

# CONSECUENCIAS DE DERRAMES DE PETROLEO Y ACCION DEL FUEGO SOBRE LA FISIONOMIA Y COMPOSICION FLORISTICA DE UNA COMUNIDAD DE MORICHAL

## EFFECTS OF CRUDE OIL SPILL AND FIRE ON THE PHYSIOGNOMIC AND FLORISTIC COMPOSITION OF A PALM SWAMP COMMUNITY (MORICHAL)

*Mariapia Bevilacqua<sup>1</sup> y Valois González<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Asociación Venezolana para la Conservación de Areas Naturales (ACOANA). Apartado Postal Altamira 68336. Caracas 1062-A. Venezuela.*

<sup>2</sup> *Escuela de Biología. Universidad Central de Venezuela, Instituto de Zoología Tropical. Apartado 47058. Caracas 1041-A. Venezuela.*

### RESUMEN

Se cuantificaron los cambios fisionómicos y de composición florística en una comunidad de morichal a consecuencia de un derrame de petróleo y acción combinada del derrame con posterior quema del crudo. El estudio se realizó al sureste del Estado Monagas, en la región de Uracoa, a 12 Km al este de Temblador en los Llanos Orientales de Venezuela. Se seleccionaron 3 unidades representativas del efecto del derrame de petróleo y quema en la comunidad de morichal asociada al Río Tabasca, así como una unidad control. Se delimitaron tres parcelas de 10 m x 50 m donde se cuantificaron y caracterizaron las siguientes variables: riqueza de especies, índice de valor de importancia, índice de diversidad (Shannon-Weaver), equidad y perfiles estructurales. Hasta la fecha de culminación del trabajo (1988), no se verificaron cambios relevantes en la estructura y composición de la vegetación del subsistema terrestre del morichal afectado por el derrame. Sin embargo, la combinación de derrame y quema produjo: a) elevada mortalidad de individuos de *Mauritia flexuosa* y de todos los elementos florísticos acompañantes; b) reducción drástica de la riqueza y diversidad de especies; y c) cambios en la organización estructural de la comunidad.

**PALABRAS CLAVE:** derrame de petróleo, contaminación, fuego, morichal, *Mauritia flexuosa*, Venezuela.

### ABSTRACT

The effects of crude oil spills and their subsequent burning on the physiognomic and floristic composition of a palm swamp community (morichal) were determined. The research was carried out in the southwest part of the state of Monagas (Venezuela), in the region of Uracoa, 12 Km east the town of Temblador, in the Oriental Llanos (savannas). Sample plots (10 m x 50 m) were selected in the affected area within the Tabasca river and a control zone. For each plot a diversity index (Shannon-Weaver), evenness, species richness and importance value were quantified and profile diagrams of the vegetation were made. No significative changes on the physiognomic and floristic composition of the vegetation in the terrestrial subsystem of the morichal were found. However crude oil spill and the subsequent burnt had the following deleterious effects: 1) high mortality of the *Mauritia flexuosa* individuals and of all the other floristic components of the community; 2) drastic reduction in the species richness and diversity; and 3) changes in the community structure.

**KEY WORDS:** oil spill, pollution, fire, palm swamp, *Mauritia flexuosa*, Venezuela.

**INTRODUCCION**

Los estudios concernientes al impacto ambiental producto de derrames de petróleo han sido particularmente bien documentados en ecosistemas marinos, debido a las descargas considerables de hidrocarburos a los océanos a raíz de la intensa actividad petrolera allí desarrollada: exploración y explotación en plataformas continentales, actividades de limpieza y lastrado de tanques, accidentes en buques petroleros, refinerías e industrias petroquímicas y derrames accidentales (Stocker y Seager 1981). Sin embargo la documentación sobre derrames de crudo y sus efectos en ecosistemas terrestres, ambientes pantanosos, sistemas ribereños acuícolas y sus formaciones vegetales asociadas, es escaso (Kinako 1981, Hershner y Lake 1980, Hutchinson y Freedan 1978).

El derrame accidental de 5.000 barriles de petróleo (780.000 L) en un río de morichal a raíz de la

ruptura de un pozo de producción, en octubre de 1985, resultó ser una excelente oportunidad para evaluar tres años después, el efecto *in situ* del derrame sobre una comunidad pantanosa tropical: el bosque de pantano de palmeras dominado por la palma *Mauritia flexuosa* L. (Palmae). Adicionalmente se pudo estudiar el efecto del fuego sobre la comunidad, a raíz de la quema del crudo remanente en zonas de remanso y de difícil acceso para las labores de limpieza.

**AREA DE ESTUDIO**

El área de estudio está ubicada en el Distrito Sotillo, al sureste del Estado Monagas a 12 Km al este de Temblador en el morichal Tabasca; región de los Llanos Orientales y subregión de los Llanos Altos de Venezuela, entre los 8° 58' N y 62° 31' W (Figura 1). La fisiografía de la zona corresponde a una altiplanicie (mesa) suavemente ondulada, con

