

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE QUIMICA**



**“ESTUDIO INICIAL DE GESTIÓN DE RESIDUOS. COMPARACIÓN DE  
EFECTIVIDAD Y COSTO DE MATERIALES SORBENTES DE ORIGEN RESIDUAL,  
NATURAL Y SINTÉTICO EN DERRAMES DE ESPECIES QUÍMICAS”**

Trabajo Especial de Grado presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela, por la bachiller Delimar Arminda Pérez Lozada, para optar al título de Licenciada en Química, mención Tecnología.

**Caracas, Mayo de 2011**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen por darme salud, esperanza y fuerza para cada día ser una persona mejor.

A la Universidad Central de Venezuela y la Facultad de Ciencias por abrirme las puertas, permitirme soñar, crecer y creer que todo se puede lograr.

A mi mamá que es mi madre y padre a la vez, que siempre ha estado presente para apoyarme en cualquier situación de mi vida dándome ánimo y amor incondicional. Gracias mamá, gracias a ti soy lo que he logrado hasta ahora.

A mi hermano que ha sido mi amigo, mi consejero y mi apoyo en todo momento. A Laura que más que mi prima es mi hermana, mi mejor amiga, mi compañera de tristezas, alegrías, por darme fuerzas siempre que lo necesito.

A mi familia en especial a mis tías y tíos por creer en mí y apoyarme en todo momento. Y a mi nonita que desde el cielo siempre me bendice y me cuida en todo momento.

A mi prima Angélica, Eileen y la Sra Rita que fueron mis compañeras incondicionales en mis primeros años en la Universidad y en Caracas.

A mis padrinos Mirencu y Guillermo que de una manera incondicional me ayudaron en toda mi carrera, siendo como unos verdaderos padres para mí.

A mi tutora quien creyó en mí y me permitió trabajar con ella apoyándome siempre en mis decisiones y asesorándome de la mejor manera que un tutor lo puede hacer, creo que no hubiese encontrado un mejor tutora que usted!

A mis amigas de la universidad Carmen, Sara y Arian quienes vivieron conmigo toda esa gran experiencia de ser universitarias; los exámenes, los laboratorios, las horas de

clases, los trasnochos, el estrés, las fiestas, en fin por estar ahí y quedarse para toda la vida.

A Eva por ser una gran amiga incondicional, por escucharme siempre con mis cosas de las materias y los laboratorios así ella no entendiera nada :D

A mis amig@s que aunque no los nombro a todos aquí han sido un componente fundamental para poder alcanzar esta meta.

A Alan que me ayudo con mi tesis y esas traducciones infinitas que hubiese tardado semanas en hacerlas yo sola.

A Nelson por ayudarme y acompañarme todos los fines de semana en el laboratorio.

Al Sr. Arturo quien me ayudo a moler y tamizar mis muestras y me tuvo paciencia durante algunas semanas.

Al prof. Williams por permitirnos realizar parte del trabajo experimental en Instituto de Ciencia de la Tierra.

A la Ing. Migleli Rondon, Ing. Haymar DaSilva, Lic. Mc Carver Seija, Ing. Maryuri Conde, quienes me atendieron muy abiertamente cuando fui a visitar las empresas donde laboraban y me prestaron toda la información necesaria para poder elaborar mi proyecto.

Sé que quedaron muchos por fuera pero aunque no estén aquí tienen mis agradecimientos en el gran libro de mi vida.

## RESUMEN

El presente trabajo estuvo enfocado en la evaluación de diferentes materiales de origen residual y natural con potencialidad de uso en derrame de hidrocarburos a su vez de ser una alternativa viable en la mitigación de residuos. Se evaluó la capacidad de sorción de trece biomateriales: arena lavada, arena fina, concha de guacuco, germen de maíz desgrasado, impureza de maíz, tusa de maíz, concha de café, concha de coco marrón (endocarpo), concha de coco verde (mesocarpo), bagazo de caña de azúcar, ceniza de caña de azúcar, cascarilla de arroz y dos materiales sintéticos con tres tipos de hidrocarburo: gasolina, gasoil y aceite de motor; Utilizando la metodología propuesta en la norma ASTM f.726-06: "Standard Test Method for Sorbent Performance of Adsorbents" y el protocolo canadiense: "Oil Spill Sorbents: Testing Protocol and Certification Listing Program. Los resultados obtenidos mostraron que el bagazo de caña de azúcar presentó una capacidad de sorción superior a los demás biomateriales e igual o superior en algunos casos a los materiales sintéticos con los cuales fueron comparados; se encontró que la capacidad de sorción depende del tamaño de partícula, la viscosidad y la volatilidad del hidrocarburo. Finalmente todas las muestras fueron evaluadas mediante microcopia electrónica de barrido.

## ÍNDICE GENERAL

Índice de tablas.....	i
Índice de gráficos.....	ii
Índice de imágenes.....	iii
Lista de abreviaturas (acrónimos) y símbolos.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
Antecedentes de la investigación.....	2
Marco teórico.....	12
Accidentes ambientales.....	12
Materiales sorbentes.....	13
Residuos.....	16
Clasificación de los residuos.....	17
Gestión de residuos.....	19
Técnicas de gestión de residuos.....	19
Marco Legal Venezolano.....	25

OBJETIVOS.....	27
Objetivo General.....	27
Objetivos específicos.....	27
MARCO METODOLÓGICO.....	28
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	34
CONCLUSIONES.....	108
RECOMENDACIONES.....	112
BIBLIOGRAFÍA.....	113
ANEXOS.....	117

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción de los sorbentes de origen comercial utilizados en la investigación.....	34
<b>Tabla 2.</b> Residuos de origen residual utilizados como materiales sorbentes en diferentes compuestos por distintos autores.....	36
<b>Tabla 3.</b> Gestión realizada para la recolección de información y muestras necesarias para el desarrollo del proyecto.....	41
<b>Tabla 4.</b> Derrames de líquidos atendidos por el Cuerpo de Bomberos del Distrito Capital durante los años 2008, 2009 y los dos primeros trimestres del año 2010.....	52
<b>Tabla 5.</b> Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales con tamaño de partícula comprendido entre 250 $\mu\text{m}$ y 500 $\mu\text{m}$ utilizando gasolina como sustrato. ....	56
<b>Tabla 6.</b> Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales con tamaño de partícula comprendido entre 500 $\mu\text{m}$ y 1 mm utilizando gasolina como sustrato.....	58
<b>Tabla 7.</b> Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales en su estado natural utilizando gasolina como sustrato. ....	60
<b>Tabla 8.</b> Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales con tamaño de partícula comprendido entre 250 $\mu\text{m}$ y 500 $\mu\text{m}$ utilizando gasoil como sustrato. ....	63

<b>Tabla 9.</b> Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales con tamaño de partícula comprendido entre 500 $\mu$ m – 1 mm utilizando gasoil como sustrato.....	65
<b>Tabla 10.</b> Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales en su estado natural utilizando gasoil como sustrato.....	67
<b>Tabla 11.</b> Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales con tamaño de partícula comprendido entre 250 $\mu$ m – 250 $\mu$ m utilizando aceite como sustrato.....	70
<b>Tabla 12.</b> Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales con tamaño de partícula comprendido entre 500 $\mu$ m – 1 mm $\mu$ m utilizando aceite como sustrato. ....	72
<b>Tabla 13.</b> Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales en su estado natural utilizando aceite como sustrato.....	74
<b>Tabla 14.</b> Porcentaje de retención del hidrocarburo (gasolina) con cada uno de los materiales sorbentes de tamaño de partícula 250 $\mu$ m – 500 $\mu$ m.....	77
<b>Tabla 15.</b> Porcentaje de retención del hidrocarburo (gasolina) con cada uno de los materiales sorbentes de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1mm.....	78
<b>Tabla 16.</b> Porcentaje de retención del hidrocarburo (gasolina) con cada uno de los materiales sorbentes en su estado natural.....	79
<b>Tabla 17.</b> Porcentaje de retención del hidrocarburo (gasoil) con cada uno de los materiales sorbentes de tamaño de partícula 250 $\mu$ m – 500 $\mu$ m.....	80
<b>Tabla 18.</b> Porcentaje de retención del hidrocarburo (gasoil) con cada uno de los materiales sorbentes de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1mm.....	81

<b>Tabla 19.</b> Porcentaje de retención del hidrocarburo (gasoil) con cada uno de los materiales sorbentes en su estado natural.....	82
<b>Tabla 20.</b> Porcentaje de retención del hidrocarburo (aceite) con cada uno de los materiales sorbentes de tamaño de partícula 250 $\mu\text{m}$ – 500 $\mu\text{m}$ .....	83
<b>Tabla 21.</b> Porcentaje de retención del hidrocarburo (aceite) con cada uno de los materiales sorbentes de tamaño de partícula 500 $\mu\text{m}$ – 1mm.....	84
<b>Tabla 22.</b> Porcentaje de retención del hidrocarburo (aceite) con cada uno de los materiales sorbentes en su estado natural.....	85
<b>Tabla 23.</b> Cantidad y costo de residuos provenientes del bagazo de caña de azúcar generados al año.....	97
<b>Tabla 24.</b> Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina de tamaño de partícula 250 $\mu\text{m}$ – 500 $\mu\text{m}$ como material sorbente y gasolina como sustrato.....	118
<b>Tabla 25.</b> Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada de tamaño de partícula 250 $\mu\text{m}$ – 500 $\mu\text{m}$ como material sorbente y gasolina como sustrato.....	119
<b>Tabla 26.</b> Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de guacuco de tamaño de partícula 250 $\mu\text{m}$ – 500 $\mu\text{m}$ como material sorbente y gasolina como sustrato.....	120
<b>Tabla 27.</b> Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado de tamaño de partícula 250 $\mu\text{m}$ – 500 $\mu\text{m}$ como material sorbente y gasolina como sustrato.....	121

**Tabla 28.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.....122

**Tabla 29.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando tusa de maíz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.....123

**Tabla 30.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.....124

**Tabla 31.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco marrón de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.....125

**Tabla 32.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco verde de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.....126

**Tabla 33.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.....127

**Tabla 34.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.....128

**Tabla 35.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina de tamaño de partícula 500  $\mu\text{m}$  – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.....129

- Tabla 36.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.....130
- Tabla 37.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de guacuco de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.....131
- Tabla 38.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.....132
- Tabla 39.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.....133
- Tabla 40.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando tusa de maíz de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.....134
- Tabla 41.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.....135
- Tabla 42.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco marrón de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.....136
- Tabla 43.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco verde de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.....137

- Tabla 44.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar de tamaño de partícula 500µm – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.....138
- Tabla 45.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz de tamaño de partícula 500µm – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.....139
- Tabla 46.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.....140
- Tabla 47.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.....141
- Tabla 48.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.....142
- Tabla 49.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.....143
- Tabla 50.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.....144
- Tabla 51.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.....145

- Tabla 52.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.....146
- Tabla 53.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagacillo en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.....147
- Tabla 54.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando ceniza de caña de azúcar en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.....148
- Tabla 55.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando un material de tipo sintético (1) en su estado natural como sorbente y gasolina como sustrato.....149
- Tabla 56.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando un material de tipo sintético (2) en su estado natural como sorbente y gasolina como sustrato.....150
- Tabla 57.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato.....151
- Tabla 58.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato.....152
- Tabla 59.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de guacuco de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato.....153

- Tabla 60.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato..... 154
- Tabla 61.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato..... 155
- Tabla 62.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando tusa de maíz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato..... 156
- Tabla 63.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato..... 157
- Tabla 64.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco marrón de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato..... 158
- Tabla 65.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco verde de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato..... 159
- Tabla 66.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato..... 160
- Tabla 67.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato..... 161

- Tabla 68.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.....162
- Tabla 69.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.....163
- Tabla 70.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de guacuco de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.....164
- Tabla 71.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.....165
- Tabla 72.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.....166
- Tabla 73.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando tusa de maíz de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.....167
- Tabla 74.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.....168
- Tabla 75.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco marón de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.....169

- Tabla 76.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco verde de tamaño de partícula 500µm – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.....170
- Tabla 77.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar de tamaño de partícula 500µm – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.....171
- Tabla 78.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz de tamaño de partícula 500µm – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.....172
- Tabla 79.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.....173
- Tabla 80.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.....174
- Tabla 81.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.....175
- Tabla 82.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz desgrasado en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.....176
- Tabla 83.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.....177

- Tabla 84.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.....178
- Tabla 85.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.....179
- Tabla 86.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagacillo en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.....180
- Tabla 87.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando ceniza de caña de azúcar en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.....181
- Tabla 88.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando un material de tipo sintético (1) en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.....182
- Tabla 89.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando un material de tipo sintético (2) en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.....183
- Tabla 90.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.....184
- Tabla 91.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.....185

- Tabla 92.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de guacuco de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.....186
- Tabla 93.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.....187
- Tabla 94.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.....188
- Tabla 95.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando tusa de maíz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.....189
- Tabla 96.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.....190
- Tabla 97.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco marrón de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.....191
- Tabla 98.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco verde de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.....192
- Tabla 99.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.....193

- Tabla 100.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.....194
- Tabla 101.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina de tamaño de partícula 500 $\mu\text{m}$  – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.....195
- Tabla 102.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada de tamaño de partícula 500 $\mu\text{m}$  – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.....196
- Tabla 103.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de guacuco de tamaño de partícula 500 $\mu\text{m}$  – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.....197
- Tabla 104.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado de tamaño de partícula 500 $\mu\text{m}$  – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.....198
- Tabla 105.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz de tamaño de partícula 500 $\mu\text{m}$  – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.....199
- Tabla 106.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando tusa de maíz de tamaño de partícula 500 $\mu\text{m}$  – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.....200
- Tabla 107.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café de tamaño de partícula 500 $\mu\text{m}$  – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.....201

- Tabla 108.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco marrón de tamaño de partícula 500µm – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.....202
- Tabla 109.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco verde de tamaño de partícula 500µm – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.....203
- Tabla 110.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar de tamaño de partícula 500µm – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.....204
- Tabla 111.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz de tamaño de partícula 500µm – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.....205
- Tabla 112.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.....206
- Tabla 113.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.....207
- Tabla 114.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.....208
- Tabla 115.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.....209

- Tabla 116.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.....210
- Tabla 117.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.....211
- Tabla 118.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.....212
- Tabla 119.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagacillo en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.....213
- Tabla 120.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando ceniza de caña de azúcar en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.....214
- Tabla 121.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando un material de tipo sintético (1) en su estado natural como sorbente y aceite como sustrato.....215
- Tabla 122.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando un material de tipo sintético (2) en su estado natural como sorbente y aceite como sustrato.....216

