Explotación sostenible del kenaf (*Hibiscus cannabinus, L.*). I. Absorbentes naturales de hidrocarburos

Introducción

Entre los peligros a los cuales está expuesto el medio ambiente a consecuencia de las acciones voluntarias o involuntarias del hombre, está el derrame de hidrocarburos en mares, lagos, ciénagas, piscinas, playas, costas, pantanos, manglares; entre otros medios acuáticos y terrestres, por lo que se ha impulsado la búsqueda de soluciones para contrarrestar esta problemática. Entre las vías más económicas y efectivas se encuentra el empleo de absorbentes con capacidad de encapsular y transformar hidrocarburos contaminantes en sustancias inofensivas, aptas para su utilización o para su vertido. Existe el consenso, que el peor remedio para combatir la marea negra es emplear disolventes, pues éstos sólo dispersan los hidrocarburos haciéndolos aún más tóxicos, por lo que sus efectos son peores y más prolongados.

La diversidad de hidrocarburos que produce la industria petrolera hace imposible manejar todas las contingencias de derrames con el mismo diseño y formulación de material absorbente. Cada unidad de producción, y cada ubicación geográfica tienen requerimientos particulares en cuanto al diseño de los materiales para el manejo de derrames. Para limpiar un derrame, es muy importante seleccionar un producto que sea el más adecuado para la aplicación prevista y al menor costo posible. Dada dicha situación, existen en el mundo un gran número de empresas y compañías que se dedican a la producción y comercialización de absorbentes para el control y absorción de derrames de diferentes productos líquidos, entre los más empleados, se encuentran: el 3M™ Argentina SACIFIA; Bioabsorb; CHEMTEX.; Exsorbet, Haléco; Magri s.a.; Petresorb; SENTEC; SK Ecología (Peat Sorb); UNISORB, entre otros; estos absorbentes tienen la capacidad de encapsular permanentemente y de inmediato los productos contaminantes que flotan en la superficie del agua o superficie dura (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 y 13).

El objetivo del presente trabajo es determinar un procedimiento de bajo costo para encapsular y retener hidrocarburos derramados en superficie acuática y que su aplicación no afecte la flora, la fauna y los seres humanos, con completa seguridad ecológica y que disminuya los daños que le pudiera causar al ecosistema.

Materiales y métodos

1. Caracterización del absorbente *Liabsorb-k* y *Liabsorb-m*

Se realizó la caracterización de algunos parámetros físico-químico-mecánico del absorbente Liabsorb-k basado en el diámetro y longitud de la fibra, porcentaje de lignina, ceniza, pentosanos, humedad y celulosa, pH, color, olor, toxicidad y energía (BTU/libra).

Al *Liabsorb-m* se le determinó la densidad (g/L), ceniza, pH, color, olor y toxicidad. Los resultados de esta caracterización se discuten en el punto 7.

2. Efecto del tamaño de las partículas (análisis según cribado) en el nivel de absorción de hidrocarburos por el absorbente *Liabsorb-k*

Para determinar el efecto del tamaño de las partículas en el porcentaje de absorción de diferentes hidrocarburos,

se pesaron 100 g (Pa) del absorbente Liabsorb-k (k) con humedad del 9 % para cada tamaño de partículas (≥1; 2; 3; 4; 5; 6; 7 y 8 mm) en una balanza técnica con un rango de 0 - 2000 g y se envasaron en bolsas que fueron confeccionadas de malla sintética anti-insectos reciclada de 50 mesh (50 huecos x 1 cm^2) que fueron pesadas anteriormente (Pe). Cada muestra se sumergió durante dos horas en recipientes que contenían suficiente aceite de motor y otros diesel para lograr buena absorción de las partículas; luego se sacaron y se escurrieron durante 60 minutos; posteriormente se pesaron (Pt) en la misma balanza técnica. Las muestras se replicaron cuatro veces. El cálculo del porcentaje de absorción de hidrocarburos se determinó por la siguiente fórmula y con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y se correlacionaron los niveles de absorción con los tamaños de partículas.

$$Ah = \frac{Pt - Pe}{\text{Pa}} \times 100$$

Donde:

Ah = Porcentaje de absorción y retención de hidrocarburos

Pt = Peso del hidrocarburo absorbido con el absorbente y el envase

Pa = Peso del absorbente

Pe = Peso del envase

3. Determinación de la densidad del absorbente Liabsorb-k por tamaño de partículas (análisis según cribado)

Se determinó el peso o la tara (Pr) de una probeta graduada de 1000 ml, se llenó hasta cubrir los 1000 ml (V) con cada tamaño de partículas (≥1; 2; 3; 4; 5; 6; 7 y 8 mm) del absorbente por separadas y se pesaron (Pb), la humedad fue del 9 %. Las muestras se replicaron cuatro veces. El cálculo de la densidad del absorbente por tamaño de partículas (análisis según cribado) se determinó por la siguiente fórmula y con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y se correlacionaron las densidades con los tamaños de partículas.

$$D = \frac{Pb - \text{Pr}}{V}$$

Donde:

D = densidad (g/litro)

Pb = Peso del absorbente y la probeta graduada (g)

Pr = Peso de la probeta graduada (g)

V = Volumen que ocupa el absorbente en la probeta (litro)

4. Determinación del porcentaje de precipitación del absorbente Liabsorb-k en el agua por tamaño de partículas (análisis según cribado)

Se pesaron 100 g (Pv) de absorbente (humedad 9 %) de cinco tamaños de partículas (<0,50; 0,50; 1,0; 2,0 y 3,0 mm) por separadas y se vertieron cada una de ellas en recipientes de cristal que contenían 20 L de agua; después de dos horas de permanecer el absorbente en el agua, se agitaron fuertemente por espacio de un minuto y se dejaron en reposo durante 30 minutos. Pasado ese tiempo se recogió el absorbente que se mantuvo flotando en la superficie del agua y se secó durante 48 horas en estufa a una temperatura que osciló entre 60-70 ^{0}C, pasadas 24 horas de estar fuera de la estufa cada muestra, se pesó (Pf) en una balanza técnica con un rango de 0 - 2000 g. Con los datos obtenidos se procedió a determinar el porcentaje de precipitación por tamaño de partículas, según la fórmula siguiente.

$$\text{Pa} = \left(\frac{Pv - Pf}{Pv} \right) x100$$

Donde:

Pa = Porcentaje de precipitación en el agua del absorbente por tamaño de partículas

Pv = Peso (g) del absorbente vertido en el agua

Pf = Peso (g) del absorbente flotando, recogido y secado

5. Prueba de absorción de hidrocarburos con la combinación de dos absorbentes naturales *Liabsorb-k* y *Liabsorb-m*

Para determinar el nivel de absorción con la combinación de los dos absorbentes naturales, éstos fueron envasados en bolsas de malla sintética anti-insectos reciclada de 50 mesh. El peso total de la combinación fue de 100 g y el porcentaje de cada absorbente se corresponde con su peso en g (Tabla 1), con una humedad de 9 %. Cada una de las cinco combinaciones se sumergió durante dos horas en recipientes que contenían suficiente aceite de motor para lograr buena absorción de las partículas; luego se sacaron y se escurrieron durante 60 minutos; posteriormente se pesaron (Pt); se utilizó una balanza técnica con un rango de 0 - 2000 g; las muestras se replicaron cuatro veces. El cálculo del porcentaje de absorción de hidrocarburos se determinó por la siguiente

fórmula y con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y se correlacionaron los niveles de absorción con los porcentajes de absorbentes presentes.

$$Ah = \frac{Pt - Pe}{\text{Pa}} \times 100$$

Donde:

Ah = Porcentaje de absorción y retención de hidrocarburos

Pt = Peso del hidrocarburo absorbido con el absorbente y el envase

Pa = Peso del absorbente

Pe = Peso del envase

6. Prueba de absorción de agua potable y de mar y su desplazamiento por hidrocarburos

Se pesaron 200 g (Pa) de absorbente Liabsorb-k (humedad 9 %)de tamaño de partícula de 4 mm se envasó en bolsas (Pe) confeccionadas de malla sintética anti-insectos reciclada de 50 mesh y se vertió en recipientes que contenían cada uno de ellos agua potable y de mar durante 48 horas, pasado ese tiempo las muestras se sacaron y se escurrieron durante 60 minutos; posteriormente se pesaron (Pt); se utilizó una balanza técnica con un rango de 0 - 2000 g; las muestras se replicaron cuatro veces. Con los datos obtenidos se procedió a determinar el porcentaje de absorción de agua potable y de mar por el absorbente, según la formula siguiente.