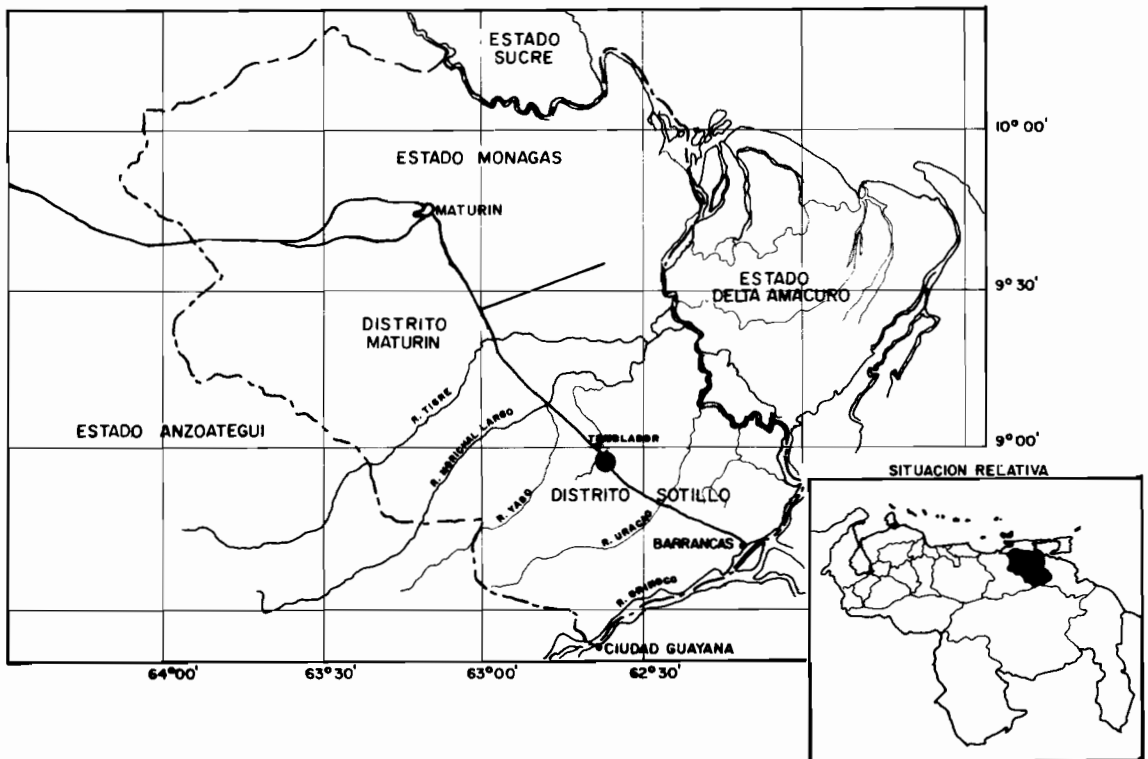


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

pendientes de 1% a 2% y elevaciones de 20 a 100 msnm. Dentro del paisaje mesa se encuentran los valles de morichal, con suelos de gran contenido de materia orgánica, texturas franco-arcillosas hasta arenosas agrupados en los órdenes Histosoles y Entisoles (COPLANARH 1974, González 1986).

Los datos climatológicos de la estación más cercana (Temblador), para un período de 14 años de registro, evidencian la presencia de dos estaciones climáticas bien definidas (MARNR 1985). La sequía, desde febrero hasta abril y la estación de lluvias el resto del año, con un promedio anual de 992 mm. La distribución de la precipitación es bimodal, con máximos en julio (157 mm) y en noviembre (88 mm). La temperatura media anual es de 27,1° C y la amplitud térmica entre el mes más calido y el más frío es de 2,2° C

La vegetación natural representativa del área de estudio es la sabana de *Trachypogon* inarbolada, la cual se presenta ocasionalmente interrumpida por los bosques de galería y los morichales asociados a los cursos de agua. Los morichales se presentan en diferentes asociaciones florísticas entre la palma moriche (*Mauritia flexuosa*) y diversas especies herbáceas, arbustivas y leñosas, relacionadas con la dinámica sucesional propia de este ecosistema (González 1987).

## METODOLOGIA

La selección de las unidades de estudio se realizó en base a un reconocimiento preliminar del área que incluyeron recorridos aéreos en helicóptero, por vía fluvial, terrestre desde un vehículo rústico y en detalle realizado a pie. Estos reconocimientos permitieron detectar las diferencias en términos de cobertura, fisionomía, composición y aspectos geomorfológicos asociados al morichal tanto en su parte afectada por el derrame y quema, así como en el resto del eje fluvial.

En base a criterios de homogeneidad geomorfológica, dinámica fluvial, fisionomía de la vegetación y composición florística, seleccionamos tres estaciones de estudio representativas de los cambios florísticos y fisionómicos de la comunidad a consecuencia del derrame y acción del fuego. La

primera fue ubicada en las inmediaciones del pozo averiado, donde se produjo el mayor aporte de crudo y la posterior quema del mismo; la segunda, aguas abajo en zona afectada únicamente por el derrame y la tercera aguas arriba seleccionada como control, representativa de la comunidad en condiciones naturales.

En cada sector delimitamos una transecta de 500m<sup>2</sup> (10 x 50 m), cada una de las cuales constituye la unidad básica de trabajo para el análisis de la vegetación. Las transectas fueron subdivididas en cinco parcelas de 10 x 10 m. En cada parcela se cuantificaron los siguientes datos: número de especies, perímetro del tronco de cada individuo a la altura del pecho (cm), altura del árbol (m) y posición relativa del mismo en un eje de coordenadas. Una vez finalizadas las mediciones de cada parcela, se procedió a la descripción de todo el sector en conjunto tomando en cuenta aspectos como: tipo de comunidad, individuos emergentes, estratos que conforman la estructura vertical de la vegetación, principales especies asociadas a estos estratos, densidad del dosel, altura del mismo, formas de crecimiento, relieve, posición geomorfológica y nivel de inundación. Con los datos de altura obtenidos de la población de moriche, realizamos un análisis de la estructura etaria, utilizando como criterio de edad la altura de los individuos de acuerdo a la metodología utilizada por Salazar (1981).

Realizamos colecciones botánicas detalladas mensualmente en cada estación, durante 7 meses. Las muestras fueron preservadas en alcohol al 40% durante los trabajos de campo (2-4 días) y posteriormente prensadas y secadas a 65°C por 24 h. Las colecciones fueron identificadas con la ayuda de especialistas y se encuentran depositadas en el Herbario Nacional de Venezuela (VEN), Fundación Instituto Botánico de Venezuela.

Los datos fueron procesados para calcular el Índice de Valor de Importancia (IVI) por especie referida a cada estrato, donde se considera conjuntamente tres variables: la cobertura, la frecuencia y la densidad relativas (Cottam y Curtis 1956). La diversidad específica se calculó mediante el índice de Shannon-Weaver y también se calculó la equidad (Pielou 1974). Mediante diagramas de perfil

(Beard 1955) se describió la estructura vertical de la vegetación y la composición florística.