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

- Gráfico 1.** Variación de la capacidad de sorción de los materiales de tamaño de partícula (250 – 500)  $\mu\text{m}$  en el tiempo utilizando con gasolina como sustrato.....57
- Gráfico 2.** Variación de la capacidad de sorción de los materiales de tamaño de partícula 500  $\mu\text{m}$  – 1mm en el tiempo, utilizando con gasolina como sustrato.....59
- Gráfico 3.** Variación de la capacidad de sorción de los materiales en su estado natural en el tiempo utilizando con gasolina como sustrato.....61
- Gráfico 4.** Comparación de la máxima capacidad de sorción de los sorbentes en los diferentes tamaños probados con gasolina como sustrato.....62
- Gráfico 5.** Variación de la capacidad de sorción de los materiales de tamaño de partícula (250 – 500)  $\mu\text{m}$  en el tiempo utilizando con gasoil como sustrato.....64
- Gráfico 6.** Variación de la capacidad de sorción de los materiales de tamaño de partícula 500  $\mu\text{m}$  – 1mm en el tiempo utilizando con gasoil como sustrato.....66
- Gráfico 7.** Variación de la capacidad de sorción de los materiales en su estado natural en el tiempo utilizando con gasoil como sustrato.....68
- Gráfico 8.** Comparación de la máxima capacidad de sorción de los sorbentes en los diferentes tamaños probados con gasoil como sustrato.....69
- Gráfico 9.** Variación de la capacidad de sorción de los materiales de tamaño de partícula (250 – 500)  $\mu\text{m}$  en el tiempo utilizando con aceite como sustrato.....71
- Gráfico 10.** Variación de la capacidad de sorción de los materiales de tamaño de partícula 500  $\mu\text{m}$  – 1mm en el tiempo, utilizando con aceite como sustrato.....73

- Gráfico 11.** Variación de la capacidad de sorción de los materiales en su estado natural en el tiempo utilizando con aceite como sustrato.....75
- Gráfico12.** Comparación de la máxima capacidad de sorción de los sorbentes en los diferentes tamaños probados con aceite como sustrato.....76
- Gráfico 13.** Porcentaje de hidrocarburo retenido (gasolina) por cada material en los diferentes tamaños de partícula durante 30 minutos.....86
- Gráfico 14.** Porcentaje de hidrocarburo retenido (gasoil) por cada material en los diferentes tamaños de partícula durante 30 minutos.....87
- Gráfico 15.** Porcentaje de hidrocarburo retenido (gasolina) por cada material en los diferentes tamaños de partícula durante 30 minutos.....88

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1.</b> Arena fina vista por microscopía electrónica de barrido.....	99
<b>Imagen 1.a.</b> Resolución: 20 $\mu$ m.....	99
<b>Imagen 1.b.</b> Resolución 10 $\mu$ m.....	99
<b>Imagen 2.</b> Arena lavada vista por microscopía electrónica de barrido.....	99
<b>Imagen 2.a.</b> Resolución: 20 $\mu$ m.....	99
<b>Imagen 2.b.</b> Resolución: 10 $\mu$ m.....	99
<b>Imagen 3.</b> Concha de guacuco vista por microscopía electrónica de barrido.....	100
<b>Imagen 3.a.</b> Resolución: 10 $\mu$ m.....	100
<b>Imagen 3.b.</b> Resolución: 20 $\mu$ m.....	100
<b>Imagen 4.</b> Germen de maíz desgrasado visto por microscopía electrónica de barrido.....	100
<b>Imagen 4.a.</b> Resolución: 10 $\mu$ m.....	100
<b>Imagen 4.b.</b> Resolución: 20 $\mu$ m.....	100
<b>Imagen 5.</b> Impureza de maíz vista por microscopía electrónica de barrido.....	101
<b>Imagen 5.a.</b> Resolución: 10 $\mu$ m.....	101
<b>Imagen 5.b.</b> Resolución: 20 $\mu$ m.....	101
<b>Imagen 6.</b> Tuza de maíz vista por microscopía electrónica de barrido.....	101
<b>Imagen 6.a.</b> Resolución: 20 $\mu$ m.....	101

<b>Imagen 6.b.</b> Resolución: 10µm.....	101
<b>Imagen 7.</b> Concha de café vista por microscopía electrónica de barrido.....	102
<b>Imagen 7.a.</b> Resolución: 20µm.....	102
<b>Imagen 7.b.</b> Resolución: 10µm.....	102
<b>Imagen 8.</b> Concha de coco marrón vista por microscopía electrónica de barrido.....	102
<b>Imagen 8.a.</b> Resolución: 50µm.....	102
<b>Imagen 8.b.</b> Resolución: 20µm.....	102
<b>Imagen 9.</b> Concha de coco verde vista por microscopía electrónica de barrido.....	103
<b>Imagen 9.a.</b> Resolución: 20µm.....	103
<b>Imagen 9.b.</b> Resolución: 10µm.....	103
<b>Imagen 10.</b> Cascarilla de arroz vista por microscopía electrónica de barrido.....	103
<b>Imagen 10.a.</b> Resolución: 20µm.....	103
<b>Imagen 10.b.</b> Resolución: 10µm.....	103
<b>Imagen 11.</b> Bagazo de caña de azúcar visto por microscopía electrónica de barrido.....	104
<b>Imagen 11.a.</b> Resolución: 200µm.....	104
<b>Imagen 11.b.</b> Resolución: 100µm.....	104
<b>Imagen 11.c.</b> Resolución: 20µm.....	104
<b>Imagen 11.d.</b> Resolución: 10µm.....	104
<b>Imagen 12.</b> Sorbente sintético (1) visto por microscopía electrónica de barrido.....	105

<b>Imagen 12.a.</b> Resolución: 20 $\mu$ m.....	105
<b>Imagen 12.b.</b> Resolución: 80 $\mu$ m.....	105
<b>Imagen 13.</b> Sorbente sintético (2) visto por microscopía electrónica de barrido.....	105
<b>Imagen 13.a.</b> Resolución: 80 $\mu$ m.....	105
<b>Imagen 13.b.</b> Resolución: 20 $\mu$ m.....	105

**Lista de abreviaturas (Acrónimos) y símbolos.**

AF	Arena fina.
AL	Arena lavada.
Guac.	Concha de guacuco ( <i>Tivela mactroides</i> (Born, 1778)).
Germen	Germen de maíz desgrasado ( <i>Zea Mays</i> ).
I maíz	Impureza de maíz ( <i>Zea Mays</i> ).
Tusa	Tusa de maíz ( <i>Zea Mays</i> ).
Café	Concha de café. ( <i>Coffea arabica</i> L.).
CCm	Concha de coco marrón ( <i>Cocos nucifera</i> , endocarpio).
CCv	Concha de coco verde ( <i>Cocos nucifera</i> , mesocarpio).
Caña	Bagazo de caña de azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> ).
Arroz	Cascarilla de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ).
Bcll	Bagacillo ( <i>Saccharum officinarum</i> ).
Cza	Ceniza de caña de azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> ).
St 1	Material sorbente sintético: almohadilla absorbente.
St 2	Material sorbente sintético: media en red absorbente tipo boom.
t	Tiempo.
S <sub>ST</sub>	Masa de la muestra sorbente al final de la prueba con hidrocarburo.

$S_0$	Masa inicial de sorbente seco.
$S_{S(x)}$	Hidrocarburo neto sorbido.
CS	Capacidad de sorción.
$S_{CS}$	Error calculado de la capacidad de sorción.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años el uso de materiales sorbentes se ha ido incrementando cada vez más debido a los accidentes químicos generados por la alta incidencia de derrames de diferentes índoles, tales como: petróleo, ácidos, bases, solventes, entre otros. Estos ocurren diariamente a nivel mundial, trayendo como consecuencia grandes impactos ambientales y socioeconómicos en la sociedad, es por esto que constantemente se producen, tienen cada vez mejores características, mayor facilidad de uso y costos que pueden variar dependiendo de la materia prima utilizada para su elaboración.

Los materiales sorbentes comúnmente utilizados para derrames en su mayor proporción son de origen sintético y generalmente están elaborados a base de materiales poliméricos los cuales generan un costo adicional a la hora de su fabricación. Por otra parte el uso de materiales sorbentes de origen natural ha sido poco comercializado, aun cuando existen estudios internacionales al respecto y se ha comprobado la eficiencia de los mismos en el control de derrames.

Cabe destacar que en nuestro país hay muy poca investigación relacionada al uso de materiales sorbentes de este tipo, por esta razón en el presente trabajo se pretende evaluar la capacidad de sorción de diferentes materiales sorbentes tanto de origen natural como sintéticos y residuales, tales como: arcillas, residuos industriales, conchas marinas, productos de desechos agrícolas, así como las distintas variables físicas, estructurales, económicas que puedan afectar la eficacia del material y realizar un análisis comparativo de costo para determinar el tipo de sorbente que sea más económico de acuerdo a su efectividad.

## REVISION BIBLIOGRÁFICA

### Antecedentes de la Investigación

En la actualidad existen varios Trabajos de Investigación publicados en revistas científicas que están relacionados con el tema en estudio, los cuales se presentan a continuación:

**Ch. Teas y colaboradores (2001)** <sup>[1]</sup>; presentaron ante la Universidad Técnica Nacional de Atenas en Grecia, el trabajo de investigación de tipo experimental titulado: Investigación de la efectividad de materiales absorbentes para limpieza de derrames de crudo.

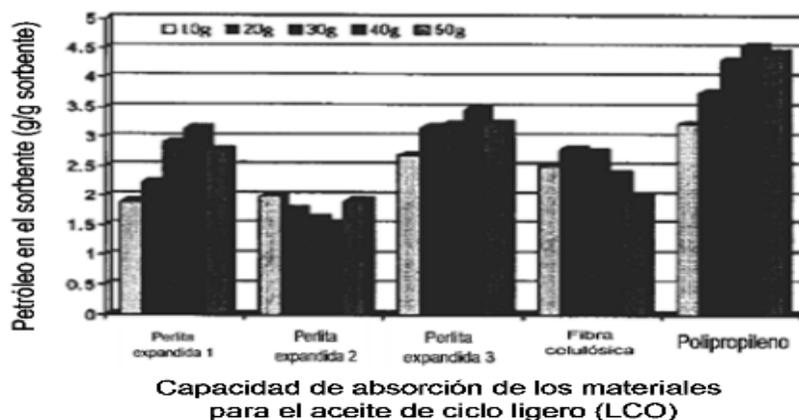
En este estudio se examinó la capacidad de absorción de cinco tipos de materiales (material comercial celulósico de madera procesada, fibra orgánica sintética de polipropileno comercial, y tres tipos comerciales de perlita expandida de diferentes tamaños de la isla de Milos) para la limpieza de vertidos de hidrocarburos; éstos materiales fueron evaluados en agua de mar artificial y en un ambiente seco con tres diferentes tipos de productos de petróleo: aceite de ciclo ligero (LOC), iraní pesado (CRU), gasoil ligero (LGO).

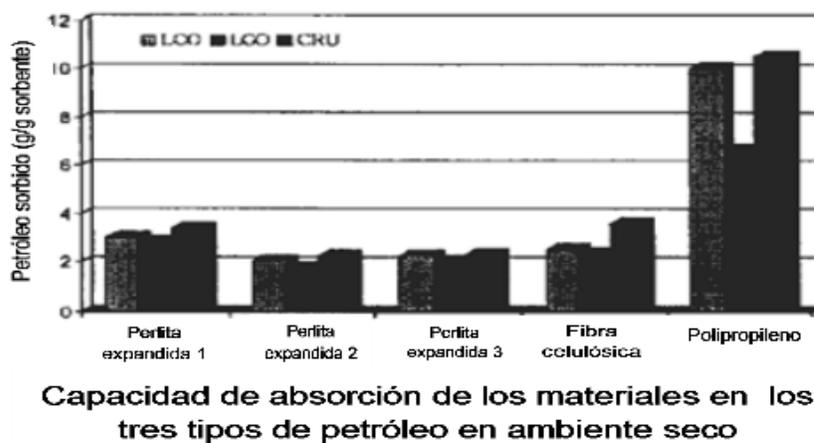
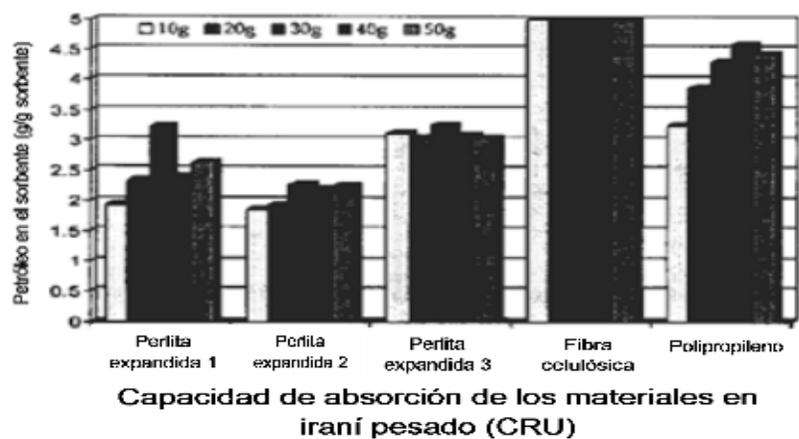
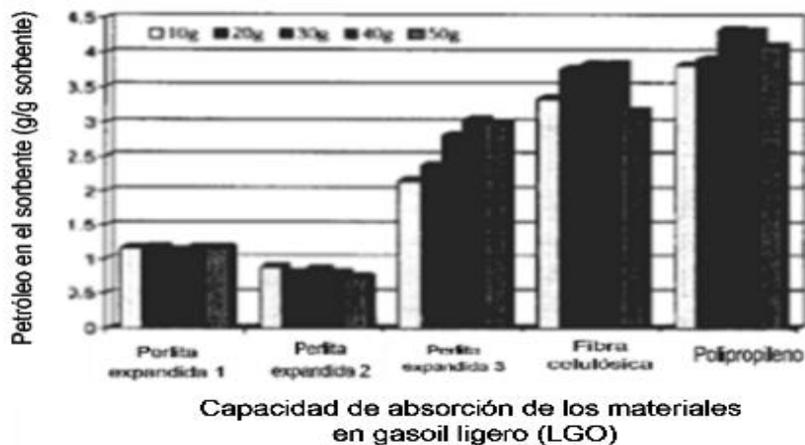
La metodología que emplearon para determinar la cantidad de material absorbido fue mezclar diferentes cantidades de material absorbente con los productos de petróleo en medio acuso. La cantidad de crudo absorbido por el absorbente fue determinado restando el contenido de agua y el peso inicial del absorbente del peso total del absorbente mojado; para determinar el agua contenida en el absorbente los investigadores utilizaron la técnica de destilación descrita en la norma ASTM D-95. En

condiciones secas la cantidad de crudo absorbido se determinó por gravimetría restando el peso inicial del absorbente del peso total del absorbente mojado.