$$Aa = \frac{Pt - Pe}{\text{Pa}} \times 100$$

Donde:

Aa = Porcentaje de absorción y retención de agua potable y de mar

Pt = Peso del agua absorbida con el absorbente y el envase

Pa = Peso del absorbente

Pe = Peso del envase

Absorbentes	Porcentaje de absorbente				
Liabsorb-m	100	75	50	25	0
Liabsorb-k	0	25	50	75	100
Total (%)	100	100	100	100	100

TABLA 1. COMBINACIÓN DE DOS ABSORBENTES NATURALES

Posteriormente cada muestra se depositó en recipientes de cristal que contenían aceite de motor y otro diesel durante 96 horas; pasado ese tiempo se sacaron las muestras se observó la presencia de agua en el mismo.

7. Prueba de encapsulación de hidrocarburos (aceite de motor y diesel) derramados en agua con el *Liabsorb-k*

Se colocaron 200 g de absorbente Liabsorb-k (humedad 9 %) de tamaños de partículas (≥ 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7 y 8 mm) en un recipiente de cristal transparente (capacidad 20 L) que contenía 10 L de agua y 3 L de aceite de motor y otro con la misma cantidad de agua y diesel para cada tamaño de partículas. El absorbente vertido en cada recipiente después de 2 horas de permanencia, se agitó fuertemente; y después del reposo de dos minutos, se realizaron observaciones visuales en cada prueba para observar precipitaciones de partículas y encapsulación, la prueba se repitió cuatro veces.

8. Impactos económicos, ambientales y sociales con laproducción del *Liabsorb-k* en Cuba

Para la determinación del costo del absorbente, se confeccionó la carta tecnológica del proceso de producción del mismo (ficha de costo); los precios de los insumos fueron ajustados a los precios actuales. Los Impactos económicos, ambientales y sociales con la producción del Liabsorb-k, son los resultados de los estudios desarrollados en Cuba y en el mundo sobre el tema.

El método matemático aplicado fue un análisis de varianza de clasificación doble para las variables nivel de absorción de hidrocarburos (%) por tamaño de partícula, densidad (g/litro) por tamaño de partícula, posteriormente la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan . Se realizó además un análisis de correlación entre los niveles de absorción de hidrocarburos y los tamaños de partículas y entre la densidad y el tamaño de partículas correlación.

Resultados y discusión

1. Caracterización del absorbente Liabsorb-k y Liabsorb-m

El Liabsorb-k, procedente de las fibras de kenaf (Hibiscus cannabinus, L), absorbe aceite u otros hidrocarburos, con una acción de "succión" que atrae al hidrocarburo y al aceite a sus células y las encapsula. El encapsulado en las células es inmediato al entrar en contacto con

el aceite u otros hidrocarburos. Flota sobre el agua incluso al estar saturado con aceite. Es de peso liviano y puede ser almacenado durante varios años, su vida útil es ilimitada, cuando se guarda en un lugar seco y no se produce autoignición; es hidrofóbico y oleofílico, sólido; de color marrón claro; insoluble en agua; su pH es 6; producto estable; no tóxico y no se han observado efectos ecotóxicos; cuando se manipula sin medios de protección puede irritar la vista por el polvillo; no se debe inhalar; es biodegradable 100 % y posee microorganismos propios. La longitud y el diámetro de la fibra es de alrededor de 0.6 mm y 30 μ respectivamente; por lo que se considera una fibra corta, similar a las maderas duras. Los porcentajes de lignina, pensanos y celulosa son de alrededor de 18; 19 y 50 % respectivamente y la humedad: de 9-10% (Figura 1).

Durante la incineración produce alrededor de 7 500 BTU/libra y sus residuos de ceniza de 1,6 y el Potencial de Toxicidad Característico de Lixiviado (TCLP) es de 0,02 % de los Hidrocarburos Totales Petroleros (8 y 15).