En el caso de la parcela afectada por el derrame y posterior quema, en virtud de presentarse casi exclusivamente formas de vida herbáceas, se tomó como medida de la dominancia ecológica de cada especie el aporte en peso seco ( $\text{g/m}^2$ ) de la biomasa aérea, en virtud de presentarse casi exclusivamente formas de vida herbáceas. Para tal fin se colectaron 10 muestras distribuidas al azar empleando cuadratas de  $2 \times 2$  m, las cuales fueron lanzadas, a espaldas de la parcela, desde diversos puntos. Las muestras fueron pesadas en el campo (peso fresco) y posteriormente en el laboratorio fueron secadas en estufa a  $60^\circ\text{C}$  por 48 h y luego pesadas nuevamente.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las parcelas estudiadas, identificadas como control y afectada por la variable derrame de petróleo, corresponden en términos generales a un morichal en transición a bosque siempreverde de pantano estacional, según la clasificación propuesta por González (1986, 1987). Existen, sin embargo, en cada una de ellas diferencias perceptibles en cuanto a la diversidad y equidad de los estratos arbóreos, atribuibles al proceso sucesional de la comunidad y/o al gradiente ambiental. A continuación presentamos el análisis de la vegetación incluyendo una discusión global de ambos tratamientos.

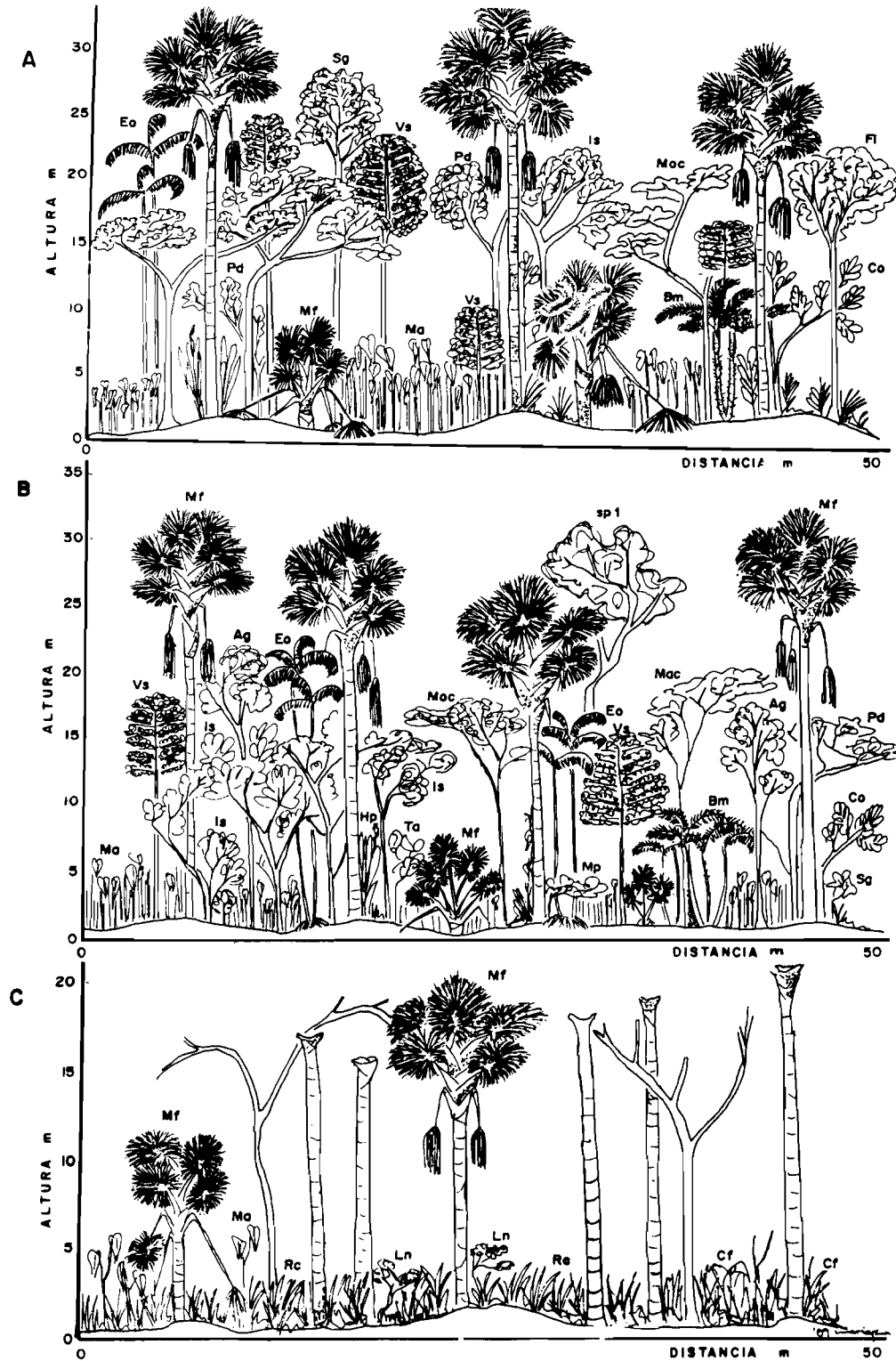
El morichal estudiado presenta un estrato arbóreo emergente con alturas entre 25-35 m dominado por individuos adultos de *M. flexuosa* dispuestos aisladamente (Figura 2A). Acompañan al moriche otros elementos arbóreos que constituyen un dosel relativamente continuo entre 15-25 m de altura, en ocasiones muy denso e irregular. Dicho estrato está dominado, en cuanto a abundancia relativa se refiere, por: *Virola surinamensis*, *Macrobium acaciaefolium*, *Inga spuria* y *Symphonia globulifera*. Estos elementos florísticos contribuyen notablemente en términos de cobertura y densidad, a la estructura comunitaria del morichal; son típicos de estos bosques sujetos a inundación ocasional o estacional y con un nivel freático alto

durante todo el año. Otras especies arbóreas comunmente asociadas a este estrato, se presentan en la Figura 2B y se mencionan sus valores de importancia IVI en las Tablas 1 y 2.

En la estructura vertical de la vegetación se puede observar un estrato arbóreo menor, abierto, con alturas variables entre 3-14 m. En este se encuentran individuos juveniles de las especies arbóreas antes mencionadas así como un componente importante de elementos arbustivos y de hierbas gigantes: *Montrichardia arborescens*, *Costus espiralis*, *Miconia* sp, *Hirtella* sp, *Casearia* sp y *Heliconia psitacorum*. El último estrato, menor de 2 m, está compuesto por plántulas de los elementos arbóreos y arbustivos, y un componente herbáceo dominado por *Olyra latifolia*.