Los resultados revelaron que, en el medio acuoso, el polipropileno mostró una mayor capacidad de absorción en los tipos de petróleo LCO y LGO, seguido por la perlita expandida 3 y la fibra celulósica; los tipos de perlita expandida 1 y 2 evaluados mostraron baja capacidad de absorción comparado con los otros materiales; también se pudo observar que, mejorando las condiciones hidrofóbicas de la perlita, se lograba un mejor rendimiento en el material al ser utilizado en el agua.

En condiciones secas la perlita expandida 1 tuvo mayor absorción que en condiciones húmedas e igualmente mostró mayor capacidad de absorción que los otros tipos de perlitas, por otra parte el polipropileno presento mayor capacidad de absorción en comparación con los otros materiales evaluados. En los siguientes gráficos se puede observar los resultados obtenidos por estos investigadores:





**T.R. Annunciado y colaboradores (2005)** <sup>[2]</sup>; presentaron ante la Universidad Federal de Paraná en Brasil, el trabajo de Investigación titulado: Investigación experimental de varias fibras vegetales como materiales absorbentes para derrames de crudo.

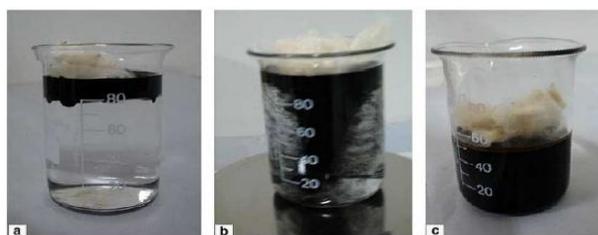
En este trabajo los investigadores usaron varias fibras vegetales tales como: residuos de hojas mezcladas, aserrín mezclado, sisal (agave sisalana), fibra de coco (cocos nucifera), lufa ó esponja vegetal (*Luffa cylindrica*) y palo borracho (*chorisia speciosa*) como materiales absorbentes de petróleo crudo. Las pruebas de sorción con petróleo crudo pesado de los pozos de Campos de Rio de Janeiro en Brasil se llevaron a cabo en medios de agua desionizada y marina, con y sin agitación; la absorción de agua por las fibras se determinó por medio de pruebas en condiciones secas y por destilación.

Para las pruebas de sorción el petróleo crudo se derramó en un vaso de precipitado, el cual contenía agua desionizada de pH 7 y se agregó cierta cantidad del material fibroso; luego de un periodo de tiempo determinado (5, 20, 40, 60, 1140 min) el material fue removido. Todas las pruebas fueron llevadas a cabo a  $20 \pm 1$  °C.

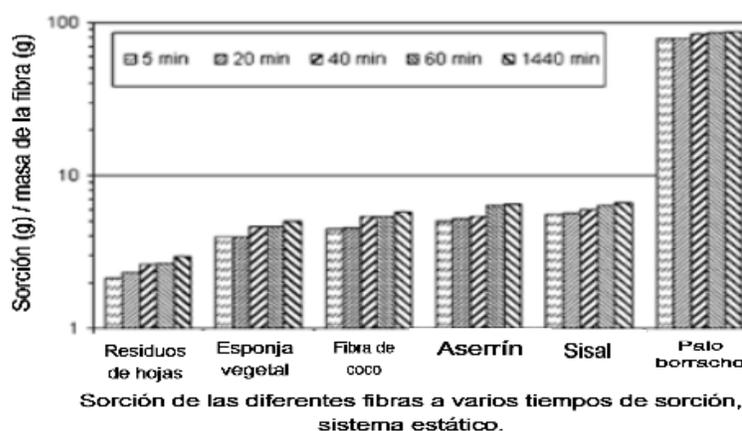
Los experimentos de retención los calcularon como la relación de la diferencia del material sorbido y material seco entre el material seco, siendo expresada la capacidad de sorción en porcentaje peso/peso. Para cada tipo de fibra llevaron a cabo entre 3 y 5 independientes experimentos de sorción.

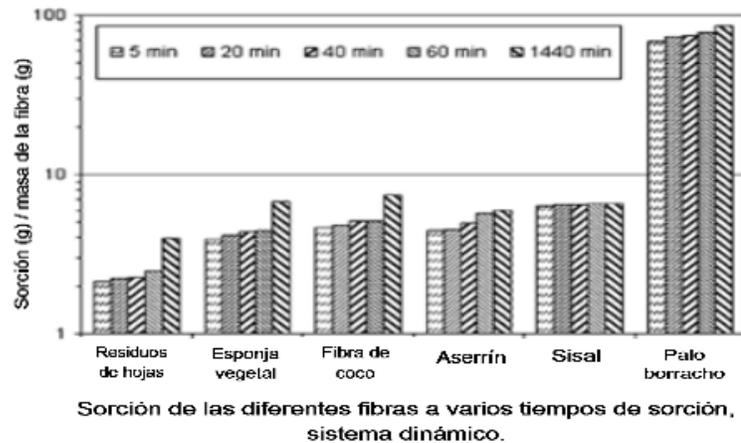
En condiciones estáticas la capacidad de sorción calculada por los investigadores siguió la tendencia general: palo borracho > sisal > aserrín mezclado > fibra de coco > lufa ó esponja vegetal > residuos de hojas mezcladas; en el sistema dinámico se mostró la misma tendencia de sorción con la única diferencia que en el sistema dinámico la velocidad de sorción fue más lenta.

En este trabajo también se estudiaron otras variables como la flotabilidad y el tamaño de partícula demostrándose que a menor tamaño de partícula se lograba una mayor capacidad de sorción del material y que en ambientes húmedos no es eficiente el uso de materiales tales como: sisal, aserrín y la esponja vegetal debido a su poca flotabilidad mientras que los residuos de hojas y la fibra de coco pueden ser adecuados para espacios marinos. Finalmente el palo borracho mostró un alto grado de hidrofobicidad y la capacidad de sorción del crudo fue de 85 g/g de sorbente en 24 horas. En la siguiente figura se muestran los experimentos realizados en las diferentes condiciones y los resultados obtenidos:



Diferentes sistemas de absorción utilizados en el ensayo, llevados a cabo a temperatura ambiente justo después de la colocación de la fibra en la superficie del aceite: (a) sistema estático, (b) sistema dinámico y (c) sistema seco.





**D. Ortiz y colaboradores (2006)** <sup>[3]</sup>; presentaron ante la Universidad Nacional de Colombia en Colombia, el trabajo de Investigación experimental titulado: Biomateriales sorbentes para la limpieza de derrames de hidrocarburos en suelos y cuerpos de agua.

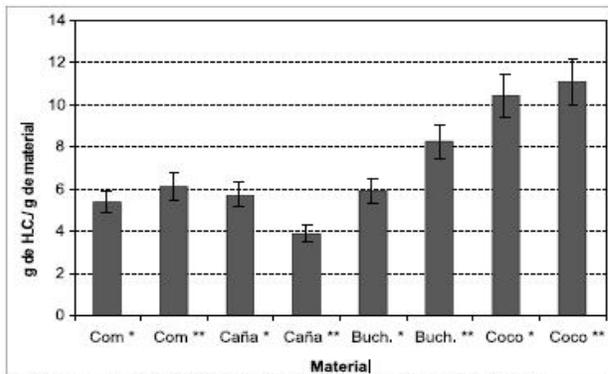
Este estudio está encaminado a identificar y evaluar materiales orgánicos naturales que puedan ser utilizados como sorbentes en las operaciones de limpieza de derrames de hidrocarburo tanto en suelo como en cuerpos de agua. En este trabajo de investigación se evaluó la capacidad de sorción de tres materiales: fibra de caña, fibra de coco y buchón de agua, con tres hidrocarburos: 25, 30 y 35 °API, y dos tipos de agua: destiladas y marina artificial, adaptando la norma ASTM F-726 <sup>[4]</sup> y siguiendo la metodología sugerida por el protocolo canadiense "Oil Spill Sorbents: Testing Protocol and Certification Listing Program" <sup>[5]</sup>.

Se encontró que los tres materiales evaluados tienen una capacidad de sorción igual o superior a un material comercial contra el cual fueron comparados. Se observó que los resultados de la capacidad de sorción dependían de algunas variables como la viscosidad del hidrocarburo, granulometría (tamaño de partícula en malla tyler) y estructura del material. En la sorción de agua, la fibra de caña fue la que mostró la mayor hidrofobicidad, a diferencia del buchón, el cual es bastante hidrofílico. Por otro lado, se determinó y modeló la cinética de sorción de los materiales con los tres

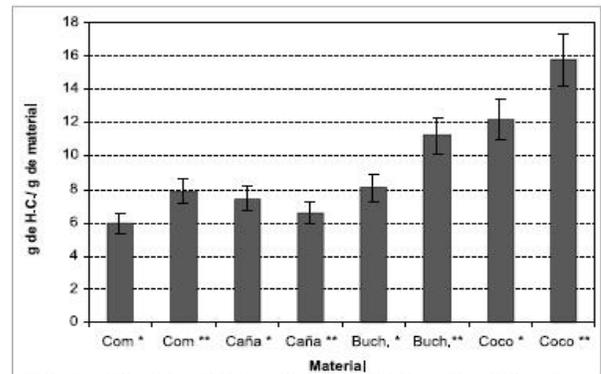
hidrocarburos, 35, 30 y 25°API. Se encontró que los materiales alcanzan su saturación en menos de un minuto, lo que permite tener una alternativa rápida para la limpieza y control de derrames de hidrocarburos.

También se pudo observar que en la sorción del hidrocarburo liviano (35°API), el fenómeno predominante es la absorción. En el hidrocarburo medio (30°API) se presentan dos fenómenos: la absorción y la adsorción, por lo cual la capacidad de sorción de este hidrocarburo es mayor que la sorción del hidrocarburo liviano (35°API) y en la sorción del hidrocarburo pesado (25°API) el fenómeno predominante es la adsorción.

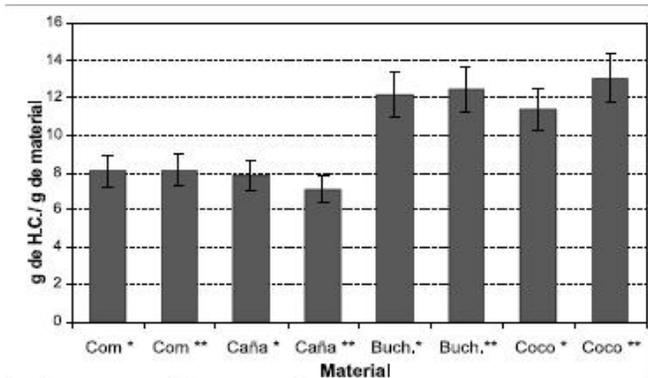
Finalmente, se realizó un tratamiento térmico a los materiales con el fin de mejorar su hidrofobicidad y comportamiento en derrames sobre cuerpos de agua. La fibra de caña fue el material que presentó mejores resultados con el tratamiento térmico, seguido por el buchón de agua; la fibra de coco no presentó un cambio significativo en su hidrofobicidad. En los siguientes gráficos se puede observar los resultados obtenidos por los investigadores:



Capacidad de sorción de H.C. liviano (35° API) con materiales celulósicos



Capacidad de sorción de H.C. medio (30° API) con materiales celulósicos



Capacidad de sorción de H.C. pesado  
(25° API) con materiales celulósicos

Abreviaturas de los materiales

Abreviatura	Material
Coco	Fibra de Coco
Caña	Fibra de Caña
Buch	Buchón de Agua
Com	Comercial
*	Material fino (malla 80)
**	Material Grueso (malla 30)

**P. Martínez y colaboradores (2009)** <sup>[6]</sup>; presentaron ante la Universidad Central de las Villas en Cuba, el trabajo de investigación experimental titulado: Factibilidad de aplicación de biomateriales sorbentes en la limpieza de aguas oleosas.

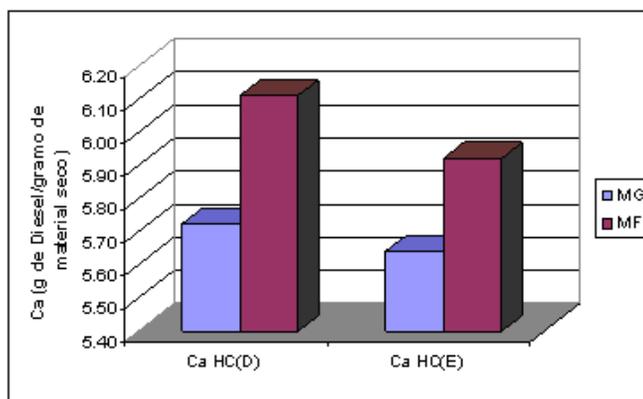
Este trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el bagazo de caña de azúcar como material orgánico natural el cual puede ser utilizado como sorbente en la operación de limpieza de aguas oleosas. En el mismo, se caracterizó el bagazo utilizado; se evaluó la capacidad máxima de sorción, determinándose la masa de hidrocarburo sorbido por gramos de material sorbente a diferentes granulometrías con el hidrocarburo utilizado (diesel regular de 32,7° API).

Las etapas propuestas en este trabajo establecidas para el acondicionamiento del bagazo de caña natural como material sorbente, fueron las siguientes: recolección, secado, molienda, y tamizado. El bagazo de caña natural sin procesar, se sometió a un proceso de secado a 80°C durante dos horas; luego se redujo mediante un molino por impacto y cizallamiento, utilizando un molino de rotor de seis paletas Modelo SR-2 Marca Restsh (Alemania), con velocidad de rotación de 1500 rpm.

Los investigadores decidieron trabajar con dos tamaños de partículas, los cuales se obtuvieron a partir de la determinación granulométrica, utilizando el análisis por tamizado o cribado; las fracciones de interés previamente definidas, fueron las contenidas entre las mallas Tyler: +0,21 -0,35 mm (material grueso) y +0,16 -0,21 mm (material fino). También realizaron una caracterización física donde se estimaron algunas propiedades del bagazo natural tales como: humedad, densidad aparente, flotabilidad, utilizando microcopia electrónica de barrido.