Los absorbentes Exsorbet - Peat Moss Absorbent y Magri s.a. absorbente de hidrocarburos CAREX SP (4 y 6) son productos naturales, manufacturados a partir de la turba extraída de turberas, sus características de capilaridad natural y la estructura porosa propia de la turba dan una solución para la absorción y el encapsulado de derrames de petróleo y sus derivados, tanto sobre el agua como sobre la tierra. La característica más importante en la absorción es el encapsulado del líquido absorbido, lo retiene en forma permanente dentro de sus fibras y no lo vuelve a liberar con el tiempo al igual que el Liabsorb-k; estos absorbentes son destinados a mitigar el impacto ambiental que producen los derrames de hidrocarburos.

El Liabsorb-m es un producto natural 100% que absorbe productos aceitosos u otros hidrocarburos, con una acción de "succión" que atrae al hidrocarburo y al aceite a sus células y las encapsula. El encapsulado en las células es inmediato al entrar en contacto con el aceite u otros hidrocarburos. Flota sobre el agua incluso al estar saturado con aceite. Es de peso liviano y puede ser almacenado durante varios años, su vida útil es ilimitada, cuando se guarda en un lugar seco y no se produce autoignición; es hidrofóbico y oleofílico, sólido; de color marrón oscuro; insoluble en agua; su pH es 6,7; humedad 16,48 %; producto estable; no tóxico y no se han observado efectos ecotóxicos; cuando se manipula sin medios de protección puede irritar la vista por el polvillo; no se debe inhalar; es biodegradable 100 %. Su incineración produce un residuo de 14,24 % de ceniza; característica que lo hace no apto para ser empleado en la industria como combustible, a pesar de su alta absorción

2. Efecto del tamaño de las partículas (análisis según cribado) en el nivel de absorción de hidrocarburos por el absorbente Liabsorb-k

Los resultados del estudio del efecto del tamaño (≥1; 2; 3; 4; 5; 6; 7 y 8 mm) de las partículas en el porcentaje de absorción de diferentes hidrocarburos (aceite de motor y diesel) mostraron diferencias significativas entre los diferentes tamaños de partículas con los niveles de absorción de hidrocarburos (Figura 2), la absorción estuvo correlacionada de forma negativa (r = -0,7525* aceite motor y r = -0,8986* diesel) con el tamaño de partícula, es decir, que a medida que disminuyó el tamaño, aumentó la absorción de hidrocarburos.

Con este absorbente debido a su estructura celular, la encapsulación de los hidrocarburos derramados se produce de forma eficiente, debido a que cada célula actúa como un espacio vacío, y en conjunto, funciona como un tejido esponjoso absorbente o encapsulador en lugar de adherirlo a sus superficie como hacen otros productos de base arcillosa. Estos resultados son similares a los reportados por diferentes compañías comercializadoras de absorbentes (4, 8, 11, 14 y 15).

3. Determinación de la densidad del absorbente Liabsorb-k por tamaño de partículas (análisis según cribado)

La densidad por tamaño de partículas (≥1; 2; 3; 4; 5; 6; 7 y 8 mm) disminuyó significativamente con el aumento del

FIGURA 1. ABSORBENTE LIABSORB-K ELABORADO POR EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES HORTÍCOLAS "LILIANA DIMITROVA"

tamaño de las mismas (Figura 3), estas densidades están correlacionadas de forma negativa (r= -0,9812*) con el tamaño de las partículas. Como se observa en la Figura 2, según aumentan los tamaños de partículas disminuyen su capacidad de absorción de hidrocarburos y su densidad, trayendo como consecuencia un aumento en la capacidad de almacenaje.

La menor densidad se corresponde con el mayor tamaño de partículas, al igual que la absorción (Figura 2 y 3), situación esta de gran incidencia económica que se debe tener presente a la hora de mitigar el impacto ambiental que producen los derrames de hidrocarburos.

4. Determinación del porcentaje de precipitación en el agua del absorbente Liabsorb-k por tamaño de partículas (análisis según cribado)

El porcentaje de precipitación de las partículas del absorbente Liabsorb-k disminuyó con el aumento de su tamaño, la Figura 4 evidencia que las partículas ≥ 2 mm la precipitación de las mismas en el agua disminuyen drásticamente cuando son agitadas; hay que tener presente que, el menor tamaño de partículas coincide con el mayor nivel de absorción de hidrocarburos (Figura 2), esto obedece a que a medida que se reduce su tamaño, aumenta la superficie de contacto de la partícula con el agua y los hidrocarburos.