Las disposición espacial y abundancia de las diferentes especies, se puede asociar a las condiciones particulares del microrelieve y de la dinámica fluvial. El patrón espacial refleja un incremento en el número de individuos y en la riqueza de especies en ciertos puntos de la transecta, lo cual puede relacionarse con la presencia de individuos adultos de *M. flexuosa* (Figura 3), asociados a la existencia de promontorios o islas. La presencia de este complejo patrón de microrelieve vinculado con el desarrollo de la comunidad vegetal, ha sido frecuentemente observado para ecosistemas de pantano (González 1986, 1987, Seischab 1984, Sjors 1980, Teran y Duno 1988). La formación de un microrelieve con posiciones de terreno elevadas y deprimidas en los morichales se asocia a la alta densidad de *M. flexuosa*, lo cual determina una elevada proliferación de raíces con geotropismo negativo. Esta palma puede llegar a desarrollar un intenso sistema radical, con raíces de primer orden con longitudes de hasta 40 m y llegar a ocupar un área de  $5000 \text{ m}^2$  (De Granville 1974). Esto determina una gran capacidad de acumulación de materia orgánica y una eficiente trampa de sedimentos, transportados por el eje fluvial (González 1986).

La elevación del sustrato en relación al nivel freático y a la dinámica de inundación produce un cambio gradual en las condiciones hidrológicas, edáficas y nutricionales del ecosistema. Se desarrolla una red hidrológica difusa con tendencia a la



**Figura 2.** Perfiles estructurales de las comunidades de morichal: parcela control (A); parcela afectada por el derrame de crudo (B) y la parcela afectada por la combinación de derrame y posterior quema (C). Ag= *Amanoa guianensis*, Bm= *Bactris mayor*, Co= *Coccoloba caracasana*, Cf= *Cyperux ferax*, Eo= *Euterpe oleracea*, Fi= *Ficus sp*, Hp= *Heliconia psitacorum*, Is= *Inga spuria*, Ln= *Ludwigia nervosa*, Mac= *Macrolobium acaciaefolium*, Ma= *Montrichardia arborescens*, Mf= *Mauritia flexuosa*, Pd= *Pithecellobium divaricatum*, Rc= *Rynchospora corymbosa*, Sg= *Symphonia globulifera*, Ta= *Tabernamontana angulata*, Vs= *Virola surinamensis*.

**Tabla 1.** Valores del Índice de Importancia (IVI) por especie para la parcela control. **DR**= densidad relativa, **CR**= cobertura relativa, **FR**= frecuencia relativa. Alturas de los estratos (en metros): I= 1 - 1,99; II= 2 - 7,99; III= 8 - 13, 99; IV= 14 - 19,99; V= >20

ESPECIE	DR	CR	FR	IVI
Estrato I				
<i>Olyra latifolia</i>	34,5	49,0	28,5	112,0
<i>Costus spiralis</i>	23,9	29,2	18,8	71,9
<i>Montrichardia arborescens</i>	25,7	17,3	18,5	61,5
<i>Pithecelobium divaricatum</i>	4,4	2,2	15,7	22,3
<i>Macrolobium acaciaefolium</i>	4,4	1,3	7,4	13,1
<i>Miconia sp</i>	4,4	0,4	3,7	8,5
<i>Virola surinamensis</i>	0,9	0,2	3,7	4,8
<i>Ficus sp1</i>	0,9	0,2	3,4	4,5
<i>Ficus sp2</i>	0,9	0,2	0,3	1,4
Estrato II				
<i>Montrichardia arborescens</i>	63,5	84,8	26,3	174,6
<i>Mauritia flexuosa</i>	14,8	4,2	15,7	34,7
<i>Macrolobium acaciaefolium</i>	5,4	0,6	21,1	27,1
<i>Inga spuria</i>	6,7	8,3	10,5	25,5
<i>Costus spiralis</i>	4,0	0,9	10,6	15,5
<i>Pithecelobium divaricatum</i>	2,7	0,4	5,3	8,4
<i>Virola surinamensis</i>	1,3	0,7	5,3	7,3
<i>Tabernamontana angulata</i>	0,9	0,6	5,4	6,9
Estrato III				
<i>Macrolobium acaciaefolium</i>	32,8	35,5	26,9	95,1
<i>Bactris mayor</i>	20,8	13,2	19,1	53,1
<i>Mauritia flexuosa</i>	17,2	19,5	15,4	52,1
<i>Virola surinamensis</i>	12,0	6,4	11,5	29,9
<i>Inga spuria</i>	5,2	5,9	11,5	22,6
<i>Ficus sp1</i>	6,9	7,8	3,9	18,6
<i>Ficus sp2</i>	1,7	7,8	3,9	13,4
<i>Euterpe oleracea</i>	1,8	1,9	3,9	7,6
<i>Costus spiralis</i>	1,8	1,9	3,9	7,6
Estrato IV				
<i>Mauritia flexuosa</i>	100	100	100	300

formación de canales verdaderos. En los montículos mejor aireados pueden cambiar las condiciones ambientales: disminución del pH, aumento del potencial redox y de la descomposición de la hojarasca, cambios en la textura del sustrato, captación y liberación de nutrientes y mejoramiento en las condiciones de drenaje ( Herrera et al 1978, Malmer 1986, Svensson 1986).

