (1959) o Huynh & Feldt (1970). Un valor  $\varepsilon$  igual a 1, indica que el supuesto de esfericidad fue encontrado (Box, 1954; Kirk, 1982). Una estimación de  $\varepsilon$  está dada por:

$$\hat{\varepsilon} = \varepsilon(S) \quad (4)$$

Donde  $S$  es la matriz de varianzas y covarianzas muestral.

Cuando la estimación de  $\varepsilon$  está sesgada se sobreestimar los grados de libertad, que producen pruebas más conservadores si  $\varepsilon > 0.75$  y  $\eta < 2p$  (Box, 1954). Una alternativa para la estimación de un  $\varepsilon$  menos sesgado y menos dependiente de un  $h$  grande, está dado por Crowder & Hand (1990):

$$\hat{\varepsilon} = \min(1, a/b) \quad (5)$$

Donde  $a = n(p - 1) \hat{\varepsilon} - 2$

$$b = (p - 1) \{ n - G - (p - 1) \hat{\varepsilon} \}$$

Para simplificar el análisis cuando se involucran medidas repetidas sobre la misma UE se usan los polinomios ortogonales (Steel & Torrie, 1988). El procedimiento consiste en generar nuevas variables a través de sumas ponderadas de las observaciones sobre el mismo individuo, por medio de los coeficientes de los polinomios y realizar con éstas el análisis de varianza tradicional (Gurevich & Chester, 1986).

La hipótesis de interés de este trabajo fue: determinar si existen diferencias significativas o cambios significativos en los promedios de las variables salinidad, CE, MO y pH del suelo en el manglar del brazo Calancala a través de los diferentes periodos climáticos (tiempo). Para probarla se utilizaron los ponderadores de los coeficientes de comparación ortogonales para tratamientos igualmente espaciados (Steel & Torrie, 1988; Moreno, 1993), para cuatro niveles (correspondientes a las épocas climáticas) y se generaron los efectos polinomiales (lineal, cuadrático y cúbico) de las observaciones tomadas en cada UE (Montgomery, 1991). Con las nuevas variables se probó la hipótesis de no efecto en el tiempo. La hipótesis de que todas las medias son iguales a cero, es equivalente a pro-

bar que las hipótesis de tendencia lineal, cuadrática y cúbica son iguales a cero (Crowder & Hand, 1990), y los valores medios de las variables no cambian durante el experimento (Gurevich & Chester, 1986). Para el análisis de los datos se utilizó el software SYSTAT 9.0 (SPSS, 1999).

**Resultados y Discusión**

En la Tabla 2 se describe el perfil del suelo realizado en la UE 27. Se encontró que las variaciones en el perfil del suelo pueden estar controladas por la hidrodinámica del brazo Calancala y sus aportes de sedimentos y partículas (Maza & Zárate, 2001), la acumulación de MO con poco grado de descomposición y las reducciones de hierro dadas a medida que se profundiza (Martínez-Ramos & Ruiz-Ochoa, 2001). Las texturas encontradas en campo y las determinadas en laboratorio no difieren de los registros IGAC (1998) para los suelos de Riohacha. Las variaciones de color en la profundidad del perfil son indicadoras de las limitaciones del drenaje interno y de las condiciones óxido-reductoras (Martínez-Ramos & Ruiz-Ochoa, 2001).

El nivel freático estuvo cercano a 1 m. El suelo estaba cubierto de *Avicennia germinans*, *Batis maritima* (Lema,

2000; Lema *et al.*, 2003) y pajas. Se encontraron arcillas 2:1 de origen aluvial. La superficie presentó moteados oscuros, indicador de contenido de MO con poco grado de descomposición (Martínez-Ramos & Ruiz-Ochoa, 2001). Con la información obtenida entonces, la cual es una aproximación en la determinación taxonómica del suelo, puesto que este aspecto no se contempló entre los objetivos del trabajo, se puede decir que hacen parte de los *Udorthents* (USDA y NRCS, 1998).

Mediante la prueba de Mauchly (1940) se rechazó la hipótesis de que los datos presentan esfericidad (tabla 3), es decir, las varianzas de los diferentes puntos muestreados no son homogéneas (Kirk, 1982), en este caso se podría aplicar el análisis multivariado que no se afecta por el supuesto de esfericidad (Box, 1954), o la estadística univariada. Aunque es preferible usar la aproximación univariada porque en condiciones de esfericidad, el estadístico univariado F es más potente que los estadísticos multivariados, sobre todo en muestras pequeñas (Crowder & Hand, 1990).