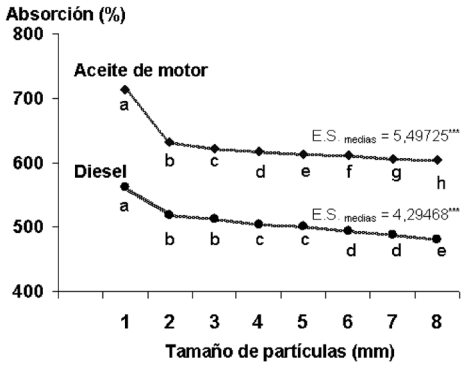
Para encapsular hidrocarburos en superficie acuática no se recomienda el empleo de este absorbente con tamaño de partículas menor de 2 mm, pero si para superficie dura debido a su mayor poder de absorción de hidrocarburos o productos aceitosos (Figuras 2 y 4).

5. Prueba de absorción de hidrocarburos con la combinación de dos absorbentes naturales Liabsorb-k y Liabsorb-m

Las diferencias de absorción con la combinación de los dos absorbentes naturales de hidrocarburos Liabsorb-k + Liabsorb-m resultó significativa y a medida que se aumentaban los porcentajes de absorbente Liabsorb-m, se incrementaban significativamente los niveles de absorción de hidrocarburo (aceite de motor) y con el incremento del absorbente Liabsorb-k disminuyeron los niveles de absorción (Figura 5).

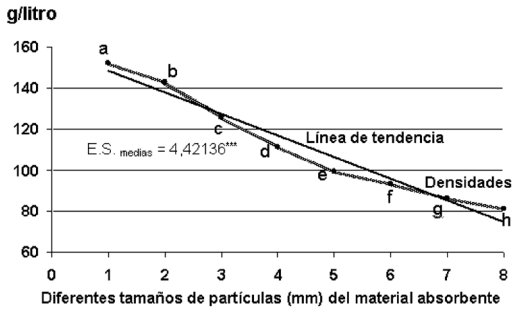
6. Prueba de absorción de agua potable y de mar y su desplazamiento por hidrocarburos con el Liabsorb-m y el Liabsorb-k

Se determinó el nivel de desplazamiento de hidrocarburos en muestras de absorbentes saturados por agua potable y de mar, este proceso duró 48 horas ; en dichas pruebas no se observó eliminación de las aguas absorbidas por los hidrocarburos (aceite de motor y diesel) durante 48 horas que duraron ambos procesos (absorción de aguas y absorción de hidrocarburos). A pesar de la alta encapsulación de aguas (13 veces su peso en el Liabsorb-k), ambos flotaron en la superficie acuática. Cuando se introdujo en hidrocarburos durante 48 horas no se observó desplazamiento o sustitución de las aguas por los hidrocarburos en el absorbente; estos resultados nos sugieren que una vez saturado el absorbente por aguas, se hace difícil su desplazamiento por hidrocarburos que flotan en las aguas por lo que es factible utilizarlo como barrera para contener derrames de hidrocarburos.



Medias en una misma línea sin letra en común difieren a P ≤ 0,05. Prueba de rangos múltiples de Duncan

FIGURA 2. EFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS EN LA ABSORCIÓN DE HIDROCARBUROS



Medias sin letra en común difieren a P ≤ 0,05. Prueba de rangos múltiples de Duncan

FIGURA 3. EFECTO DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS SOBRE LA DENSIDAD