Estos cambios favorecen el reclutamiento de especies, las cuales se distribuyen de acuerdo a sus requerimientos y estrategias, de manera que se incrementa la heterogeneidad florística. La dispo-

nibilidad de microsítios determina el patrón de utilización del espacio y la coexistencia de especies propias de pantano en posiciones de terreno menos elevadas y especies propias de sitios bien drenados en los montículos. En la Figura 3 se representa gráficamente el número de individuos para cada especie a lo largo de la transecta, donde se nota que los picos de abundancia de *Inga spuria*, *Macrolobium acaciaefolium* y *Virola surinamensis*, están relacionados con la presencia de individuos adultos de *M. flexuosa*, cuya distribución, se asocia a las posiciones de terreno más elevadas. Por

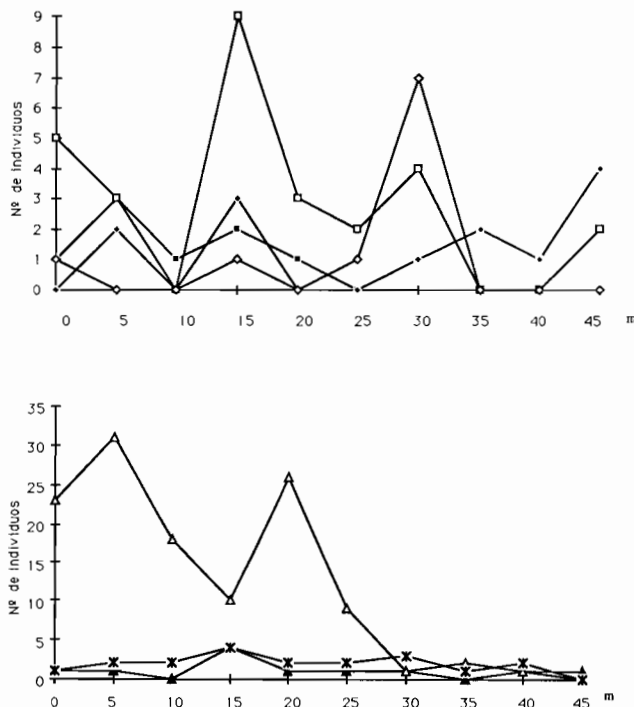
**Tabla 2.** Valores del Índice de Importancia (IVI) por especie para la parcela afectada por el derrame de hidrocarburo. **DR**=densidad relativa, **CR**= cobertura relativa, **FR**= frecuencia relativa. Alturas de los estratos (en metros): I= 1 - 1,99; II= 2 - 7,99; III= 8 - 13, 99; IV= 14 - 19,99; V= >20

ESPECIE	DR	CR	FR	IVI
Estrato I				
<i>Montrichardia arborescens</i>	47,6	67,2	23,3	138,1
<i>Croton spiralis</i>	15,9	9,5	11,8	37,2
<i>Macarobium acaciaefolium</i>	9,1	3,2	11,8	24,1
<i>Tabernamontana angulata</i>	9,1	2,4	11,8	23,3
<i>Olyra latifolia</i>	4,5	6,9	5,9	17,3
<i>Bactris major</i>	2,3	4,8	5,9	13,0
<i>Ficus sp</i>	2,3	4,0	5,9	12,2
<i>Miconia sp</i>	2,3	0,8	5,9	9,0
<i>Mauritia flexuosa</i>	2,3	0,5	5,9	8,7
<i>Inga spuria</i>	2,3	0,5	5,9	8,7
<i>Casearia sp</i>	2,3	0,2	5,9	8,4
Estrato II				
<i>Montrichardia arborescens</i>	57,5	42,5	48,3	148,3
<i>Inga spuria</i>	9,1	8,9	7,6	25,6
<i>Bactris mayor</i>	7,1	11,7	6,1	24,9
<i>Croton spiralis</i>	9,5	3,8	7,6	20,9
<i>Virola surinamensis</i>	3,4	9,3	7,6	20,3
<i>Schweilera sp</i>	3,4	5,7	6,1	15,2
<i>Coccoloba caracasana</i>	1,3	11,5	1,5	14,3
Apocinaceae <sup>1</sup>	2,5	2,7	6,1	11,3
<i>Ficus sp</i>	3,3	1,0	6,1	10,4
<i>Mauritia flexuosa</i>	2,9	2,9	3,0	8,8
Estrato III				
<i>Mauritia flexuosa</i>	26,1	47,2	25,7	99,0
<i>Virola surinamensis</i>	15,8	26,2	29,8	71,6
<i>Inga spuria</i>	21,1	6,9	15,6	43,6
<i>Tabernamontana angulata</i>	10,5	0,4	11,8	22,5
<i>Symphonia globulifera</i>	5,3	7,4	5,8	18,5
<i>Euterpe oleracea</i>	5,3	6,1	5,8	17,2
<i>Coccoloba caracasana</i>	5,3	2,7	5,8	13,8
<i>Protium guianensis</i>	5,3	2,7	5,8	13,8
Apocinaceae <sup>1</sup>	5,3	0,4	5,8	11,5
Estrato IV				
<i>Mauritia flexuosa</i>	55,6	93,2	57,2	206,0
<i>Euterpe oleracea</i>	22,2	6,2	14,2	42,6
<i>Inga spuria</i>	11,1	0,5	14,3	25,9
Apocinaceae	11,1	0,1	14,3	25,5
bejuco				

otro lado los picos de abundancia de *Montrichardia arborescens* se relacionan con bajas abundancias de individuos de otras especies, debido a la presencia de sitios más deprimidos con una lámina de agua mayor y condiciones extremas de mal drenaje, que

limitan las posibilidades de establecimiento de un número mayor de especies.

Existen adicionalmente un gran número de especies secundarias cuya frecuencia de aparición se encuentra igualmente asociada a la presencia de



**Figura 3.** Número de individuos por especie a lo largo del eje longitudinal de la parcela control, expresado en metros. A: *Mauritia flexuosa* (cuadrado negro), *Inga spuria* (cuadrado blanco), *Macarlobium acaciaefolium* (rombo negro), *Tabernamontana angulata* (rombo blanco) B: *Virola surinamensis* (triángulo negro), *Costus spiralis* (asterisco) y *Montrichardia arborescens* (triángulo blanco)

estos micrositios más elevados. De esta manera se establece un aporte apreciable de plántulas y juveniles de especies arbóreas y arbustivas entre las cuales caben mencionar: *Pithecellobium divaricatum*, *Sabicea brachycalyx*, *Tabernamontana angulata*, *Ardisia myrsium*, *Cuphea melvilla*, *Psychotria anceps*, *Mabea aff piriri*, *Hirtella* sp, *Miconia* sp, *Eschweilera* sp, y *Ficus* sp. Igualmente convergen en esta posición de terreno otras formas de crecimiento donde se destacan las hierbas gigantes de las familias Zingiberaceae y Musaceae; trepadoras de las familias Apocinaceae, Leguminosae y Rubiaceae; hierbas representadas exclusivamente por *Olyra latifolia* (Graminea) y otras palmas representadas por *Euterpe oleracea* y *Bactris mayor*.