Sin embargo, asumir el método de Greenhouse & Geisser (1959) es la opción más conservadora, y los grados de libertad del factor (tanto los del numerador como los del denominador) se ajustan mediante la multiplica-

**Tabla 2.** Descripción del perfil del suelo en la UE 27, dentro del manglar del brazo Calancala, delta del río Ranchería, realizada en julio de 2000.

Profundidad (cm)	Color	Estructura	Textura	Nomenclatura
0 – 15	Pardo (P) moteados amarillos.	Angulares –subangulares.	FArL	Ap1
15 – 20	P moteados amarillos.	Subangulares – fina – muy fina.	ArL	Ap2
20 – 30	P moteados grises.	Sin estructura.	Ar	Ct1
30 – 45	P oscuro (O) moteados grises.	Sin estructura.	Ar	Ct2
45 – 68	PO moteados grises.	Sin estructura.	F	Cg1
68 – 100	Gris.	Sin estructura.	L	Cg2

**Tabla 3.** Prueba de Mauchly al evaluar la esfericidad en salinidad (mg L<sup>-1</sup>), CE (mS cm<sup>-1</sup>), MO (%) y pH con los estimadores Greenhouse-Geisser y Huynh-Feldt.

Variables	Mauchly	$\chi^2$	g.l	p-Valor	$\epsilon$	
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt
Salinidad	0.057	73.689	5	0.000	0.422	0.433
CE	0.056	73.977	5	0.000	0.421	0.432
MO	0.465	19.683	5	0.001	0.684	0.748
pH	0.286	32.163	5	0.000	0.547	0.577

g.l.: grados de libertad

ción de estos por el valor estimado de  $e$ . (Crowder & Hand, 1990). Los estimadores desarrollados por Greenhouse & Geisser (1959) y Huynh & Feldt (1970) aplicados a de la prueba F de cada una de las cuatro variables edáficas se presentan en la Tabla 4.

La alta variabilidad y la falta de homogeneidad de la varianza en las variables estudiadas se debe a que en gran parte el ecosistema se encuentra extremadamente seco, y debido al régimen de inundación del brazo Calancala, asociado con el aumento de los caudales por la precipitación (Maza & Zárate, 2001), se ocasionan cambios significativos en el valores de las variables estudiadas (Martínez-Ramos & Ruiz-Ochoa, 2001; Martínez-Ramos *et al.*, 2003) que influyen en las relaciones de cambio en el tiempo.

Los valores del p-Valor asociados con las fuentes de variación en los contrastes (lineal, cuadrático y cúbico)

permitieron determinar la existencia de las tendencias de cambio a través del tiempo de las cuatro variables estudiadas. Se encontró que un nivel de significancia ( $p < 0.005$ ; Tabla 5) para los contrastes (lineal, cuadrático y cúbico) existe una tendencia de cambio cuadrática y cúbica para salinidad y CE; lineal y cuadrática para MO; y lineal, cuadrática y cúbica para el pH a través de las épocas climáticas (Martínez-Ramos & Ruiz-Ochoa, 2001; Martínez-Ramos, *et al.*, 2003).

Por ser la CE una medida de la cantidad de sales en la solución del suelo (IGAC, 1990), la variación temporal fue similar tanto a la salinidad, con disminución durante el mes de nov/00 (época lluviosa) y aumento en feb/01 (época seca), este comportamiento igual fue señalado por Giraldo & Campos (1997) en la Ciénaga Grande de Santa Marta (en adelante CGSM). El promedio de salinidad fue  $7.99 \text{ mg L}^{-1}$  y el de CE  $13.70 \text{ mS cm}^{-1}$  (fig. 2 y 3).