Para determinar la capacidad de sorción los investigadores tomaron la metodología empleada en el trabajo de investigación de: D. Ortiz y colaboradores <sup>[3]</sup>, utilizando las normas ASTM D 1141, F-728 y el protocolo canadiense “Oil Sorbent: Testing Protocol and Certification Listing Program”, en las cuales se determina la masa de hidrocarburo sorbido por gramo de material sorbente, determinándose la capacidad de sorción de ambos tamaños de partícula en condiciones estáticas y dinámicas.

Los resultados obtenidos reflejaron que, a una granulometría de 0,16 -0,21 mm, a 24 h de contacto y con mezclado inicial, se obtienen los mayores valores de sorción (6 g/g de bagazo). En el siguiente gráfico se muestran los resultados obtenidos por los investigadores:



Capacidad de sorción del Diesel en el material fino y grueso en las formas estática y dinámica.

**Amit Bhatnagar y Mika Sillanpää (2010)** <sup>[7]</sup>, presentaron ante la Universidad Técnica de Hamburgo - Harburgo en Alemania y la Universidad de Kuopio de Finlandia el trabajo de investigación bibliográfico titulado: Utilización de desechos agro-industrial y municipal como potencial adsorbentes para tratamiento de agua – Una revisión.

En dicha publicación los investigadores realizaron una extensa revisión bibliográfica con el fin de recopilar una gran cantidad de trabajos experimentales donde han sido utilizados materiales de desecho agro-industrial y municipal como materiales adsorbentes en aguas contaminadas; esto con el fin de exhibir una alternativa viable para la reutilización de desechos; además de mostrar su aporte en la reducción de costos debido a la eliminación de residuos contribuyendo así a la protección del medio.

Como alternativas de materiales adsorbentes de bajo costo dicha publicación muestra los desechos provenientes de la agricultura, residuos de té, café, coco, maní, conchas agrícolas, semillas. Entre los desechos industriales y municipales están los provenientes de industrias: siderúrgicas, de aluminio, fertilizantes, cuero y papel.

En cada una de estas alternativas los investigadores exponen la capacidad de adsorción de cada material (adsorbente) y el compuesto en el cual han sido experimentado (adsorbato). Los compuestos con los cuales han sido expuestos los residuos son de tipo orgánicos, colorantes y metales pesados debido a que estos son los que se encuentran en grandes proporciones en aguas residuales.

## Marco Teórico

Los **accidentes ambientales** se pueden definir como eventos inesperados que afectan, directa o indirectamente, la seguridad y la salud de la comunidad involucrada y causan impactos en el ambiente <sup>[8]</sup>.

Los accidentes ambientales pueden ser caracterizados de dos formas <sup>[8]</sup>:

a. Desastres naturales: son causados por fenómenos naturales, que son independientes de la intervención humana. Se incluyen en esta categoría: terremotos, maremotos, huracanes y erupciones volcánicas.

b. Desastres tecnológicos: son producidos por la actividad desarrollada por el hombre, tales como accidentes nucleares y derrames de sustancias químicas, entre otros.

Entre los diversos tipos de accidentes tecnológicos, destaca como de especial interés el **accidente químico**, el cual se define como un acontecimiento o situación que resulta en la liberación de una o varias sustancias peligrosas para la salud humana y/o el medio ambiente, a corto o largo plazo <sup>[8]</sup>.

Los **derrames** se definen como la descarga accidental de sustancias químicas y tóxicas, originada con motivo del escape, evacuación, rebose, fuga, emisión o vaciamiento de hidrocarburos o sustancias nocivas, capaces de modificar las condiciones naturales del medio ambiente, dañando recursos e instalaciones <sup>[9]</sup>.

## MATERIALES SORBENTES

Son materiales insolubles o mezclas de materiales usados para recuperar líquidos por el fenómeno de absorción, adsorción, o ambos <sup>[10]</sup>.

Estos fenómenos de sorción pueden ser diferenciados por el grado con que la molécula de sorbato interactúa con la fase sorbente y su libertad para moverse dentro del sorbente. En la **adsorción**, la acumulación de soluto es en general restringida entre la superficie o interfase de la solución y el adsorbente. Por el contrario, la **absorción** es un proceso en el que el soluto es transferido de una fase a otra interpenetrando la fase sorbente por lo menos varios nanómetros. La sorción resulta de una variedad de diferentes tipos de fuerzas atractivas entre el soluto, solvente y moléculas sorbentes, fuerzas químicas (enlace covalente y puente de hidrógeno), electrostáticas (ion-ion, ion-dipolo) y físicas (Coulomb, energía de Keesom, energía de Debye, energía de dispersión de London) estas fuerzas actúan juntas pero generalmente un tipo prevalece en una situación particular <sup>[2]</sup>.

Es por ello que se pueden encontrar diferentes tipos de materiales sorbentes dependiendo del fenómeno que ocurra. **Adsorbentes**, son materiales insolubles que están cubiertos por un líquido en su superficie, incluyendo poros y tubos capilares, sin la hinchazón del 50 por ciento del sólido en el líquido de exceso y los **absorbentes** son los materiales que recogen y conservan el líquido distribuido por toda su estructura molecular causando la hinchazón del sólido (el 50 por ciento o más). El absorbente debe ser por lo menos 70 por ciento insoluble en el exceso de líquido. <sup>[10]</sup>.

Para ser útiles en el momento de combatir derrames de hidrocarburo, los sorbentes necesitan ser tanto hidrofóbicos como hidrofílicos. Aunque ellos puedan ser usados en el exclusivo método de limpieza en pequeños trozos, son utilizados más a

menudo para quitar rastros finales del hidrocarburo, o en las áreas que no pueden ser alcanzadas por un espumador (skimmer). Los materiales sorbentes usados para recuperar el hidrocarburo deben ser eliminados de acuerdo a regulaciones aprobadas a nivel local, estatal, y federal. Cualquier hidrocarburo que es removido por materiales sorbentes debe ser eliminado o reciclado correctamente<sup>[10]</sup>.

Los sorbentes pueden clasificarse en tres categorías básicas: natural orgánico, natural inorgánico y sintético<sup>[10]</sup>.

**Sorbentes naturales orgánicos:** incluye el musgo de la turba, heno, aserrín, mazorcas de maíz, plumas y otros productos fácilmente disponibles a base de carbón. Los sorbentes orgánicos puede sorber entre 3 y 15 veces su peso en el hidrocarburo, pero hay desventajas a su empleo. Algunos sorbentes orgánicos tienden a sorber el agua así como el hidrocarburo, haciendo que el sorbente se sumerja. Muchos sorbentes orgánicos son partículas sueltas como el aserrín los cuales son difíciles de reunir después que están esparcidos en el agua. Estos problemas pueden ser equilibrados al añadir dispositivos de flotación, como tambores vacíos anexos a las balsas absorbentes de heno con el fin de vencer el hundimiento y así envolver las partículas sueltas en la red para ayudar en la colección<sup>[10]</sup>.

**Sorbentes naturales inorgánicos:** formados por la arcilla, perlita, vermiculita, lana de vidrio, arena o cenizas volcánicas. Estos pueden sorber entre 4 a 20 veces su peso en el hidrocarburo. Tanto los sorbentes inorgánicos al igual que los orgánicos son baratos y disponibles en grandes cantidades. Este tipo de sorbentes no son utilizados sobre las superficies del agua<sup>[10]</sup>.

**Sorbentes sintéticos:** incluyen materiales hechos por el hombre que son similares al plástico, como el poliuretano, polietileno y el polipropileno, estos son diseñados para adsorber líquidos en sus superficies. Otros sorbentes sintéticos son polímeros reticulados y de caucho, los cuales adsorben o absorben líquidos en su

estructura sólida, causando que el material sorbente se hinche. La mayoría de sorbentes sintéticos pueden adsorber o absorber por encima de 70 veces su propio peso en el hidrocarburo <sup>[10]</sup>.

Cuando se escogen los sorbentes que actuarán en la limpieza de derrames de hidrocarburos se deben considerar las características de los sorbentes y el tipo de hidrocarburo <sup>[10]</sup>.

**Retención del material:** El peso del hidrocarburo recuperado puede causar que la estructura del sorbente se hunda y se deforme, y cuando ésta es sacada del agua, puede liberar el hidrocarburo atrapado en sus poros. Con más ligereza, el hidrocarburo menos viscoso es perdido por los poros más fácilmente que el pesado, los hidrocarburos más viscosos causan contaminación secundaria durante la recuperación de los materiales sorbentes <sup>[10]</sup>.

**Velocidad de sorción:** la sorción de hidrocarburos es más rápida con productos que sean más ligeros que él mismo, una vez sorbido el hidrocarburo, éste no puede ser liberado de nuevo. Ésta sorción es más efectiva con hidrocarburos ligeros (gasolina, gasoil, benceno); los hidrocarburos más densos se adhieren a la superficie del adsorbente más efectivamente <sup>[10]</sup>.

**Capacidad de sorción:** es importante ya que mientras mayor cantidad de líquido pueda retener el material más efectivo y rápido será la recolección del líquido derramado, ésta puede variar dependiendo de la composición del material sorbente.

**Superficie de contacto:** ocurre cuando una o todas las sustancias que se combinan se hallan en estado sólido, la velocidad de reacción depende de la superficie expuesta en la reacción. Cuando los sólidos están molidos o en granos, aumenta la superficie de contacto y por consiguiente, aumenta la posibilidad de choque y la sorción

es más veloz. Lo mismo ocurre cuando las sustancias sorbentes no son miscibles entre sí <sup>[11]</sup>.

**Facilidad de uso:** los sorbentes pueden ser aplicados manualmente o mecánicamente, usando sopladores o ventiladores. Muchos de los sorbentes orgánicos naturales que existen como materiales sueltos, arcilla y vermiculita, son polvorientos, difíciles de aplicar en condiciones ventosas, y tienen la posibilidad de ser inhalados <sup>[10]</sup>.

En el presente trabajo se plantea el uso de materiales sorbentes de origen residual es por ello que es importante conocer sobre el manejo de residuos, su clasificación y la gestión de los mismos.

## RESIDUOS

Se pueden definir como: “cualquier cosa desechada, inútil o no deseada” <sup>[12]</sup>.

Otra definición de este término dada por un estudio internacional fue la siguiente: residuo es un objeto móvil sin empleo conocido y permanentemente descartado” <sup>[13]</sup>.

El término residuo no aparece en la Ley Orgánica sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos, en su lugar se define lo que es un desecho, un material peligroso, y un material recuperable <sup>[14]</sup>.

Desecho: “material, sustancia, solución, mezcla u objeto para el que no se prevé un destino inmediato y debe ser eliminado o dispuesto en forma permanente”.

Material peligroso: “sustancia o mezcla de sustancias que por sus características físicas, químicas o biológicas es capaz de producir daños a la salud, a la propiedad o al ambiente. Incluye los materiales peligrosos recuperables. Para los fines de la presente Ley, los materiales peligrosos están clasificados de acuerdo con lo especificado en la reglamentación técnica vigente y en los convenios o tratados internacionales ratificados verdaderamente por la república”.

Material peligroso recuperable: “material que reviste características peligrosas que después de servir para un propósito específico todavía conserva propiedades físicas y químicas útiles y, por lo tanto, puede ser reusado, reciclado, regenerado o aprovechado con el mismo propósito u otro diferente”.

### **Clasificación de los residuos**

Aproximadamente la mitad de los residuos producidos por el hombre provienen de la agricultura. Consisten generalmente de sobras de sembradíos y desechos de animales. La mayor parte es reciclada de nuevo en el suelo, lo que produce a su vez contaminación del aire y de las aguas. Un tercio de los desechos sólidos provienen de la industria, de la minería y procesamiento de metales. Generalmente se disponen en sitios cercanos a los de producción y no se mezclan con otra basura, pero a veces su disposición no es correcta. La mayoría de los desechos industriales, en los países industrializados (aparte de minería) son reciclados, convertidos a otras formas, destruidos, o dispuestos en rellenos privados o pozos profundos de inyección. EL otro tipo de desecho sólido que existe es el municipal, compuesto principalmente por desechos del hogar y comerciales <sup>[15]</sup>.

Glynn y Heinke afirman que el término *residuos sólidos* incluye todos los materiales sólidos desechados de actividades municipales, industriales o agrícolas. Son aquellos desperdicios que no son transportados por agua y que han sido rechazados porque ya no se van a utilizar. En el caso de los residuos sólidos municipales se aplican términos más específicos a los residuos de alimentos putrefactivos (biodegradables), llamados *basura*, y a los residuos sólidos no putrescibles, los cuales se designan simplemente como desechos. Los desechos incluyen diversos materiales, que pueden ser combustibles (papel, plástico, textiles, etc.) o no combustibles (vidrio, metal, mampostería, etc.). Existen residuos, en ocasiones llamados *especiales*, como es el cascajo de las construcciones, hojas de los árboles y la basura callejera, los automóviles abandonados y también aparatos viejos, que se recolectan a intervalos esporádicos en diferentes lugares <sup>[16]</sup>.

Existen otros tipos importantes de residuos, entre ellos están:

Los residuos tóxicos, que fueron definidos por el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA) como: “los residuos tóxicos comprenden residuos (sólidos, lodos, líquidos, o gases envasados) distintos a los radioactivos (o infecciosos), los cuales, debido a su actividad química, tóxica, explosiva, corrosiva o a otras características, son fuente eventual de peligros para la salud o para el medio ambiente, de modo individual o en contacto con otros residuos” <sup>[13]</sup>.

Los residuos radiactivos que se originan al utilizar la energía nuclear. Durante la actividad minera, producción de combustible y operaciones de reactores se producen estos desechos. Sin embargo, se genera la radiación, pero en cantidades menores, de forma natural. Ésta proviene de materiales radiactivos como el uranio y radón de la corteza terrestre. También los rayos cósmicos del espacio exterior emiten radiación. Por otro lado, los rayos X médicos y dentales, también son fuente importante <sup>[17]</sup>.

Los residuos médicos o a menudo conocidos como residuos hospitalarios, que pueden ser: cultivos y cepas de agentes infecciosos, residuos patológicos humanos, sangre humana, instrumentos cortantes: usados y sin usar, residuos animales contaminados y residuos procedentes de pacientes aislados con enfermedades muy contagiosas. Entre los generadores de residuos médicos están los hospitales y, en menor medida, las clínicas, los laboratorios de investigación y las compañías farmacéuticas<sup>[17]</sup>.