Estos cambios topográficos y florísticos han sido propuestos como características propias de la

condición seral de la comunidad tanto para morichales llaneros (González 1986, 1987) como para morichales guayanese (Teran y Duno 1988). Estos autores destacan el mejoramiento de las condiciones edáficas asociadas a una alta densidad de individuos de la palma moriche; lo cual estaría facilitando el establecimiento de especies principalmente dicotiledóneas que eventualmente representarían la regeneración natural del ecosistema boscoso a expensas de la población de *Mauritia flexuosa*. Aparentemente los cambios en las condiciones lumínicas y quizás interacciones competitivas, no permiten la regeneración del moriche y ello determinaría su desaparición gradual a menos que se produzcan perturbaciones que generen claros.

El análisis de la estructura etaria de la población de moriche del área de estudio, coincide en términos generales con las características serales descritas para comunidades de morichal (González 1986, 1987). Comunidades sucesionales tempranas se caracterizan por presentar una gran abundancia de plántulas y juveniles, mientras que en los estadios sucesionales tardíos se encuentran unos pocos individuos de gran porte formando un estrato emergente, los cuales son los últimos representantes senescentes de los que inicialmente colonizaron el área.

La distribución porcentual de los individuos de moriche por edad estimada (Figura 4) refleja una tendencia a ser binomial con un sesgo hacia las clases de altura inferiores comprendidas entre 2-6 m, lo cual implica un proceso de reclutamiento exitoso. Por otro lado la distribución menos binomial y proporcionalmente menor de estadios juveniles y adultos con tendencia a formar un pico de abundancia en los intervalos de altura comprendidos entre 14-16 y 24-26 m, es indicativo del proceso de establecimiento de una población adulta con una regeneración natural aún exitosa. Estos resultados indican que se trata de comunidades diferentes, aún cuando son caracterizados como una formación de morichal en transición a bosque siempreverde de pantano estacional.

Sin embargo estos resultados no coinciden estrictamente con los registrados para morichales en transición a bosques siempreverde de pantano estu-



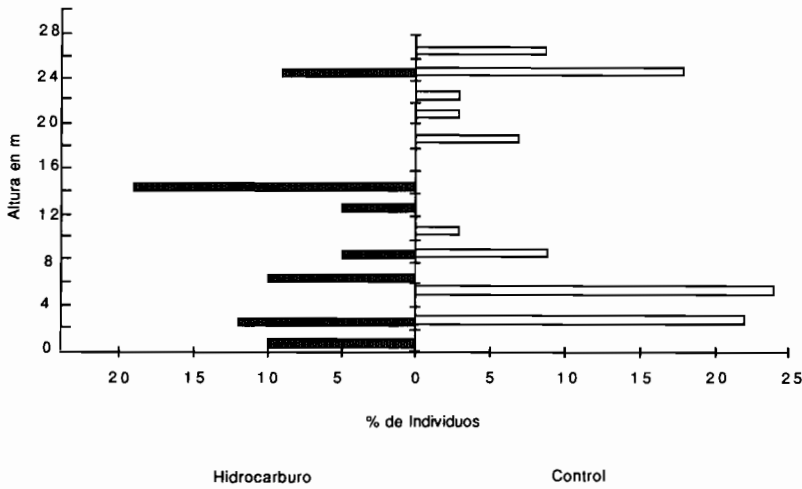


Figura 4. Estructura etaria de *Mauritia flexuosa*, a partir de la altura de los individuos.

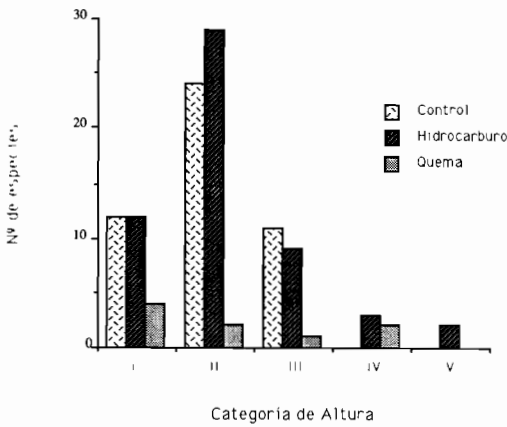


Figura 5. Riqueza de especies por estrato de altura, para cada parcela de estudio. Altura de los estratos (en metros): I= 1 - 1,99; II= 2 - 7,99; III= 8 - 13,99; IV= 14 - 19,99; V= > 20.

diados en el país (González 1886, 1987). Esto podría estar sugiriendo dos cosas: a) el esfuerzo de muestreo no fue lo suficientemente representativo para reflejar la condición seral de esta comunidad y/o b) la tipificación de la condición seral de esta comunidad debe ampliarse, de manera que la definición del estadio sucesional del morichal a bosque de pantano contemple un gradiente florístico estructural más amplio que refleje una estructura etaria del moriche más compleja, con presencia de indivi-

duos de moriche en las clases de edades intermedias. Por último cabe mencionarse que no se debe descartar la posibilidad de una mortalidad selectiva, para ciertas clases de edades que determine la estructura de la distribución de edades observada.