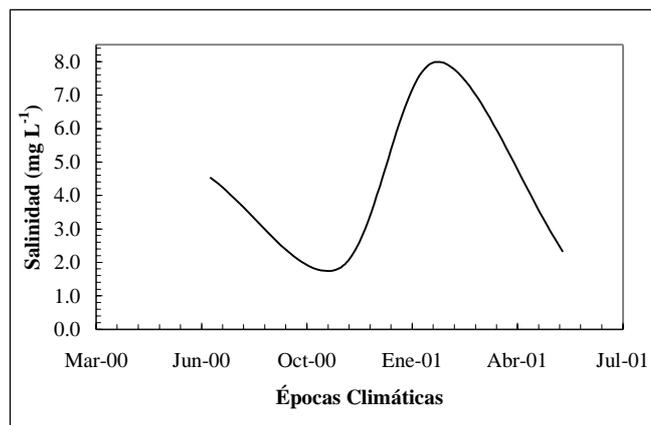
**Tabla 4.** Corrección de los grados de libertad con los estimadores Greenhouse-Geisser y Huynh-Feldt para las variables salinidad ( $\text{mg L}^{-1}$ ), CE ( $\text{mS cm}^{-1}$ ), MO (%), y pH.

Variables		g.l.	Cuadrados medios	F	p-valor
Salinidad	Esfericidad	3	220.192	32.082	0.000
	Greenhouse-Geisser	1.266	521.962	32.082	0.000
	Huynh-Feldt	1.299	508.424	32.082	0.000
CE	Esfericidad	3	589.155	32.170	0.000
	Greenhouse-Geisser	1.263	1399.883	32.170	0.000
	Huynh-Feldt	1.296	1363.925	32.170	0.000
MO	Esfericidad	3	130.999	11.113	0.000
	Greenhouse-Geisser	2.068	189.996	11.113	0.000
	Huynh-Feldt	2.243	175.226	11.113	0.000
pH	Esfericidad	3	3.465	18.225	0.000
	Greenhouse-Geisser	1.641	6.337	18.225	0.000
	Huynh-Feldt	1.732	6.000	18.225	0.000

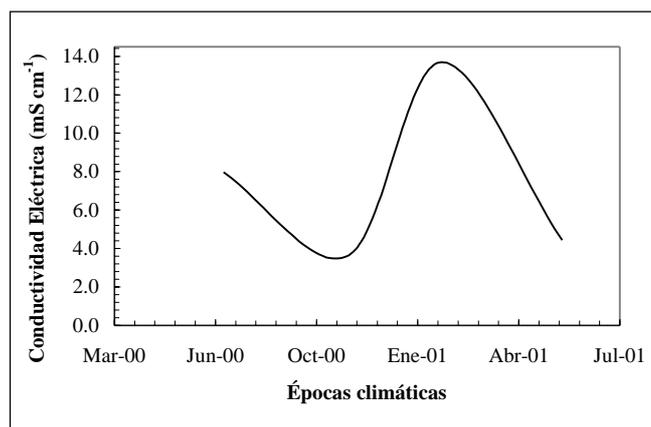
g.l.: grados de libertad.

**Tabla 5.** Significancia de los contrastes. Un p-Valor  $< 0.05$  en los contrastes (lineal, cuadrático y cúbico) para cualquier fuente de variación indica que existe tendencia de cambio en los periodos climáticos.

Variables	Contrastes		
	Lineal (p-Valor)	Cuadrático (p-Valor)	Cúbico (p-Valor)
Salinidad	0.657	0.007	0.000
CE	0.774	0.005	0.000
MO	0.020	0.000	0.769
pH	0.000	0.000	0.003



**Figura 2.** Variaciones de la salinidad ( $\text{mg L}^{-1}$ ) en el brazo Calancala, delta del río Ranchería, entre jul/00 y jun/01.



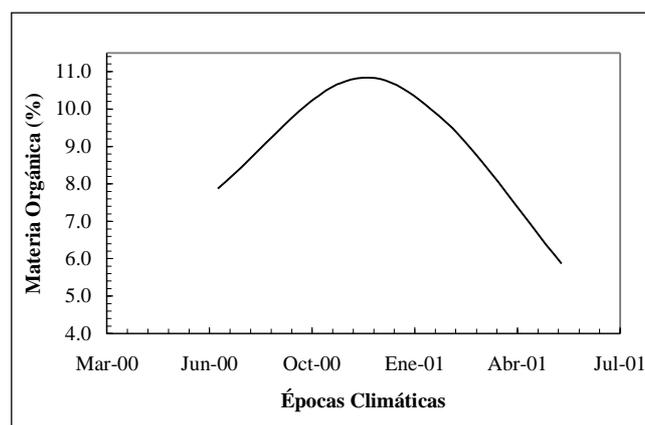
**Figura 3.** Variaciones de la CE ( $\text{mS cm}^{-1}$ ) en el brazo Calancala, delta del río Ranchería, entre jul/00 y jun/01.