### **Gestión de residuos**

Comprende el conjunto de procedimientos que contribuyen a la reducción o a la eliminación de los residuos en su lugar de origen<sup>[18]</sup>.

Los objetivos de la o gestión de residuos son controlar, recolectar, procesar, utilizar y eliminar los residuos de la manera más económicamente congruente con la protección de la salud pública y los deseos de a quienes el sistema da servicio<sup>[16]</sup>.

### **Técnicas de gestión de residuos**

La gestión de los residuos abarca numerosas actividades que contribuyen a disminuir la generación y/o la toxicidad de los mismos. La escogencia de las alternativas requiere un conocimiento comprensivo del desecho, incluyendo características físicas y químicas, volumen y procedencia<sup>[18]</sup>.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (E.P.A.) recomienda la siguiente planificación para la gestión de residuos <sup>[18]</sup>:

- a) Reducción en el origen
- b) Reciclaje o reutilización
- c) Tratamiento
- d) Disposición final o eliminación

#### **a.- Reducción en el origen:**

Esta estrategia es ideal porque previene la generación de desechos peligrosos, implementa una amplia visión de conservación de recursos, es más económica, ambientalmente segura y legalmente permitida. La reducción o minimización en el origen puede involucrar la modificación de un proceso. Algunas de tales modificaciones son de naturaleza química, cambios en las condiciones que permitan minimizar la formación de subproductos como sustancias peligrosas, reemplazo de catalizadores potencialmente peligrosos por unos menos nocivos o que puedan ser reciclados antes de descargarlos, minimización de residuos por reducción de volumen y desecación de lodos, entre otros <sup>[18]</sup>.

La reducción o minimización en el origen es el componente de mayor jerarquía de la administración de los residuos sólidos porque representa el medio más eficaz para reducir los costos económicos y los efectos ambientales asociados con el manejo de los residuos. Se han identificado tres requisitos fundamentales para implantar un programa de reducción de las fuentes <sup>[19]</sup>:

- ✓ Adopción de estándares industriales para la manufactura y empaquetado de los productos con un menor uso de materiales.

- ✓ Aprobación de leyes que reduzcan al mínimo el uso de materiales vírgenes en productos de consumo.
- ✓ Adopción, por parte de las comunidades, de tarifas por servicios de administración de residuos. Dichas tarifas deben sancionar a los generadores por aumentar las cantidades de residuos.

### **b.- Reciclaje y reutilización:**

Si la reducción de la fuente no es factible, la segunda estrategia óptima es el reciclaje o reutilización de materiales.

El reciclaje, generalmente, incluye: recolección, separación, procesamiento, comercialización y creación de un nuevo producto o material a partir de productos o materiales usados. Comúnmente, reciclaje se refiere a la separación del flujo de residuos de materiales reciclables, tales como: periódicos, aluminio, otros metales o vidrio. Incluye el reciclaje de materiales procedentes de los residuos urbanos, a menudo realizado mediante la separación por parte de los propios individuos o en instalaciones especialmente diseñadas para la recuperación de materiales (IRM); reciclaje industrial, dentro de la propia planta, y reciclaje realizado por establecimientos comerciales. El reciclaje puede ser <sup>[20]</sup>:

- ✓ Reciclaje primario, es la refabricación del material reciclable en el mismo material, dentro de un proceso que se puede repetir varias veces (por ejemplo, periódicos en periódicos, recipientes de vidrio en recipientes de vidrio).
- ✓ Reciclaje secundario, es la fabricación del material reciclable en un material que, potencialmente, puede reciclarse de nuevo, (por ejemplo, periódicos en cartón reciclado).

- ✓ Reciclaje terciario, es la refabricación del material reciclado en un producto que, no será reciclado de nuevo (por ejemplo, vidrio en asfalto, papel en papel higiénico).

La reutilización es la utilización de un producto en más de una ocasión, de la misma forma y para el mismo propósito, por ejemplo, una botella de refrescos se reutiliza cuando se devuelve a la embotelladora para llenarla de nuevo; encontrar nuevas funciones a objetos y materiales que han envejecido para su uso original; usar de nuevo <sup>[21]</sup>.

Dentro de los beneficios de esto, se incluyen la reducción de los costos de disposición y transporte de desechos, así como los riesgos asociados a ellos.

### **c, d.- Tratamiento y disposición final de residuos:**

Se utilizan cuando la recuperación o reutilización de residuos no resulta económica, o no es posible la reducción o minimización de los residuos <sup>[22]</sup>.

Cuando los residuos no son idóneos para eliminarse directamente, es preciso elegir un método o, con más frecuencias una combinación de ellos, para aplicarles un tratamiento previo que permita eliminarlos sin peligro. Entre los procedimientos más comúnmente usados se encuentran <sup>[22]</sup>:

- ✓ Procesos físicos, se usan para la separación de sólidos y líquidos, entre ellos se distinguen la centrifugación, flotación, sedimentación y filtración. El carbón activado también es muy usado así como las membranas semipermeables (osmosis inversa, diálisis o electrodiálisis); al igual que las técnicas de destilación y rectificación.

- ✓ Procesos químicos, el tratamiento químico es un componente indispensable de la mayor parte de las operaciones de tratamiento de residuos, sobre todo si son peligrosos. Entre los procesos químicos más empleados se cuentan la oxidación, reducción, precipitación, ajuste de pH, intercambio iónico y estabilización/solidificación.
  
- ✓ El tratamiento biológico, es la degradación del residuo orgánico por la acción de los microorganismos. La degradación altera la estructura molecular de los compuestos orgánicos y el grado de alteración determina si se ha producido biotransformación o mineralización. El término biotransformación se refiere a la descomposición de un compuesto orgánico en otro similar. En la mineralización se produce la descomposición total de las moléculas orgánicas en dióxido de carbono, agua, residuos inorgánicos inertes y se incorpora el resto a las estructuras de los microorganismos. En conclusión, la biotransformación es una degradación parcial y la mineralización completa. Se puede realizar el tratamiento biológico de casi todos los residuos orgánicos peligrosos porque, esencialmente, todas las sustancias químicas orgánicas se degradan si se establecen, mantienen y controlan las poblaciones microbianas apropiadas <sup>[23]</sup>.
  
- ✓ Incineración, es un proceso tecnológico que implica la quema o combustión para degradar térmicamente materiales residuales. Las incineraciones deben cumplir con las regulaciones de calidad de aire. Este proceso se utiliza especialmente para los residuos orgánicos. Los residuos se reducen mediante la oxidación y normalmente sostendrán el proceso de combustión sin emplear combustible adicional <sup>[22]</sup>. En la incineración se destruye la fracción orgánica de los residuos y es convertida en dióxido de carbono y agua, por lo tanto, la incineración reduce el volumen de los residuos y la amenaza al medio ambiente, ya que los componentes orgánicos incluyen componentes peligrosos <sup>[24]</sup>.

En cuanto a la eliminación de residuos generalmente se usan algunas de las siguientes opciones: depósito en un confinamiento controlado seguro y especial, eliminación conjunta con desperdicios municipales en un relleno sanitario, o envío a un centro de tratamiento de residuos peligrosos. En algunos casos se puede hacer la eliminación conjunta, que se realiza cuando se mezclan residuos peligrosos con desperdicios municipales, el propósito es que cantidades grandes de desperdicios absorban cantidades relativamente pequeñas de residuos inorgánicos líquidos peligrosos (y algunos orgánicos) para que se produzca la atenuación de los contaminantes por los desperdicios y el suelo circundante <sup>[22]</sup>.

### **Otras estrategias de gestión de residuos**

✓ Disminución de volúmenes, para ello puede ser necesario recurrir a una gran variedad de métodos, entre éstos, la modificación de procesos (incluye cambios en las materias primas, equipamiento, procedimientos operativos, el almacenamiento de los materiales y los productos elaborados); la segregación (la mezcla de pequeñas cantidades de residuos tóxicos con grandes cantidades de residuos no tóxicos produce una gran masa de materiales que debe ser tratada como un residuo tóxico); o la reutilización <sup>[18]</sup>.

✓ Disminución de la toxicidad, consiste en la reducción de la concentración de sustancias contaminantes en una corriente líquida o sólida sin disminuir necesariamente el volumen de residuos generados, de esta manera se pudiera disminuir de modo suficiente la carga tóxica como para que la sustancia resultante ya no sea considerada tóxica. Esto se puede lograr a través de modificaciones en el proceso, en los equipamientos o de las prácticas internas, o mediante sustitución de materiales <sup>[18]</sup>.

## Marco Legal Venezolano

El derecho ambiental en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela <sup>[25]</sup> se consagra en su Título III, que trata *De los derechos humanos, y garantías y de los deberes* (Artículos 19-135); en el él está contenido el Capítulo IX denominado *De los Derechos Ambientales* (Artículos 127-129)

En el derecho venezolano, las principales herramientas jurídicas disponibles son, en orden jerárquico, la constitución nacional y los tratados internacionales, leyes orgánicas y leyes especiales, leyes ordinarias, decretos leyes y reglamentos

Entre los tratados o convenios internacionales que tienen interés con el tema en estudio son los siguientes:

- ✓ Convenio Internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos, 1990 (cooperación 1990) <sup>[26]</sup>.

El derecho ambiental venezolano está articulado principalmente por tres leyes, a saber:

- ✓ Ley Orgánica del Ambiente <sup>[27]</sup>, cuyo objetivo es establecer las disposiciones y los principios rectores para la gestión del ambiente, en el marco del desarrollo sustentable como derecho y deber fundamental del Estado y de la sociedad, para contribuir a la seguridad y al logro del máximo bienestar de la población y al sostenimiento del planeta, en interés de la humanidad.
- ✓ Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos <sup>[14]</sup>, la cual tiene por objeto establecer las normas para el uso, manejo, transporte y almacenamiento y la

disposición final de las sustancias y desechos peligrosos que en ella se regulan, a fin de proteger el ambiente y la salud.

✓ Ley Penal del Ambiente <sup>[28]</sup>, cuyo objetivo es tipificar como delitos aquellos hechos que violen las disposiciones relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, y establece las sanciones penales correspondientes. Así mismo, determina las medidas precautelarias, de restitución y de reparación a que haya lugar.

Los decretos son otra de las herramientas jurídicas con las que cuenta el derecho venezolano. El objetivo de cualquier decreto relacionado con el medio ambiente es de controlar las actividades que afecten los recursos naturales renovables y de proveer lineamientos para definir los límites de contaminación aceptable, entre los decretos asociados a este trabajo se encuentran:

✓ Decreto 883 <sup>[29]</sup>, normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos.

✓ Decreto 2635 <sup>[30]</sup>, normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos.

✓ Decreto 2216 <sup>[31]</sup>, Normas para el Manejo de los desechos sólidos de origen doméstico, comercial e industrial o de cualquier naturaleza que no sea peligrosa.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Ejecutar un estudio comparativo de efectividad y costo de materiales sorbentes de origen residual, natural y sintético en derrames de especies químicas.

### **Objetivos específicos**

1. Indagar los materiales sorbentes de tipo sintético que existen en la actualidad en el mercado venezolano.
2. Determinar la diversidad de materiales sorbentes de origen residual y natural con potencialidad de uso.
3. Identificar las variables físicas, estructurales y económicas que pueden ser relevantes al momento de seleccionar el mejor sorbente.
4. Identificar la naturaleza de los sustratos a sorber en cuanto a variables relevantes
5. Definir los posibles métodos de análisis que se podrán usar a futuro para obtener información de los compuestos sorbidos por el material sorbente
6. Determinar entre los diversos tipos de sorbentes el que posee una mayor capacidad de sorción y establecer cual resulta ser más eficiente y económico.

## MARCO METODOLÓGICO

### **1- Selección de la cantidad de materiales sorbentes de origen sintético que fueron probados para determinar su capacidad de sorción**

Para ello se visitaron distribuidores de ventas de materiales sorbentes existentes en el mercado venezolano con el fin de obtener un muestreo de los mismos. Posterior a esto se clasificaron según el uso de cada material para ser probado en cada uno de los sustratos.

### **2- Escogencia de los diferentes tipos de materiales de origen natural, residual y sintéticos que fueron probados como sorbentes.**

Se consultó la bibliografía existente con el fin de conocer qué tipo de residuos provenientes de actividades industriales y agrícolas han sido probados como materiales sorbentes en diferentes ámbitos. Posterior a esto, se seleccionaron los residuos que son generados en el país y a su vez los que se generan en grandes cantidades con el fin de reducir la cantidad de residuos que fueron probados. Para la escogencia de los residuos que eran generados en grandes cantidades se visitaron algunas plantas industriales y procesadoras de alimentos ubicadas en la región central del país realizando una entrevista con el fin de conocer la productividad en cuanto a la generación de residuos y así poder elegir sobre los residuos que se iban a utilizar.

Los materiales sorbentes de origen sintético fueron seleccionados de acuerdo a su disponibilidad; es por esto que solo se escogieron dos tipos de sorbentes sintéticos,

uno para derrames de líquidos de hidrocarburos y el otro consistió en un sorbente de tipo universal usado para derrames de líquidos peligrosos e hidrocarburos.

### **3- Identificación de la naturaleza de los sustratos a sorber**

Para ello se procedió a consultar la cantidad de derrames de líquidos producidos en los últimos meses en carreteras correspondientes al Distrito Capital, estos valores se obtuvieron por medio del departamento de estadística del Cuerpo de Bomberos del Distrito Capital, quienes proporcionaron un resumen de los derrames de líquidos producidos en los últimos tres años. Teniendo estos resultados se pudieron definir los sustratos en los cuales fueron probados los materiales sorbentes.

### **4- Condiciones experimentales establecidas para realizar las mediciones y preparación del material sorbente**

Todas las medidas fueron realizadas a temperatura ambiente:  $27 \pm 2$  °C.

Las muestras fueron acondicionadas a esta temperatura 24 horas antes de ser realizadas las mediciones, previendo que las mismas estuviesen completamente expuestas, sin cubiertas o envolturas. Tal como lo sugiere la metodología descrita en la norma ASTM F726–06 (método estándar de prueba para la eficacia de sorción de adsorbentes), sección 7.1.