La ocurrencia de la acción combinada de derrame de petróleo y posterior quema del mismo, produjo una destrucción importante del componente florístico dominante (moriche) así como de los elementos arbóreos acompañantes (Figura 5). Por otro lado la estructura vertical se redujo a 2 estratos, uno herbáceo, denso, continuo hasta 1,8 m de altura y otro tipo arbóreo arbustivo, abierto e irregular, conformado en su mayoría por elementos leñosos muertos en pie (Figura 2C). La severa perturbación del ecosistema determinó la elevada mortalidad de los componentes florísticos característicos del morichal, visiblemente atribuido a las altas temperaturas desarrolladas durante la quema por la presencia del petróleo. La eliminación de la cubierta boscosa favoreció el establecimiento de especies exitosas ante los cambios temporales en los factores ambientales y bióticos tales como: altos niveles de irradiancia, disponibilidad de recursos, disminución de interacciones competitivas etc. El mayor aporte de biomasa aérea en esta comunidad está concentrada en estas especies que conforman un grupo homogéneo de plantas herbáceas de arquitectura

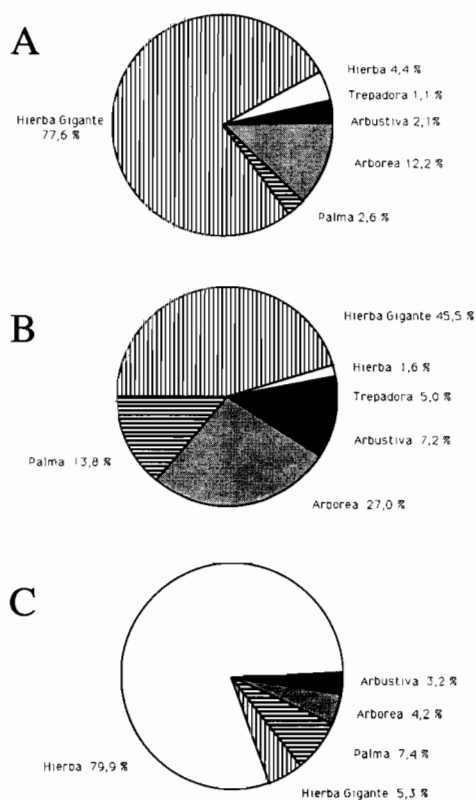
macollante, ciclos de vida cortos y una alta productividad neta.

Como una medida de la dominancia ecológica de estas especies colonizadoras tempranas de la comunidad perturbada, se cuantificaron los aportes de biomasa aérea (Tabla 3), donde cabe destacar la dominancia de Ciperaceas seguida por *Ludwigia nervosa*.

El espectro de distribución de las formas de crecimiento en la comunidad de morichal (Figura 6) y la estructura etaria del moriche, permiten completar el perfil diagnóstico de la comunidad afectada por la combinación de derrame y posterior quema. Las formas de crecimiento de tipo arbóreo, arbustivo, palma y hierba gigante virtualmente desaparecen a raíz de la perturbación. Las palmas son particularmente vulnerables a las perturbaciones por fuego debido a que estas presentan un único meristema de crecimiento en posición apical, protegido por la corona de hojas. Si este tejido es afectado irreversiblemente el individuo muere.

La estructura de la población de *Mauritia flexuosa*, reconstruida a partir de los individuos muertos en pie (Figura 2C), permite caracterizar el efecto del fuego en esta población: elevada mortalidad de plántulas, juveniles y adultos. A manera ilustrativa, mostramos la distribución porcentual de las formas de vida, para los tres tratamientos (Figura 6), donde se quiere destacar la desaparición casi total de ciertos grupos de plantas por efecto de la quema (las hierbas gigantes y las trepadoras) mientras las formas de vida herbácea pasan a ser dominantes. Resulta importante destacar que este efecto está referido a la quema en presencia de petróleo y en ningún momento puede ser totalmente comparable con el efecto mostrado por quemas periódicas en otros morichales.

Con respecto al derrame de petróleo en sí, pareció no afectar, en términos generales la vegetación del morichal, especialmente a los componentes con formas de crecimiento arbóreo, arbustivo, palmas y hierbas gigantes en estadios juveniles y adultos. Sin embargo se observó mortalidad en algunas formas de crecimiento herbáceas y estadios de plántulas debido a la presencia de una lámina de crudo recubriendo órganos fotosintéticos. No fué

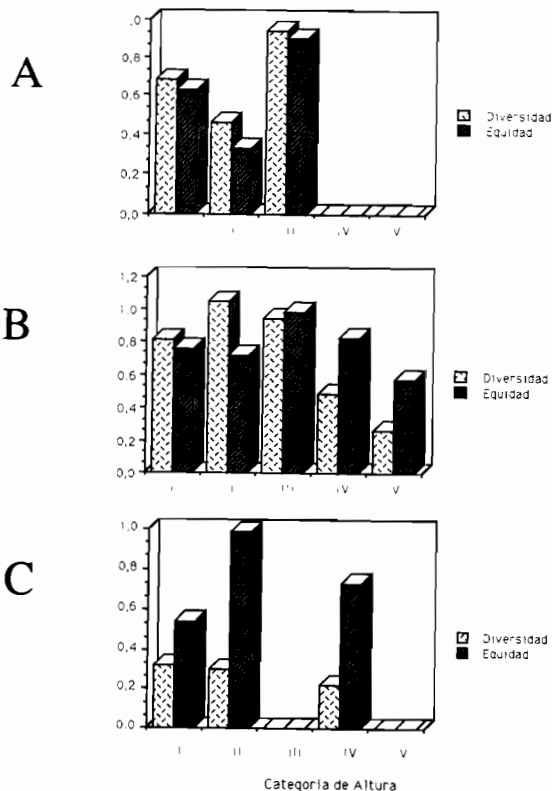


**Figura 6.** Distribución de las diferentes formas de crecimiento por porcentaje de individuos para las parcelas control (A), parcela afectada por el derrame del hidrocarburo (B) y parcela afectada por la combinación de derrame y posterior quema (C).

objeto del presente estudio el caracterizar la respuesta de las formas de crecimiento macollantes y herbáceas propias del estrato inferior del morichal, ante la presencia del crudo; al cual se le atribuye disminución en las tasas de transpiración y fotosíntesis en plantas vasculares debido probablemente al bloqueo de espacios intercelulares, estomas, acumulación de productos secundarios que limitan la distribución de asimilados y a cambios morfológicos importantes en la fina estructura celular (Baker 1970, Blankenship y Larson 1978). El carácter lipofílico de algunos componentes del petróleo como

**Tabla 3.** Valores de biomasa aérea por especie, para la parcela afectada por la combinación de derrame y quema.

ESPECIE	BIOMASA AEREA (g/m <sup>2</sup> )
<i>Cyperus ferrax</i>	283,92
<i>Rynchospora corymbosa</i>	111,25
<i>Ludwigia nervosa</i>	59,60
<i>Olyra latifolia</i>	39,56
<i>Panicum pilosum</i>	10,20

**Figura 7.** Variación de la diversidad (Shannon-Weaver) y equidad por estrato. Altura de los estratos (en metros): I= 1 - 1,99; II: 2 - 7,99; III= 8 - 13,99; IV= 14 - 19,99; V= > 20

naftalenos, fenoles e hidrocarburos aromáticos, pueden afectar la estabilidad de la membrana celular y traducirse en disrupciones en las membranas de organelos citoplasmáticos como mitocondrias y cloroplastos al igual que en la molécula de clorofila (Baker 1970).