Probablemente estas variaciones se deban al efecto de lavado de las aguas dulces, las mareas ocasionales (Olaya *et al.*, 1991) y al descenso en los niveles de inundación del brazo Calancala (Maza & Zárate, 2001).

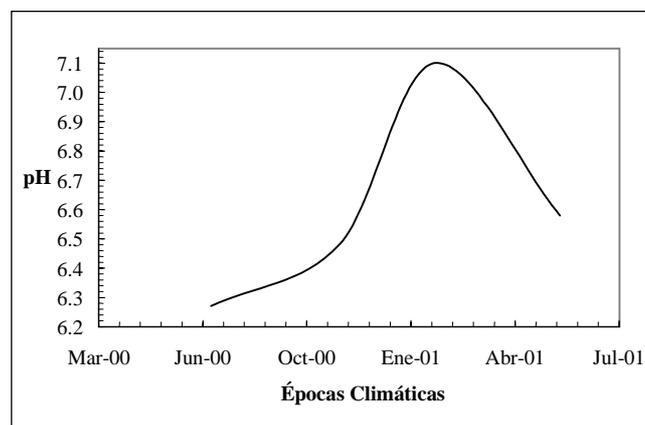
El valor máximo promedio de MO estuvo en 10.73% y fue obtenido en nov/00 (Fig. 4) y su tendencia de cambio se asocia con la vegetación y su biota (Jagtap, 1987) y con los aportes de sedimento (Jagtap, 1987; Ellison, 1998). Esto podría estar presentándose en el brazo Calancala donde la presencia de plantas halófitas (*B. maritima*) que representa el sotobosque (Lema, 2000; Lema *et al.*, 2003) y de neumatóforos de *A. germinans* ambos con altura de 60 cm, sirven de trampas al sedimento (Vásquez, 2000), y favorecen su acumulación (Martínez-Ramos & Ruiz-Ochoa, 2001; Martínez-Ramos *et al.* 2003). En general la MO se encontró dentro de

los rangos registrados por Odum *et al.* (1982) entre 10 y 20% para el Sur de La Florida y por Giraldo (1995) entre 1.4 y 60.1% para la CGSM.

En relación con el pH, los mayores valores se presentaron en feb/01 con valor promedio de 7.10 (fig. 5) estando dentro de los rangos registrados por Pannier & Pannier (1985; entre 4.4 – 8.8) para los manglares de Venezuela y por Boto & Wellington (1984; entre 6.02 – 7.00) para los de Australia. El comportamiento del pH probablemente se deba al efecto de las madrigueras que hacen los cangrejos (Hogarth, 1999) y a la abundancia de *A. germinans* a lo largo de las 28 UE (Vásquez, 2000), ya que como lo registran Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983) y Pinto-Nolla & Naranjo (1993), los suelos poblados de *Rhizophora mangle* presentan un pH más básico que los de *A. germinans* cuando están saturados de agua, pero al secarse se hacen más ácidos. Aunque en el brazo Calancala,



**Figura 4.** Variaciones de la MO (%) en el brazo Calancala, delta del río Ranchería, entre jul/00 y jun/01.



**Figura 5.** Variaciones del pH en el brazo Calancala, delta del río Ranchería, entre jul/00 y jun/01.

el pH no experimentó cambios drásticos que pudieran llevarlo a la acidez (Martínez-Ramos & Ruiz-Ochoa, 2001).

Para todas las variables estudiadas los máximos valores promedio se encontraron en Feb/01, con excepción de MO, dado en Nov/00, esto posiblemente sea el reflejo de las condiciones climáticas locales.

### Conclusiones

El supuesto de esfericidad no se cumplió en las cuatro propiedades edáficas estudiadas, lo que implicó ajustar los grados de libertad.

Se hizo necesario el análisis de varianza de medidas repetidas porque las mediciones fueron realizadas sobre la misma UE en los diferentes periodos climáticos y el principal interés se centró en determinar cambios significativos en el tiempo de las cuatro propiedades edáficas estudiadas en el suelo de manglar del brazo Calanaca.