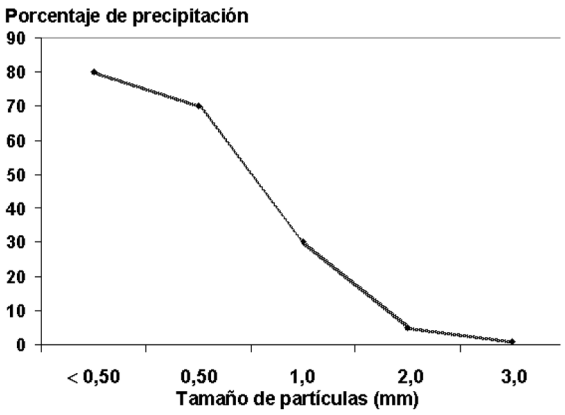


FIGURA 4. PORCENTAJE DE PRECIPITACIÓN DE LAS PARTÍCULAS

7. Prueba de encapsulación de hidrocarburos (aceite de motor y diesel) derramados en agua con el Liabsorb-k

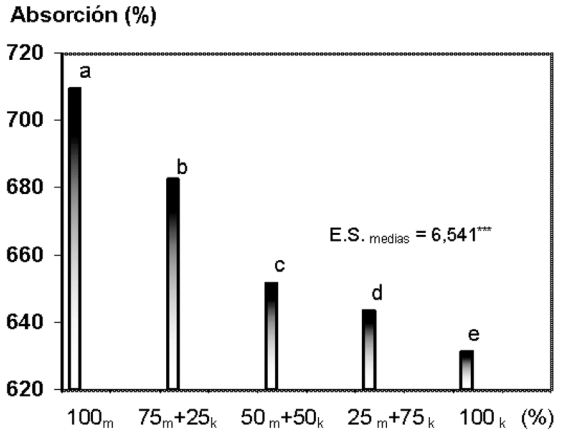
En la prueba de encapsulación con el Liarsorb-k, se observó que fueron absorbidos los hidrocarburos (aceite de motor y diesel) derramados en agua y cuando se agitó, se formó una masa compacta (absorbente + hidrocarburos) en forma cónica (Figura 6) y no se visualizó precipitación de partículas.

Este absorbente por ser oleofilico e hidrófobo, atrae al hidrocarburo pero repele el agua al igual que el Exsorbet - Peat Moss Absorbent, Petresorb y SENTEC (4, 7 y 9).

8. Impactos económicos, ambientales y sociales con la producción del Liabsorb-k en Cuba

En Cuba, el kenaf se cultivaba para la producción de fibra liberiana destinada a las empresas productoras de sacos donde sólo se aprovechaba entre 3-5 % de la fibra larga, desaprovechándose alrededor del 95 %. El 80 % del kenaf, aproximadamente, está constituido por fibra corta (leño) de un amplio uso industrial; otro porcentaje se pierde en el proceso de maceración de la cinta y el resto es biomasa de alto valor nutritivo, rica en proteínas y vitaminas. El aprovechamiento solamente de la fibra larga de este cultivo no garantizó su desarrollo sostenible en Cuba.

El desarrollo del cultivo, por su alta producción de biomasa diaria y absorción de CO_2 y NO_2 es 3-5 veces más rápido que los bosques, puede ayudar a disminuir el calentamiento global, a conservar los bosques y contribuir al mejoramiento de los suelos. Es una planta anual, no maderable, de producciones limpias, sustentables y resulta poco exigente a las atenciones culturales. Sus productos y tecnologías son de bajo costo de producción



Medias sin letra en común difieren a P ≤ 0,05. Prueba de rangos múltiples de Duncan

FIG. 5. MEZCLAS DE DOS ABSORBENTES: LIABSORB- M Y LIABSORB-K. PORCENTAJE DE HIDROCARBURO ABSORBIDO (ACEITE DE MOTOR)

y amigables con el medio ambiente. La industria del petróleo, en sus procesos de producción, refinación, transporte y almacenamiento de hidrocarburos, genera residuos aceitosos, los cuales han sido almacenados en ciénagas o piscinas a campo abierto, lagos, manglares y pantanos, generando un alto grado de contaminación en las áreas aledañas, con el deterioro o pérdida de la diversidad biológica en ecosistemas acuáticos y en agroecosistemas. La utilización de esta fuente renovable de materia prima para la elaboración de materiales absorbentes, compuestos, envases (sacos) crearía las bases competitivas para el desarrollo sostenible del kenaf (Hibiscus cannabinus, L.) en Cuba, con la creación de nuevos puestos de trabajos bien remunerados, la sustitución de importaciones a partir de tecnologías y producciones limpias y sanas.