Las muestras que presentaban humedad se sometieron a proceso de secado a 80°C, durante 12 horas, mediante una estufa marca Memmert. Las muestras que no se encontraban molidas tal como las tuzas de maíz, impurezas de maíz, conchas de guacuco, y conchas de coco fueron molidas y pulverizadas mediante una pulverizadora de muestra, marca Braun, modelo UD32 y para las muestras mas pequeñas y no tan duras como la cascarilla de arroz, germen de maíz desgrasado y la concha de café se utilizo el pulverizador de muestras Chaterbot.

Todas las muestras de origen residual y natural se sometieron a un proceso de tamizado con el fin de clasificarlas por tamaño de partícula.

Cada una de las muestras fueron colocadas (por separado) en el tamiz superior y entonces el conjunto de tamices (Serie Tyler: 18, 35 y 60 granulometría: 1mm, 500 µm y 250 µm respectivamente) se sometió a un proceso de vibraciones en un agitador de tamices durante un periodo de 15 minutos. Posteriormente las fracciones fueron recogidas para su posterior análisis.

## **5- Determinación de la capacidad de sorción de los sorbentes**

La capacidad de sorción de cada uno de los sorbentes fue determinada en ambiente seco, es decir, el hidrocarburo en contacto directo con el sorbente. Para determinar estos parámetros se siguió la metodología sugerida por la norma ASTM F726-06 <sup>[4]</sup> (anexo 1). Y por el protocolo canadiense: “Sorbentes de derrames petroleros: protocolo de prueba y certificación de programa de lista” <sup>[5]</sup>.

Según la norma los sorbentes de tipo residual y natural consistieron en sorbentes de tipo II, para ellos la metodología empleada fue la siguiente:

Se pesó una cantidad mínima de sorbente a probar, de 3 gramos aproximadamente, en un vaso de precipitados el cual contenía una cesta de malla fina (abertura: 212  $\mu\text{m}$ ). Seguido a esto se llenó el recipiente con una capa inicial de líquido de prueba previendo que la capa líquida de prueba tuviese de un mínimo de espesor de 2.5 cm, en el caso donde la cantidad de muestra pesada superaba la capa líquida se usó una capa líquida que fuese por lo menos tan gruesa como la muestra adsorbente permitiendo igualmente que la muestra flotara libremente dentro de la celda de prueba. Después de  $(15 \pm 1)$  min el sorbente fue removido con la cesta y se dejó drenar por  $(30 \pm 3)$  s. Luego de esto se procedió a pesar la muestra sorbente sobre un vidrio de reloj previamente tarado cada 15 segundos, 30 segundos, 1,2,5 y 30 minutos. A partir de estos datos se obtuvo un perfil de retención el cual representó la sorción del sorbente. Todas las pruebas fueron realizadas por cuadruplicado para cada una de las muestras con cada uno de los sustratos.

En el caso donde se utilizó aceite como sustrato sólo se pesó la muestra cada 30 segundos, 1, 2, 5 y 30 minutos debido a la balanza usada ya que se debía cambiar el vidrio de reloj en cada pesada para restar el líquido que drenaba de la muestra y entre una pesada y otra la balanza tardaba aproximadamente 30 s en tararse, es decir llegar a cero. Para el caso de la gasolina esto no tuvo que hacerse ya que la gasolina se evaporaba rápidamente y no quedaba goteando líquido en ningún momento, cuando se utilizó gasoil como sustrato, se cambiaba el vidrio de reloj a partir de los 30 s es decir, la muestra era pesada al momento de culminar las 15 minutos de drenaje (tiempo: 0 s), luego se dejaba en la balanza y se pesaba a los 15 y 30 segundos y luego de esta pesada se procedía a cambiar el vidrio de reloj, tarar, y pesar; así se realizó la metodología con las pesadas sucesivas.

Para medir la capacidad de sorción de los sorbentes de tipo sintético la metodología usada fue diferente ya que estos sorbentes son considerados según la norma como sorbentes tipo 1, la metodología se muestra a continuación:

La muestra de adsorbente probada fue cortada con una dimensión mínima de 1,2 x1,2 cm<sup>2</sup> (lo que equivale a 13x13 cm<sup>2</sup> en relación a 3 g de muestra pesada). El sorbente fue pesado y su valor fue registrado. Seguido a esto se llenó el recipiente con una capa inicial de líquido de prueba permitiendo igualmente que la muestra flotara libremente dentro de la celda de prueba. Después de (15 ± 1) min el sorbente fue removido mediante una pinza y se dejó drenar por (30 ± 3). Luego de esto se procedió a pesar la muestra sorbente sobre un vaso de precipitado previamente tarado cada 15 segundos, 30 segundos, 1, 2, 5 y 30 minutos. A partir de estos datos se obtuvo un perfil de retención el cual representó la sorción del sorbente. Todas las pruebas fueron realizadas por cuadruplicado para cada una de las muestras con cada uno de los sustratos.

## **6 – Selección de los sorbentes más efectivos**

En este paso se escogieron los materiales sorbentes que presentaron la mayor capacidad de sorción; esta selección fue realizada evaluando los resultados obtenidos en las pruebas anteriores, esto se hizo con el fin del escoger el material que posteriormente iba a ser comparado en cuanto a términos de costo frente a los dos materiales sintéticos.

## **7 – Definición de los métodos de análisis usados**

Entre los métodos de análisis se realizaron pruebas a todos los sorbentes probados mediante la técnica de microscopía electrónica de barrido con el fin de conocer la morfología de cada uno de los materiales estudiados.

## **8 – Realización de un análisis comparativo de costo y efectividad de los materiales sorbentes estudiados**

De acuerdo a los materiales seleccionados se consultó mediante entrevistas el costo que se genera al procesar o almacenar los residuos; esto con el fin de comparar si es más productivo tanto para los compradores como el fabricante trabajar con materiales de tipo sintético que con materiales de origen residual.

## **9 – Determinación del sorbente más eficaz y económico de acuerdo a los materiales estudiados**

Luego de conocer cual sorbente presento la mayor capacidad de sorción y habiendo realizado la comparación de costo entre los materiales se determinó el material de origen residual más eficaz de acuerdo a los materiales estudiados y que podría ser útil para ser usado como material sorbente en asistencia de derrames.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la investigación fueron utilizados dos tipos de materiales sorbentes de origen comercial para ser comparados con los diferentes tipos de residuos estudiados en el proyecto, las características de estos materiales así como su costo se presentan a continuación en la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Descripción de los sorbentes de origen comercial utilizados en la investigación

<b>Sorbente</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio Unitario (Bsf)</b>
<p>Media en red absorbente tipo boom de 8"x10" para derrames de hidrocarburos sobre agua marca Spilfyter</p>	<p>Proporciona una solución inmediata a derrames de aceites inesperados sobre agua. Use booms para rodear y contener los derrames y barrer para recuperar aceite y mantenerlo dentro del perímetro. Se usa también formando una barrera de migración flotante para contener y absorber derrames de aceites sobre agua. Booms están diseñados con ganchos colocados estratégicamente, los cuales pueden ser usados para crear una cadena de cualquier longitud. Estos continúan flotando aún cuando estén totalmente saturados. El material absorbente está contenido en una manga tipo red como las de pescar que permite mayor penetración de aceite y fácil indicación cuando está totalmente saturado. Se usa en puertos, colectores de aceites, sentinas y zanjas de drenaje. Vienen 4 por bolsa</p>	<p>1.922,70</p>

**Tabla 1.** (Continuación)

<b>Sorbente</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio Unitario (Bsf)</b>
Almohadillas absorbentes de 8.5"x17" para derrames de hidrocarburos marca Spilfyter	Almohadillas Spilfyter son usadas en derrames de distintos tamaños en áreas tales como charcos, zanjas, terrenos o en aguas abiertas. Se pueden colocar debajo de goteras en maquinarias y equipos. Viene en cajas de 10 unidades.	1.464,55

La media de red absorbente y la almohadilla están constituidos de polipropileno [32]

En la escogencia de los materiales sorbentes de origen residual que fueron probados en la investigación, se comenzó por realizar una previa consulta bibliográfica de los residuos agrícolas e industriales que han sido utilizados como materiales sorbentes de compuestos químicos e hidrocarburos en diferentes ámbitos, tales como, aguas y suelos. Estos residuos se encuentran resumidos en la siguiente tabla junto a los compuestos químicos en los cuales fueron probados:

**Tabla 2.** Residuos de origen residual utilizados como materiales sorbentes en diferentes compuestos por distintos autores <sup>[5]</sup>.

<b>Residuo</b>	<b>Compuesto sorbido</b>
Cascarilla de arroz	Arsénico, Antimonio, Pb (II), Hg (II), Cd (II), Tintes (safranina, azul de metileno, índigo, ácido. violeta 54, ácido. violeta 17, ácido azul 15, ácido. Violeta 49, ácido, rojo 119), Fenoles (2,4- diclorofenol).
Cascarilla de arroz quemada	Pb (II).
Salvado de arroz	Níquel, plaguicidas, compuestos de benceno, organoclorados
Salvado de trigo	Cd (II), Pb (II), colorantes (reactivo azul 19, reactivo rojo 195, reactivo amarillo 145).
Cascarilla de trigo	Colorantes.
Hojas de té	Plomo, hierro, níquel, Cr (VI), Cu (II), Zn (II), colorantes (azul de metileno).
Residuos de café	Cu (II), Cd (II), Pb (II).
Concha de coco <sup>[2, 3, 5]</sup>	Pb (II), Co (II), Cr (III), Ni (II), colorantes (rodamina B, ácido violeta, otros), Cd (II), 2,4,6-triclorofenol, petróleo.
Concha de maní	Cd (II), Pb (II), Cu (II), Ni (II), Zn (II), colorantes
Conchas de naranja	Ni (II), Co (II), Zn (II), Cd (II), tintes (rojo Congo, naranja Proción, Rodamina B, ácido violeta 17, rojo directo 23 y 80)
Concha de patilla	Pesticida (Metil paratión)
Concha de plátano	Compuestos fenólicos, colorantes
Concha de yuca	Tintes, iones metálicos

**Tabla 2.** (Continuación)

<b>Residuo</b>	<b>Compuesto sorbido</b>
Concha de pomelo o graifú	Cd (II)
Concha de mango	Cd (II), Pb (II), Cu (II), Ni (II), Zn (II)
Concha de ajo	Colorantes (azul de metileno)
Concha de fruta de Bael	Cr (VI)
Concha de árbol manzano	Colorantes
Conchas de avellanas y almendras	Pb (II), Ni (II)
Semilla de albaricoque	Separación de oro del chapado en oro
Conchas de nueces	Hg (II)
Semillas de la lechosa	Azul de metileno
Semillas de tamarindo	Cr (VI)
Semillas de guayaba y mango	Colorantes y fenoles
Semillas de palmas	o-cresol, fenoles, colorantes
Concha de piña	Colorantes (azul de metileno)
Tallos de uva	Iones de cobre y níquel
Tallos de girasol	Tintes (azul de metileno, rojo básico 9, rojo Congo, azul directo 71), iones de cobre, cadmio, zinc, cromo
Bagazo de uva	Cd (II). Pb (II)
Mazorca de maíz y racimos de palmas	Iones de manganeso, hierro, 2,4- diclorofenol
Bagazo de la caña de azúcar <sup>[3,4,5]</sup>	Cd (II), Zn (II), diferentes tipos de petróleo
De la combustión del carbón	Cu (II), Hg (II), Pb (II), As (V), fenoles y clorofenoles

**Tabla 2.** (Continuación)

<b>Residuo</b>	<b>Compuesto sorbido</b>
De industrias siderúrgicas	Cu (II), Pb (II), Cd (II), Zn (II), CN <sup>-</sup> , Ni (II), As (III), fosfatos, tintes
De industrias de aluminio (barro rojo)	Cu (II), Zn (II), Ni (II), Cd (II), Pb (II), As (III y V), tintes, fenoles, y clorofenoles
Industrias fertilizantes	Cr (VI), Cu (II), Hg (II), Pb (II)
Industria del cuero	Cr (VI), AS (V)
Industria del papel	Pb (II), Zn (II), Cu (II), clorofenoles, tintes
Perlitas expandidas <sup>[1]</sup>	Diferentes tipos de petróleo
Fibra orgánica de polipropileno <sup>[1]</sup>	Diferentes tipos de petróleo
Fibra celulósica de madera <sup>[1]</sup>	Diferentes tipos de petróleo
Aserrín <sup>[2]</sup>	Diferentes tipos de petróleo
Sisal <sup>[2]</sup>	Diferentes tipos de petróleo
Palo borracho (chorisia speciosa) <sup>[2]</sup>	Diferentes tipos de petróleo
Esponja vegetal o lufa <sup>[2]</sup>	Diferentes tipos de petróleo
Residuos de hojas mezcladas <sup>[2]</sup>	Diferentes tipos de petróleo
Buchón de agua <sup>[3]</sup>	Diferentes tipos de petróleo

Algunos residuos presentados en la tabla 2 no se encuentran en Venezuela debido a que los productos por los cuales son generados no son procesados en nuestro país; otros residuos son generados en menor proporción en procesos específicos, es por esto que estos residuos fueron descartados para ser probados como materiales sorbentes. Se consultaron algunas plantas procesadoras de alimentos en el territorio nacional para conocer qué tipo de residuos son generados y que cantidades se producen de ellos, estas fueron localizadas en la región central y capital del país ya que

es donde se encuentra la mayor parte de industrias de este tipo; para la selección de las mismas se tomo en cuenta que las plantas de alimentos tuviesen una alta producción con el fin de reducir el número de residuos a probar consecuente con la variable mayor residuo generado.

De esta manera de la tabla 2 se tomaron los siguientes residuos a evaluar:

- ✿ Tres tipos de residuos del maíz (*Zea Mays*): germen de maíz desgrasado, impureza de maíz (granos, trozos de tusa, hojas de maíz), tusa de maíz (corazón del maíz)..
- ✿ Residuos de café (*Coffea arabica L.*): contienen conchas de café, hojas, ramas.
- ✿ Tres tipos de residuos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*): Bagazo, bagacillo y cenizas.
- ✿ Cascarilla de arroz (*Oryza sativa*).
- ✿ Dos tipos de conchas del coco (*Cocos nucifera*): concha de coco verde (mesocarpo; parte media o capa central del coco) y concha de coco marrón (endocarpo, parte dura del coco)
- ✿ Concha de guacuco (*Tivela mactroides* (Born, 1778)).
- ✿ Dos tipos de arena: arena lavada y arena fina.