Se aceptó la hipótesis de existencia de cambios significativos en los promedios de las variables salinidad, CE, MO y pH del suelo en el manglar del brazo Calanaca a través de las épocas climáticas (tiempo).

La escasez de datos tomados en el tiempo no permitió trabajar técnicas como las series de tiempo que exigen un tamaño de muestra mayor; además el interés de este trabajo se centró en la existencia de cambios significativos de las variables estudiadas.

La aplicación de esta técnica en las ciencias del suelo ha sido poco aplicada, por lo que este trabajo se convierte en una aproximación de la utilidad que puede darse desde el punto de vista de entender las tendencias de cambios en el tiempo cuando se trabaja con variables medidas en la misma UE.

Cuando se realiza una ANOVA o un análisis de regresión, o simplemente un análisis gráfico se ignoran informaciones disponibles sobre las tendencias de cambio. Además, como los datos son cronológicos sobre la misma UE, seguramente se estaría violando el supuesto de independencia.

### Agradecimientos

Esta investigación hizo parte del proyecto "Estructura, fenología y demografía del manglar del Riíto y el Valle de los Cangrejos, delta del río Ranchería", Cofinanciado por COLCIENCIAS Código 1145-09-648-98; desarrollado conjuntamente por la Universidad Nacional de Colombia Sedes San Andrés y Medellín, la Universidad de La Guajira y CORPOGUAJIRA, con apoyo de IDEAM.

### Referencias

- Arias, B. & J. Fuertes. 1999. Competencia social y solución de problemas sociales en niños de educación infantil: un estudio observacional. Universidad de Valladolid. Revista Electrónica del Departamento de Psicología, **1**(1): 1-40.
- Azeka, E.; Franchini, J.; Valler, C. & E. Bocchi. 2002. Delisting of infants and children from the heart transplantation waiting list after carvedilol treatment. Journal of the American College of Cardiology, **40**(11): 2034-2038.
- Benavides, J. & L. López. 1994. Una aplicación de medidas repetidas en psiquiatría. Revista Colombiana de Estadística, **29-30**: 31-44.
- Boto, K. 1984. Waterlogged saline soils. In: Snedaker S. y J. Snedaker (eds.). The mangrove ecosystem: research methods, **7**: 114-130.
- \_\_\_\_\_ & J. Wellington. 1984. Soil characteristics and nutrient status in Northern Australian mangrove forest. Estuaries, **7**(1): 61-69.
- Box, G. 1954. Some theorems on quadratic forms applied in the study of analysis of variance problems: II effects of inequality of variance and of correlation of errors in two-way classification. Annals of Mathematical Statistics, **25**: 484-498.
- Church, C. & J. Schwenka. 1986. Autoregressive errors with a repeated measures design in clinical trials. Controlled Clinical Trials, **7**: 149-164.
- Cnaan, A.; Laird, N. & P. Slasor. 1997. Using the general linear mixed model to analyze unbalanced repeated measures and longitudinal data. Statistics in Medicine, **16**(20): 2349-2380.
- Crowder, M. & D. Hand. 1990. Analysis of repeated measures. Chapman and Hall. New York. 251 p.
- Dewis J. & F. Freitas. 1984. Métodos físicos y químicos de análisis de suelos y aguas. Boletín de suelos de la FAO, **10**: 7-19.
- Ellison, J. 1998. Impacts of sediment burial of mangroves. Marine Pollution Bulletin, **37**(8-12): 420-426.
- Field, A. 1998. A bluffer's guide to... sphericity. The british psychological society: mathematical, statistical & computing section. Newsletter, **6**:13-22.
- Fox, J. 1984. Lineal statistical models and related methods with applications to social research. John Wiley and Sons, New York. 449 p.
- Gill, J. & H. Hafs. 1971. Analysis of repeated measurements of animals. Journal of Animal Science, **35**: 181-189.
- Giraldo, B. 1995. Regeneración del manglar en el sector occidental (Isla Salamanca -Complejo Pajárales) de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Caribe colombiano. Trabajo de grado. Plan de estudio Biología. Universidad del Valle. Cali. 116 p.
- Giraldo, R. & N. Campos. 1997. Una aplicación del análisis de varianza de medidas repetidas en un experimento con metales pesados. Rev. Acad. Colomb. Cienc., **21**(81): 467-472.
- González, M. 1994. Suelos agrícolas (notas de laboratorio). Taller de publicaciones. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 201 p.