La compañía Kenaf Green Industries y otras ofertan este producto a precios que oscilan entre 700 - 1 000 USD/t ($media = (700 + 1000)/2 = 850$ USD/t) precio FOB en dependencia del tamaño de partículas. Bangla Desh oferta la fibra larga para

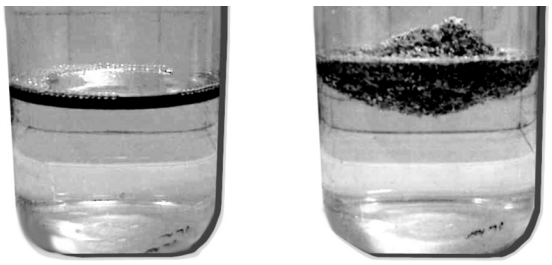


FIGURA 6. ABSORCIÓN DE DIESEL DERRAMADO EN AGUA CON EL ABSORBENTE LIABSORB-K

Indicadores	Costo de producción en USD/ha	
	Fibra basta	Fibra corta
Preparación de suelo	38,51	-
Fertilización	90,55	-
Siembra + costo de la semilla	137,79	-
Riego (6*)	38,46	-
Control de plagas*	11,78	-
Cosecha y descortezado	113,33	-
Alza y transportación	87,10	167,98
Poscosecha de la fibra larga	462,60	-
Secado y molinado de la fibra corta	-	222,72
Envasado y almacenaje del absorbente	-	462,90
Total	**980,12**	**853,60**

TABLA 2. RESUMEN DE LOS ELEMENTOS DE GASTOS DEL CULTIVO Y PRODUCCIÓN DE 1HA DE KENAF (HIBISCUS CANNABINUS, L.)
*CUANDO SEAN NECESARIOS.

Partidas	Producción t/ha	Valor USD/t	Producción (USD/ha)		Ganancia (V - C)
			Costo (C)	Valor (V)	
Fibra larga*	2,50	475,00	980,12	1187,50	207,38
Liabsorb-k	8,00	425,00	853,60	3400,00	2546,40
Total	**10,50**	**-**	**1833,72**	**4587,50**	**2753,78**

TABLA 3. RESUMEN DEL BALANCE ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE FIBRA Y LIABSORB-K EN 1 HA DE CULTIVO DE KENAF (HIBISCUS CANNABINUS, L.)

la confección de sacos y aspilleras entre 900–1000 USD/t ($media = (900 + 1000)/2 = 950$ USD/t) precio CIF.

Para lograr competitivilidad y sostenibilidad de la producción de sacos y aspilleras en Cuba para el mercado interno y para la exportación, consideramos que el precio de las fibras producidas no debe ser superior al 50% del valor medio de las mismas fibras que se ofertan en el mercado internacional; dicha oferta posibilita que la Empresa Productora de sacos y aspilleras (TEXORO) pueda ofertar sus producciones a precios competitivos.

Para lograr competitividad en la producción de sacos y aspilleras en Cuba para el mercado interno y para la exportación, el valor de la fibra sería: Valor medio /tonelada = 950*0,50 = 475,00 USD/t de fibra y para el absorbente su valor/tonelada = [700 + 1000]/2*0,50 = 425,00 USD/t

El resumen del balance económico de la producción de fibra para sacos, aspilleras y absorbentes, se muestra en las tablas 2 y 3; dichos resultados demostraron que es altamente competitiva la explotación del cultivo de kenaf en Cuba cuando se aprovecha de forma integral.

Conclusiones

Los tamaños de partículas entre 2 y 6 mm del absorbente Liabsorb-k son adecuados en la fabricación de barreras para la contención de derrames de hidrocarburos en superficie acuática, utilizando como fundas o forros mallas sintéticas recicladas anti-insectos de 50 mesh (50 huecos x 1 cm^2).

Para encapsular y recoger hidrocarburos derramados en superficie acuática los tamaños de partículas entre 1 y 4 mm del absorbente Liabsorb-k son los más convenientes, las mismas deben ser dispersas en la superficie en contra del aire.

Es altamente competitiva desde el punto de vista económico, ambiental y social, la explotación integral del cultivo de kenaf en Cuba.