Algunos de estos residuos no son mostrados en la tabla 2 pero de igual manera fueron probados ya que se recolectaron al momento de visitar las plantas procesadoras donde se generaban los mismos. Otros como los son las conchas de

guacuco, la arena y las conchas de coco fueron comprados debido a que no se encontraron plantas procesadoras ubicadas en la región central del país donde se generaran estos residuos, esto ocurrió con los residuos provenientes del coco y con las conchas de guacuco; en el caso del Guacuco fue comprado, las conchas de coco fueron tomadas de los residuos provenientes de locales donde venden bebidas de coco y en el caso de la arena se utilizó dos tipos de arena, lavada y fina, ya que ésta es la que se encuentra comercialmente. A su vez se realizó una entrevista en cada una de las plantas visitadas para conocer qué utilidad le dan a éstos residuos y el costo que se genera por su eliminación o reutilización. A continuación se resumen todas las visitas realizadas:

**Tabla 3.** Gestión realizada para la recolección de información y muestras necesarias para el desarrollo del proyecto

<b>Fecha</b>	<b>lugar de visita</b>	<b>finalidad de la visita</b>	<b>atendida por</b>	<b>cargo ó área de trabajo</b>	<b>Resultado</b>
13/07/2010	Universidad Simón Bolívar USB, Sartenejas, edo. Miranda	Buscar información relacionada en gestión de residuos (tesis, libros, monografías)	Biblioteca	-	Se encontraron varios trabajos relacionados con el tema
14/07/2010	Bomberos metropolitanos del Distrito Capital (La Hoyada, Caracas)	Solicitar estadística de derrames de líquidos ocurridos en los últimos meses	Tte. Carlos Cisnero	Departamento de estadística	Volver a ir con carta dirigida al jefe del departamento
15/07/2010	Ministerio del poder popular para el ambiente MINAMB (La Hoyada, Caracas)	Buscar información relacionada en gestión de residuos (libros, trabajos)	Ing. Thais García	Coordinadora de desechos bioinfecciosos	No se encontró información relacionada
19/07/2010	Bomberos metropolitanos del Distrito Capital (La Hoyada, Caracas)	Solicitar estadística de derrames de líquidos ocurridos en los últimos meses	Tte. Carlos Cisnero	Departamento de estadística	Se obtuvieron las estadísticas pero falto especificar los derrames por productos químicos

**Tabla 3.** (Continuación)

<b>Fecha</b>	<b>lugar de visita</b>	<b>finalidad de la visita</b>	<b>atendida por</b>	<b>cargo ó área de trabajo</b>	<b>Resultado</b>
06/10/2010	Bomberos Metropolitanos. Estación 8. (San Bernardino, Caracas)	Solicitar estadística de derrames de productos químicos ocurridos en los últimos meses	Bombero Daniel Ortega	-	Ir la semana siguiente para hacer entrega de la información
11/10/2010	Bomberos Metropolitanos. Estación 8. (San Bernardino, Caracas)	Solicitar estadística de derrames de productos químicos ocurridos en los últimos meses	Bombero Daniel Ortega	-	Todavía no tenían respuesta
18/10/2010	Bomberos Metropolitanos. Estación 8. (San Bernardino, Caracas)	Solicitar estadística de derrames de productos químicos ocurridos en los últimos meses	Bombero Daniel Ortega	-	Todavía no tenían respuesta

Tabla 3. (Continuación)

Fecha	lugar de visita	finalidad de la visita	atendida por	cargo ó área de trabajo	Resultado
01/11/2010	Bomberos Metropolitanos. Estación 8. (San Bernardino, Caracas)	Solicitar estadística de derrames de productos químicos ocurridos en los últimos meses	Bombero Daniel Ortega	-	Todavía no tenían respuesta
02/11/2010	Compañía de alimentos y bebidas (Los cortijos de Lourdes, edo. Miranda)	Solicitar información sobre los residuos generados por el procesamiento del maíz y del arroz	Roanger Nieto	-	Se notificó que se debía solicitar la información directamente en la planta donde se procesan cada uno de los alimentos, al mismo tiempo recomendaron al coordinador de gente de la planta ubicada en Turmero.
10/11/2010	-	Llamada telefónica a planta de alimentos de Turmero solicitando entrevista	Secretaria	Secretaria	No se logro comunicar con personal encargado del tema

**Tabla 3.** (Continuación)

<b>Fecha</b>	<b>lugar de visita</b>	<b>finalidad de la visita</b>	<b>atendida por</b>	<b>cargo ó área de trabajo</b>	<b>Resultado</b>
11/11/2010	Oficinas de compañía procesadora de café (Altamira, Caracas)	Solicitar información sobre los residuos generados por el procesamiento del café	Ing. Hernán Soto	-	Se notificó que se debía solicitar la información directamente en la planta donde se procesa el café ubicado en la Yaguara, Distrito Capital.
12/11/2010	Planta procesadora de café (La Yaguara, Caracas)	Solicitar información sobre los residuos generados por el procesamiento del café	Vigilante	-	Se informó que para poder solicitar entrevista debía consignar carta dirigida a la empresa por parte de la institución interesada (UCV)
16/11/2010	Bomberos Metropolitanos. Estación 8. (San Bernardino, Caracas)	Solicitar estadística de derrames de productos químicos ocurridos en los últimos meses	Bombero Daniel Ortega	-	Todavía no tenían respuesta

Tabla 3. (Continuación)

Fecha	lugar de visita	finalidad de la visita	atendida por	cargo ó área de trabajo	Resultado
18/11/2010	Escuela de Química UCV	Solicitud de autorización por parte del director de la escuela para poder realizar visitas y solicitar información a las diferentes industrias	Dr. Emilio Squiteri	Director de la escuela de química UCV	Autorización
22/11/2010	Planta procesadora de café (La Yaguara, Caracas)	Solicitar entrevista para obtener información sobre los residuos generados por el procesamiento del café	Vigilante	-	Aceptaron la autorización y se informó que me notificarían con respecto a la solicitud. Nunca se recibió respuesta al respecto
25/11/2010	-	Envié correo electrónico a planta procesadora de caña de azúcar solicitando información sobre los residuos generados por la misma	-	-	El correo reboto y no se logro comunicar con el personal

Tabla 3. (Continuación)

Fecha	lugar de visita	finalidad de la visita	atendida por	cargo ó área de trabajo	Resultado
06/12/2010	-	Llamada telefónica a planta procesadora de maíz, solicitando entrevista	Secretaria	Secretaria	No se logro comunicar con personal encargado del tema
04/01/2011	-	Llamada telefónica a planta procesadora de maíz, solicitando entrevista	Yeslin Romero	Secretaria	se notificó que debía enviar correo electrónico con la encuesta deseada para transferirme con la persona encargada del tema
14/01/2011	-	Envié correo electrónico a Yeslin Romero solicitando información sobre los residuos generados por el procesamiento del maíz	Yeslin Romero	Secretaria	Me remitieron con la ingeniero Miglleli Rondón, analista de calidad, quien era la persona encargada en el tema

**Tabla 3.** (Continuación)

<b>Fecha</b>	<b>lugar de visita</b>	<b>finalidad de la visita</b>	<b>atendida por</b>	<b>cargo ó área de trabajo</b>	<b>Resultado</b>
17/01/2011	-	Llamada telefónica a planta procesadora de maíz	Ing. Miglleli Rondón	Analista de calidad	Se pauto visita a la planta para la siguiente semana con el fin de obtener la información solicitada
24/01/2011	Planta procesadora de Caña de azúcar. San Mateo, edo. Aragua	Solicitar entrevista para obtener información sobre los residuos generados por el procesamiento de la caña de azúcar	Secretaria	Secretaria	No se obtuvo respuesta con respecto a la solicitud realizada
25/01/2011	Planta procesadora de maíz. Turmero, edo. Aragua	Realizar encuesta y solicitar muestras para posterior análisis	Ing. Miglleli Rondón	Analista de calidad	Se realizo la entrevista y se procedió a realizar la encuesta

Tabla 3. (Continuación)

Fecha	Lugar de visita	Finalidad de la visita	Atendida por	Cargo ó área de trabajo	Resultado
26/01/2011	Planta procesadora de maíz. Turmero, edo. Aragua	Buscar el resto de las muestras	Ing. Miglleli Rondón	Analista de calidad	Se obtuvieron las muestras de germen de maíz desgrasado e impurezas, además de la cascarilla de arroz. La tuza de maíz no se obtuvo en esta planta ya que ellos solamente trabajan con el grano de maíz
02/02/2011	171 Emergencias C.A. La Florida, Caracas	Solicitar cotización sobre sorbentes existentes en el mercado	Jesús Peláez	-	Cotización

Tabla 3. (Continuación)

Fecha	Lugar de visita	Finalidad de la visita	Atendida por	Cargo ó área de trabajo	Resultado
07/02/2011	-	Llamada telefónica a planta procesadora de café para solicitar información sobre residuos generados por la misma	Zoraida Hernández	Departamento de producción	Entrevista programada para el día siguiente en la planta
08/02/2011	Planta procesadora de café; Guacara, edo. Carabobo	Solicitar información sobre los residuos generados por el procesamiento del café	Zoraida Hernández	Departamento de producción	En esta planta no generan residuos como la concha del café ya que ellos reciben el café pergamino, por lo que me remitieron para la Hacienda donde ellos reciben el café
11/02/2011	-	Llamada telefónica a planta procesadora de caña de azúcar. solicitando información	Ing. Haymar Da Silva	Departamento de ambiente y gestión de residuos de la empresa	Respondió la solicitud realizada mediante correo y programo una visita para la planta con la finalidad de recolectar las muestras

**Tabla 3.** (Continuación)

<b>Fecha</b>	<b>Lugar de visita</b>	<b>Finalidad de la visita</b>	<b>Atendida por</b>	<b>Cargo ó área de trabajo</b>	<b>Resultado</b>
12/02/2011	Supermercado	compra	-	-	recolección de guacucos
14/02/2011	ferretería	compra	-	-	arena lavada y fina
15/02/2011	Hacienda productora de café San Joaquín, edo. Carabobo	Solicitar información sobre los residuos generados por el procesamiento del café (concha de café) y recolectar muestra	Lic. Mc Carver Seija	Contador de la compañía	Se efectuó un recorrido por la hacienda donde se explico todo el procedimiento para la obtención del café, se realizo la encuesta y se recolecto una pequeña muestra de residuos.

Tabla 3. (Continuación)

Fecha	Lugar de visita	Finalidad de la visita	Atendida por	Cargo ó área de trabajo	Resultado
18/02/2011	Planta procesadora de Caña de azúcar. San Mateo, edo. Aragua	Recolección de residuos de caña de azúcar	Ing. Haymar Da Silva	Departamento de ambiente y gestión de residuos de la empresa	Se realizó un recorrido por toda la planta para conocer todo el procedimiento para procesar la caña de azúcar y se recolectaron muestras de bagazo, bagacillo y cenizas de caña de azúcar
20/02/2011	Venta de agua cocadas	Recolección de residuos de concha de coco	-	-	Concha de coco verde
20/02/2011	Supermercado	compra	-	-	Coco marrón
20/02/2011	Venta de cachapas	recolección de tuzas de maíz	-	-	tuzas de maíz

Para la elección de los sustratos a sorber se procedió a consultar los derrames comúnmente generados en el área metropolitana por materiales químicos e hidrocarburos; en base a esto se solicitó ayuda al departamento de estadística del Cuerpo de Bomberos del Distrito Capital, los cuales proporcionaron las estadísticas que lleva este organismo sobre los derrames de líquidos atendidos en los últimos tres años (2008, 2009 y 2010). Los datos se muestran a continuación en la siguiente tabla:

**Tabla 4.** Derrames de líquidos atendidos por el Cuerpo de Bomberos del Distrito Capital durante los años 2008, 2009 y los dos primeros trimestres del año 2010.

<b>SERVICIOS MATERIALES PELIGROSOS</b>	<b>N° casos atendidos año 2008</b>	<b>N° casos atendidos año 2009</b>	<b>N° casos atendidos, 1er trimestre año 2010</b>	<b>N° casos atendidos 2do trimestre año 2010</b>
DERRAME DE ACEITE	273	72	34	34
DERRAME DE GASOIL	124	44	8	17
DERRAME DE GASOLINA	352	74	35	20
DERRAME DE PRODUCTOS QUÍMICOS	43	75	3	5

Como se puede observar en la tabla, la mayoría de casos reportados sobre derrames de líquidos en carreteras corresponden a derrames de hidrocarburos; es por

ello que dichos sustratos fueron escogidos para probarse con los residuos. En este trabajo no se probaron productos químicos debido a que estadísticamente estos accidentes ocurren muy pocas veces y no siempre son los mismos compuestos, además de que no se logró obtener la información sobre qué tipo de productos químicos son derramados en carreteras en el área metropolitana.

Los sustratos utilizados fueron los siguientes:

- ✓ Gasolina de 95 octanos. Densidad  $0,68 \text{ g/cm}^3$  [33]
- ✓ Gasoil. Densidad  $0,820 - 0,845 \text{ g/cm}^3$  [34]
- ✓ Aceite para motor a gasolina extra multigrado, calidad SL, SAE 20w-50. Densidad  $0,92 \text{ g/cm}^3$  [33]

Luego de definir que residuos iban a ser probados y en qué sustratos se probarían, se procedió a medir la capacidad de sorción para conocer qué material presentaría mejores características de sorbente, es decir, cuál material lograba retener mayor cantidad de líquido, en este caso gasolina, gasoil y aceite de motor.

Para poder medir la capacidad de sorción, los materiales fueron evaluados en su estado natural, es decir, tal cual como fueron recolectados. Algunas muestras no podían evaluarse de esta manera, tal era el caso de las conchas de guacuco, las conchas de coco y las tusas de maíz, es por esto que todas las muestras fueron molidas, pulverizadas y tamizadas para poder ser analizadas y así poder hacer una comparación de las mismas.

Se trabajó con dos tamaños de partícula, uno pequeño, el cual consistió en partículas comprendidas entre  $(250 - 500) \mu\text{m}$  y partículas de tamaño grande comprendidas entre  $500\mu\text{m} - 1\text{mm}$ . Para escoger el tamaño de partícula se tomó de la literatura los tamaños de partículas con los cuales los autores habían trabajado

anteriormente y se hizo un promedio entre los tamaño de partícula de material fino y material grueso, es por esto que se tomó un rango de tamaño grande.