- Greenhouse, S. & S. Geisser.** 1959. On methods in the analysis of profile data. *Psychometrika*, **32**(3): 95-112.
- Grimshaw, H.** 1989. Analysis of soils. In: Stewart E. Allen (ed.). *Chemical analysis of ecological materials*. Blackwell Scientific Publications 2<sup>nd</sup> edition. London.
- Gurevich, J. & S. Chester.** 1986. Analysis of repeated measures experiments. *Ecology*, **67**(1): 251-255.
- Guthrie, D.** 1981. Analysis of dichotomous variable in repeated measures experiments. *Psychological Bulletin*, **90**: 189-195.
- Hogarth, P.** 1999. *The biology of mangroves*. Oxford University Press. New York. 227 p.
- Huynh, H. & L. Feldt.** 1970. Estimation of the box correction for degrees of freedom from sample data in the randomized block and split plot designs. *Journal of Educational Statistics*, **1**: 69-82.
- ICONTEC.** 1983. Ingeniería civil y arquitectura. Suelos. Determinación de humedad, cenizas y materia orgánica. NTC 1886. Santafé de Bogotá. 5 p.
- IDEAM.** 1997. Sección de meteorología sinóptica aeronáutica. Datos diarios, área mensajes climáticos. Estación Almirante Padilla, Riohacha La Guajira. Mimeografiado.
- IGAC.** 1979. Propiedades químicas de los suelos. Subdirección agrológica. Segunda edición. Bogotá. 321 p.
- . 1988. Estudio semidetallado y general de suelos del municipio de Riohacha. Subdirección agrológica. Bogotá. 215 p.
- . 1990. Propiedades físicas de los suelos. Subdirección agrológica. Segunda edición. Bogotá. 813 p.
- Jagtap, T.** 1987. Seasonal distribution of organic matter in mangrove environment of Goa. *Indian Journal of Marine Sciences*, **16**: 103-106.
- Jimerson, T. & L. Bond.** 2001. Mothers' epistemologies, turn-taking, and contingent interaction with preschoolers. *Applied Developmental Psychology*, **22**: 379-396.
- Keselman, H. & J. Keselman.** 1984. The analysis of repeated measures designs in medical research. *Statistics in Medicine*, **3**: 185-195.
- Kirk, R.** 1982. *Experimental design: Procedures for the behavioral sciences*. 2<sup>nd</sup> edition. Brooks Cole Publishing Company. California. 911 p.
- Lema, L.** 2000. Dispersión y reclutamiento de especies de mangle en el delta del río Ranchería. Trabajo de grado. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 65 p.
- ; **Polanía, J. & L. Urrego.** 2003. Dispersión y establecimiento de las especies de mangle del río Ranchería en el periodo de máxima fructificación. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* **27**(102): 93-103.
- Maple, J.; Vig, K.; Beck, F.; Larsen, P. & S. Shanker.** 2005. A comparison of providers' and consumers' perceptions of facial-profile attractiveness. *Am. J. Orthod. Dentofacial. Orthop.*, **128**: 690-696.
- Martínez-Ramos, L. & M. Ruiz-Ochoa.** 2001. Caracterización de algunas propiedades físicas y químicas del suelo manglarico en el Valle de los Cangrejos (brazo Calancala), Riohacha. Trabajo de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad de La Guajira. Riohacha. 72 p.
- ; ———; **Castellanos, M. & J. Polanía.** 2003. Algunas propiedades edafológicas del manglar del brazo Calancala, río Ranchería, Riohacha. *Revista Suelos Ecuatoriales*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, **33**(1): 66-76.
- Mauchly, J.** 1940. Significance test of sphericity of a normal *n*-variate distribution. *Annals of Mathematical Statistics*, **29**: 204-209.
- Maxwell, S. & H. Delaney.** 2004. *Designing experiments and analyzing data: a model comparison perspective* 2<sup>nd</sup> edition. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates. 1104 p.
- Maza, E. & Y. Zárate.** 2001. Hidroclimatología en el delta del río Ranchería; posibles efectos sobre la estructura del manglar en el Riño y Valle de los Cangrejos, Caribe colombiano. Trabajo de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad de La Guajira. Riohacha. 124 p.
- Montgomery, D.** 1991. *Diseño y análisis de experimentos*. Grupo Editorial Iberoamérica. México D.F. 589 p.
- Moreno, W.** 1993. Aplicaciones al diseño y análisis de experimentos. Ediciones Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 330 p.
- Moser, E.; Saxton, A. & S. Pezeshki.** 1990. Repeated measures analysis of variance: application to tree research. *Can. J. For. Res.*, **20**: 524-535.
- Muraro, P.; Liberati, L.; Bonanni, L.; Pantalone, A.; Caporale, C.; Iarlori, C.; De Luca, G.; Farina, D.; Lugaresi, A. & D. Gambi.** 2004. Decreased integrin gene expression in patients with MS responding to interferon- $\beta$  treatment. *Journal of Neuroimmunology*, **150**: 123-131.
- Nagarseker, B. & K. Pillai.** 1973. The distribution of the sphericity test criterion. *Journal of Multivariate Analysis*, **3**: 226-235.
- Odum, W.; McIvor, C. & T. Smith.** 1982. *The ecology of the mangroves of South Florida: a community profile*. Department of Environmental Sciences. University of Virginia. 142 p.
- Olaya, H.; Centenaro, D.; Leguizamo, I. & F. Pineda.** 1991. Los bosques de mangle en el antiguo delta del río Sinú (Córdoba-Colombia). Universidad de Córdoba, ICFES, CVS. Forestales FVE Ltda. Montería. 30 p.
- Otero W.; Gutiérrez, O.; Quintero, F.; Orozco, C. & M. Ibáñez.** 2000. Eficacia de pantoprazol, combinado con claritromicina y amoxicilina, para la erradicación de *Helicobacter pylori* en pacientes con úlcera duodenal o dispepsia no ulcerosa. *Revista Colombiana Gastroenterol.* **15**: 247-251.
- Pannier, F. & R. Pannier.** 1985. La vegetación de manglares de la cuenca del Lago de Maracaibo. *Memoria Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*, **60** (143): 327-346.
- Sánchez-Páez, H.; Álvarez-León, R.; Pinto-Nolla, F.; Sánchez-Alfárez, A.; Pino-Rengijo, J.; García-Hansen I. & M. Acosta-Peñaloza.** 1997. Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente/OIMT. Santafé de Bogotá. 511 p.