Recomendación

Se recomienda continuar estudiando estos absorbentes Liabsorb-k y Liabsorb-m y los procedimientos para encapsular, incinerar y biodegradar hidrocarburos con sus máximas eficiencias.

Enrique Vinent Serrano[1], Odelin Fajardo Gutiérrez[1], Ramón Alberto Batista García[2], Ana Luisa Martínez Cruz[2], Ayixon Sánchez Reyes[2], Luís Mario Beltrán Pérez[3], Eduardo Diago Izquierdo[3] y Katia Núñez de Villavicencio Forte[3].

[1]Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova"
[2]Centro de Investigaciones del Petróleo
[3]Centro de Investigaciones Textiles

Literatura consultada

3M™ Argentina SACIFIA

2010 Absorbente para hidrocarburos (Spill Kit) 3M P-SKFL31. http://solutions.productos3m.es/wps/portal/3M/es_ES/OccSafety/Home/Products/ProductCatalogue/?PC_7_RJH9U5230GE3E02LECFTDQKKT1_nid=80NCGP0VZFbeD7DFZR1WQSgl. Conectado el 12 de Julio de 2010.

Bioasorb

2010 Absorbente orgánico industrial. http://www.DAASONS Fertilizantes Químicos-orgánicos y Orgánicos_ Absorbente Orgánico Industrial_ Suplementos Minerales para ganado_ Enmiendas Específicas_ Sustrato a base de Turba_ Polvo para Inoculantes.htm. Conectado el 12 de Julio de 2010.

CHEMTEX.

2010 Polímero para Hidrocarburos. http://www.chemtexinc.com/spanish/spolymers.html. Conectado el 12 de Julio de 2010.

Exsorbet - Peat Moss Absorbent

2007 http://www.absorbentsonline.com/peatsorb.htm. Conectado el 21 de marzo de 2007

Haléco

2010 Polvo absorbente para hidrocarburos Oil Sponge Bleu para desecación de superficie. http://www.haleco.es/webapp/wcs/stores/servlet/ArticleDetailsDisplayCmd?storeId=10101&catalogId=&langId=-5&typeShow=ListItem&partNumber=OSP75B. Conectado el 7 de Julio de 2010.

Magri s.a. Absorbente de hidrocarburos CAREX SP.

2010 http://www.minasmagri.com/absorbentehidrocarburos.html. Conectado el 5 de Julio de 2010.

PETRESORB

2010 http://www. absorbentes-abes.com/rubrique.pHp3?id_rubrique=2 xTooltipElement. Conectado el 7 de Julio de 2010.

Petroexx International Corporation. 100% Natural Absorbent.

2007 http://www.petroexxintrn.thomasregister.com/olc/petroexxintrn/home.htm. Conectado el 10 de Julio de 2007.

OILSORB

2010 Absorbente de polipropileno. http://www. SENTEC - Absorbentes para Derrames de Hidrocarburos OILSORB.htm. Conectado el 5 de Julio de 2010.

SK Ecologia (Peat Sorb)

2010 Derrames de hidrocarburos en cursos de agua. http://www.ske.cl/home/control_pro.html. Conectado el 5 de Julio de 2010.

US Patent 5492756 - Kenaf

2010 Core board material. http://www.Kenaf core board material - US Patent 5492756 Description.htm. Conectado el 2 de Febrero de 2010.

US Patent 7655149

2010 Oil absorbent kenaf balls and kits, and methods of making and using the same. http://www. Oil absorbent kenaf balls and kits, and methods of making and using the same - US Patent 7655149 Description.htm. Conectado el 2 de Febrero de 2010.

UNISORB

2010 Absorbente de hidrocarburos, inofensivo para el medio ambiente http://www.jbastan.com/renovables/absorbente_de_hidrocarburos.htm. Conectado el 5 de Julio de 2010

New Generation Industries.

2010 A natural cost efficient sorbent produced from kenaf plant. http://newgenerationindustries.com/absorbent.html. Conectado el 7 de Julio de 2010

Kengro Biosorb

2010 Protegiendo nuestro mundo con productos excepcionales de bioremediación y absorción. http://www.kengro.com/Kengro%20White%20Paper%20SP.doc. Conectado el 12 de Julio de 2010.