En virtud de la poca o ninguna exposición, de los órganos fotosintéticos y meristemas de creci-

miento apical de los individuos de la comunidad, al crudo derramado, las variaciones de diversidad y equidad (Figura 7) se atribuyen a las características propias de la condición seral del morichal y/o a comunidades diferentes; mas en ningún momento deben ser asociados a la ocurrencia del derrame.

## CONSIDERACIONES FINALES

En base a estos resultados, se quiere sugerir a la Industria Petrolera las siguientes recomendaciones, para casos de contingencias de derrames de petróleo en ecosistemas pantanosos: (1) evitar a toda costa el uso del fuego en comunidades de morichal como un medio para eliminar hidrocarburos, (2) en caso de ocurrir contingencias similares a las estudiadas en el presente trabajo, deben implementarse medidas dirigidas a la recuperación del ecosistema como serían la eliminación de los ejes carbonizados en pie y ensayo de programas de reforestación con *Mauritia flexuosa* así como otros elementos florísticos claves de la comunidad según fue propuesto con algunos detalles de manejo silvicultural por Bevilacqua (1988), (3) iniciar líneas de investigación dirigidas a profundizar en el proceso de recuperación natural de la comunidad afectada, tasa de colonización temprana, regeneración y consolidación de especies claves, procesos de sucesión inducidos por el hombre y estudios multidisciplinarios que permitan un conocimiento integral del ecosistema morichal.

## AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro mayor agradecimiento a las siguientes personas e instituciones: LAGOVEN, Departamento de Protección Integral, Juan Urich, Nohemí De La Ville, Juan Ruíz, Angel

Rodríguez, Angel Estévez, Fernando Delgado y familia, José Hernández, Silvia Pardi, Margarita Nuñez, Claudia Sobrevila, José Ochoa y a los árbitros anónimos que revisaron el manuscrito.

## LITERATURA CITADA

- BAKER, J. 1970. The effects of oils on plants. *Environmental Pollution* 1: 27-44.
- BEARD, J. 1955. The description of Tropical American Vegetation Types. *Ecology* 36: 89-100.
- BEVILACQUA, M. 1988. Cambios en la fisonomía y composición florística de una comunidad de morichal a consecuencia de derrame de petróleo y efectos del fuego. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Biología. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- BLANKENSHIP, D. y R. LARSON. 1978. Plant growth inhibition by the water extract of crude oil. *Water, Air and Soil Pollution* 10: 471-476.
- COPLANARH. Comisión del Plan de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. 1974. Inventario Nacional de Tierras. Estudio geomorfológico de los llanos orientales. Ministerio de Agricultura y Cría. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Publicación N° 38. Caracas.
- COTTAM, G. y J. CURTIS. 1956. The use of distance measure in phytosociological sampling. *Ecology* 37: 451-460.
- DE GRANVILLE, J. 1974. Aperçu sur la structure des pneumatophores de deux especes des sols hydromorphes en Guyane. *Cah. ORSTOM, ser Biologia* 23: 3-22.
- GONZÁLEZ, V. 1986. Bases para el diseño de medidas de mitigación y control de cuencas hidrográficas de los ríos Caris y Pao. Estado Anzoátegui. Tomo III. Ecosistema. Convenio UCV-MENEVEN, Caracas.
- GONZÁLEZ, V. 1987. Los morichales de los llanos orientales. Un enfoque ecológico. Ediciones CORPOVEN, Caracas.
- HERRERA, R., C.F. JORDAN, H. KLINGE y E. MEDINA 1978. Amazon Ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. *Interciencia* 3 (4): 223-232.
- HERSHENER, C. y J. LAKE 1980. Effects of chronic oil pollution on salt-marsh grass community. *Marine Biology* 56: 163-173
- HUTCHINSON, T.C. y W. FREEDAN 1978. Effects of experimental crude oil spill on subarctic boreal forest vegetation near Normal Well, N.W.T. Canada. *Canadian Journal of Botany* 56: 2424-2433.
- KINAKO, P.D. 1981. Effects of oil pollution on species numbers and productivity of a simple terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution* 26: 87-91
- MALMER, N. 1986. Vegetational gradients in relation to environmental conditions in northwestern european mires. *Canadian Journal of Botany* 64 (2): 375-383.
- MARNR. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. 1985. Precipitación y temperatura. Estado Monagas y Territorio Federal Delta Amacuro. (Series Mensuales y Anuales 1921-1984). Zona 12/PD/27, Caracas.
- PIELOU, E. C. 1974. Population and community ecology. Gordon & Breach Sci. Pub. Inc., New York.
- SALAZAR, J. 1981. Morichales. Bases ecológicas para su administración en las mesas orientales. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Serie Informes Técnicos DGAA/IT, Caracas.
- SEISCHAB, F. 1984. Plant community development in the Byron-Bergen swamps: Marl-bed vegetation. *Canadian Journal of Botany* 62 (5): 1006-1017.
- SJORS, H. 1980. An arrangement of changes along gradients, with examples from succession in boreal peatland. *Vegetatio* 43 (1-2): 1-4.
- STOCKER, H. y S. SEAGER. 1981. Química Ambiental. Contaminación del aire y del agua. Ediciones Blume. Barcelona.
- SVENSSON, G. 1986. Recognition of peat-forming plant communities from their peat deposits in two south swedish bog complexes. *Vegetatio* 66 (2): 95-108.
- TERAN, F. y R. DUNO. 1988. Caracterización fisionómica y florística de los morichales de la cuenca del río Yuruari. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Biología. Universidad Central de Venezuela, Caracas.