- SPSS.** 1999. SPSS 9.0. Manual de usuario. Chicago, IL: SPSS Inc.
- Steel, R. & J. Torrie.** 1988. Bioestadística principios y procedimientos. Segunda edición. Mc Graw Hill. México. 622 p.
- Stip, E.; Ali-Sepetry, A.; Prouteau, A.; Briand, C.; Nicole, L.; Lalonde, P. & A. Lesage.** 2005. Cognitive discernible factors between schizophrenia and schizoaffective disorder. *Brain and Cognition*, **59**: 292-295.
- Underwood, A.** 1981. Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **19**: 513-605.
- United States Department of Agriculture (USDA) y Natural Resources Conservation Service (NRCS).** 1998. Keys to Soil Taxonomy. 8<sup>th</sup> edition. Soil Survey Staff.
- Vásquez, J.** 2000. Estudio y análisis estructural de dos bosques de mangle en el Valle de los Cangrejos y el Riño, departamento de La Guajira. Trabajo de grado. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 75 p.
- Vilela, M.; Simeão, R. & Y. Cunha.** 2000. Blup individual com medidas repetidas aplicado ao melhoramento de espécies perenes. *Cienc. Agrotec. Lavras.*, **24**(4): 986-997.
- von Ende, C.** 1993. Repeated-measures analysis: growth and other time dependent measures. In: Scheiner, S. and I. Gurevitch (eds.). *The design and analysis of ecological experiments.* Chapman and Hall. p. 113-137.
- Wallewnstein, S. & A. Fisher.** 1997. The analysis of the two-period repeated measurements crossover design with applications to clinical trials. *Biometrics*, **33**: 261-269.
- Weinfurt, K.** 2000. Repeated measures analyses: ANOVA, MANOVA, and HLM. In: Grimm LG, Yarnold P. R. (eds.). *Reading and understanding more multivariate statistics.* American Psychological Association. p. 317-363.

Recibido el 14 de marzo de 2006.

Aceptado para su publicación el 10 de abril de 2006.