En los resultados se puede observar que el análisis de las muestras por tamaño de partícula no se realizó para cuatro tipos de muestras (bagacillo, ceniza de caña de azúcar y los dos materiales sintéticos) sino que fueron evaluadas solamente en su estado natural; esto ocurre debido a que el bagacillo es el mismo bagazo de caña de azúcar pero molido, ya que la empresa que genera estos residuos obtiene primero el bagazo de la caña de azúcar, luego lo muele y de esta molienda se genera el bagacillo; luego este material es quemado y finalmente se obtiene la ceniza de la caña de azúcar, último residuo del proceso.

De igual manera, este material fue evaluado en su estado natural para poder compararlo con el bagazo de caña de azúcar ya que más del 50% de su tamaño de partícula es menor a 500  $\mu\text{m}$ , esto pudo comprobarse al momento de tamizar el material debido a que las fracción que contenían la mayor cantidad de muestra fue la correspondiente a la base del tamiz y el tamiz número 60, los cuales contenían partículas de tamaño menor a 250 $\mu\text{m}$  y (250-500)  $\mu\text{m}$  respectivamente.

La ceniza de caña de azúcar tampoco pudo ser evaluada por granulometría, debido a que la muestra, por ser proveniente de la quema del bagacillo, tiene tamaño de partícula menor a 250  $\mu\text{m}$ , esto se pudo comprobar ya que de 100 gramos de muestra que se recolectaron y se tamizaron, sólo se obtuvo la cantidad para realizar dos mediciones (dos réplicas) con ambos tamaños de partícula (250-500  $\mu\text{m}$  y 500  $\mu\text{m}$  -1mm) y con un solo sustrato, es decir, que no fue suficiente para realizar todas las mediciones pertinentes. Los otros dos compuestos que no fueron evaluados por tamaño de partícula, sino en su estado natural, fueron los materiales de origen sintético, ya que por sus características físicas no pudieron ser molidos.

Cabe destacar que la manera ideal de utilizar los residuos como materiales sorbentes sería en su estado natural ya que el uso de material de una granulometría

específica implica la molienda y posterior tamizado del material, lo que conlleva a un mayor costo del producto final.

A continuación se presenta de manera resumida la capacidad de sorción obtenida para cada uno de los materiales en los diferentes tamaños de partícula y con los tres tipos de sustratos evaluados:

**Tabla 5.** Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales con tamaño de partícula comprendido entre 250  $\mu\text{m}$  y 500  $\mu\text{m}$ , utilizando gasolina como sustrato. Todos los valores están en unidades de masa/masa (g gasolina/ g sorbente).

<b>t <math>\pm</math> 1 (s)</b>	<b>AF</b>	<b>AL</b>	<b>Guac.</b>	<b>germen</b>	<b>I maíz</b>	<b>tusa</b>
<b>0</b>	0,47 $\pm$ 0,04	0,32 $\pm$ 0,01	0,31 $\pm$ 0,02	0,6 $\pm$ 0,2	0,6 $\pm$ 0,1	1,9 $\pm$ 0,1
<b>15</b>	0,46 $\pm$ 0,04	0,32 $\pm$ 0,01	0,30 $\pm$ 0,01	0,6 $\pm$ 0,2	0,6 $\pm$ 0,1	1,9 $\pm$ 0,1
<b>30</b>	0,44 $\pm$ 0,04	0,31 $\pm$ 0,01	0,29 $\pm$ 0,01	0,6 $\pm$ 0,2	0,6 $\pm$ 0,1	1,8 $\pm$ 0,1
<b>60</b>	0,43 $\pm$ 0,03	0,30 $\pm$ 0,01	0,28 $\pm$ 0,01	0,6 $\pm$ 0,2	0,5 $\pm$ 0,1	1,8 $\pm$ 0,1
<b>120</b>	0,40 $\pm$ 0,03	0,30 $\pm$ 0,01	0,27 $\pm$ 0,01	0,5 $\pm$ 0,2	0,49 $\pm$ 0,05	1,7 $\pm$ 0,1
<b>300</b>	0,35 $\pm$ 0,03	0,27 $\pm$ 0,01	0,24 $\pm$ 0,01	0,5 $\pm$ 0,2	0,43 $\pm$ 0,05	1,6 $\pm$ 0,1
<b>1800 <math>\pm</math> 30</b>	0,18 $\pm$ 0,03	0,193 $\pm$ 0,005	0,13 $\pm$ 0,02	0,2 $\pm$ 0,1	0,07 $\pm$ 0,04	0,9 $\pm$ 0,2

**Tabla 5.** (Continuación)

<b>t <math>\pm</math> 1 (s)</b>	<b>Café</b>	<b>CCm</b>	<b>CCv</b>	<b>Caña</b>	<b>Arroz</b>
<b>0</b>	1,30 $\pm$ 0,04	1,05 $\pm$ 0,01	1,2 $\pm$ 0,1	7,2 $\pm$ 0,2	1,5 $\pm$ 0,1
<b>15</b>	1,28 $\pm$ 0,04	1,03 $\pm$ 0,02	1,2 $\pm$ 0,1	7,2 $\pm$ 0,2	1,5 $\pm$ 0,1
<b>30</b>	1,26 $\pm$ 0,04	1,02 $\pm$ 0,02	1,1 $\pm$ 0,1	7,1 $\pm$ 0,2	1,5 $\pm$ 0,1
<b>60</b>	1,24 $\pm$ 0,03	1,00 $\pm$ 0,02	1,1 $\pm$ 0,1	7,1 $\pm$ 0,2	1,5 $\pm$ 0,1
<b>120</b>	1,21 $\pm$ 0,03	0,98 $\pm$ 0,02	1,1 $\pm$ 0,1	7,0 $\pm$ 0,1	1,4 $\pm$ 0,1
<b>300</b>	1,13 $\pm$ 0,03	0,91 $\pm$ 0,52	1,0 $\pm$ 0,1	6,8 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,1
<b>1800 <math>\pm</math> 30</b>	0,76 $\pm$ 0,04	0,5 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1	5,6 $\pm$ 0,1	0,84 $\pm$ 0,05



**Tabla 6.** Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales con tamaño de partícula comprendido entre 500  $\mu\text{m}$  y 1 mm utilizando gasolina como sustrato. Todos los valores están en unidades de masa/masa (g gasolina/ g sorbente).

<b>t <math>\pm</math> 1 (s)</b>	<b>AF</b>	<b>AL</b>	<b>Guac.</b>	<b>germen</b>	<b>I maíz</b>
<b>0</b>	0,33 $\pm$ 0,04	0,27 $\pm$ 0,01	0,261 $\pm$ 0,005	0,98 $\pm$ 0,04	0,6 $\pm$ 0,1
<b>15</b>	0,32 $\pm$ 0,04	0,27 $\pm$ 0,01	0,255 $\pm$ 0,005	0,96 $\pm$ 0,04	0,6 $\pm$ 0,1
<b>30</b>	0,32 $\pm$ 0,04	0,26 $\pm$ 0,01	0,25 $\pm$ 0,01	0,95 $\pm$ 0,04	0,6 $\pm$ 0,1
<b>60</b>	0,31 $\pm$ 0,04	0,26 $\pm$ 0,02	0,24 $\pm$ 0,01	0,92 $\pm$ 0,04	0,6 $\pm$ 0,1
<b>120</b>	0,30 $\pm$ 0,04	0,24 $\pm$ 0,02	0,23 $\pm$ 0,01	0,88 $\pm$ 0,02	0,5 $\pm$ 0,1
<b>300</b>	0,27 $\pm$ 0,04	0,22 $\pm$ 0,02	0,20 $\pm$ 0,01	0,8 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1
<b>1800 <math>\pm</math> 30</b>	0,18 $\pm$ 0,05	0,13 $\pm$ 0,03	0,12 $\pm$ 0,01	0,5 $\pm$ 0,3	0,24 $\pm$ 0,04

**Tabla 6.** (Continuación)

<b>t <math>\pm</math> 1 (s)</b>	<b>tusa</b>	<b>Café</b>	<b>CCm</b>	<b>CCv</b>	<b>Caña</b>	<b>Arroz</b>
<b>0</b>	1,6 $\pm$ 0,1	1,2 $\pm$ 0,1	0,69 $\pm$ 0,04	0,9 $\pm$ 0,1	3,3 $\pm$ 0,2	1,4 $\pm$ 0,2
<b>15</b>	1,6 $\pm$ 0,1	1,2 $\pm$ 0,1	0,67 $\pm$ 0,04	0,9 $\pm$ 0,1	3,2 $\pm$ 0,2	1,4 $\pm$ 0,2
<b>30</b>	1,6 $\pm$ 0,1	1,2 $\pm$ 0,1	0,65 $\pm$ 0,04	0,9 $\pm$ 0,1	3,2 $\pm$ 0,2	1,4 $\pm$ 0,1
<b>60</b>	1,6 $\pm$ 0,1	1,1 $\pm$ 0,1	0,63 $\pm$ 0,03	0,9 $\pm$ 0,1	3,2 $\pm$ 0,3	1,3 $\pm$ 0,1
<b>120</b>	1,5 $\pm$ 0,1	1,1 $\pm$ 0,1	0,59 $\pm$ 0,03	0,8 $\pm$ 0,1	3,1 $\pm$ 0,2	1,3 $\pm$ 0,1
<b>300</b>	1,4 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,1	0,51 $\pm$ 0,04	0,8 $\pm$ 0,1	2,9 $\pm$ 0,2	1,2 $\pm$ 0,1
<b>1800 <math>\pm</math> 30</b>	1,0 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1	0,32 $\pm$ 0,02	0,5 $\pm$ 0,1	2,1 $\pm$ 0,2	0,8 $\pm$ 0,1



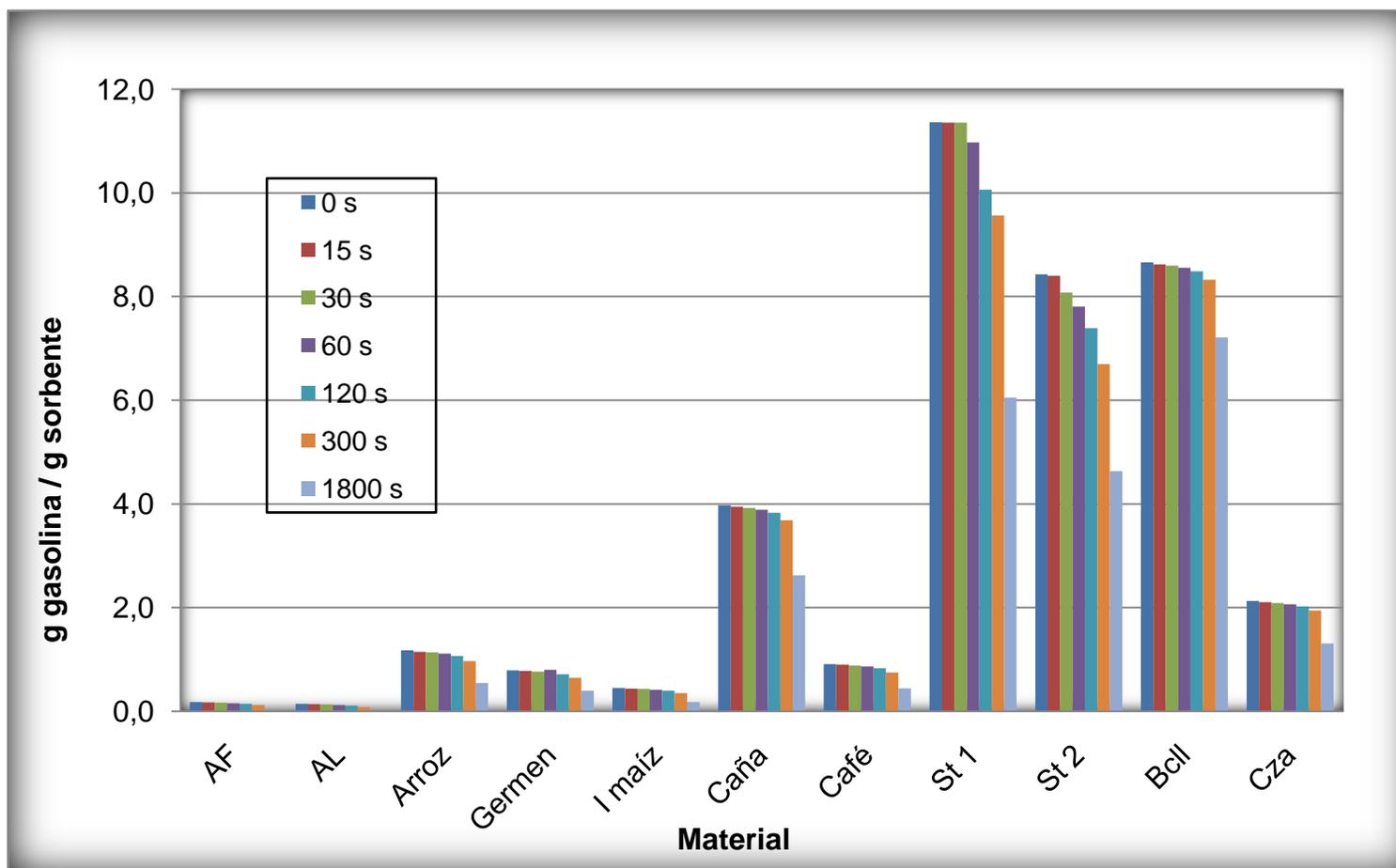
**Tabla 7.** Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales en su estado natural utilizando gasolina como sustrato. Todos los valores están en unidades de masa/masa (g gasolina/ g sorbente).

<b>t ± 1 (s)</b>	<b>AF</b>	<b>AL</b>	<b>Germen</b>	<b>I maíz</b>	<b>Café</b>
<b>0</b>	0,18 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,8 ± 0,1	0,45 ± 0,05	0,9 ± 0,1
<b>15</b>	0,17 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,8 ± 0,1	0,44 ± 0,04	0,9 ± 0,1
<b>30</b>	0,17 ± 0,02	0,13 ± 0,01	0,8 ± 0,1	0,43 ± 0,05	0,9 ± 0,1
<b>60</b>	0,16 ± 0,02	0,12 ± 0,01	0,8 ± 0,1	0,42 ± 0,05	0,9 ± 0,1
<b>120</b>	0,14 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,7 ± 0,1	0,40 ± 0,04	0,8 ± 0,1
<b>300</b>	0,12 ± 0,02	0,08 ± 0,01	0,6 ± 0,1	0,35 ± 0,04	0,8 ± 0,1
<b>1800 ± 30</b>	0,014 ± 0,005	0,01 ± 0,01	0,4 ± 0,1	0,18 ± 0,04	0,4 ± 0,1

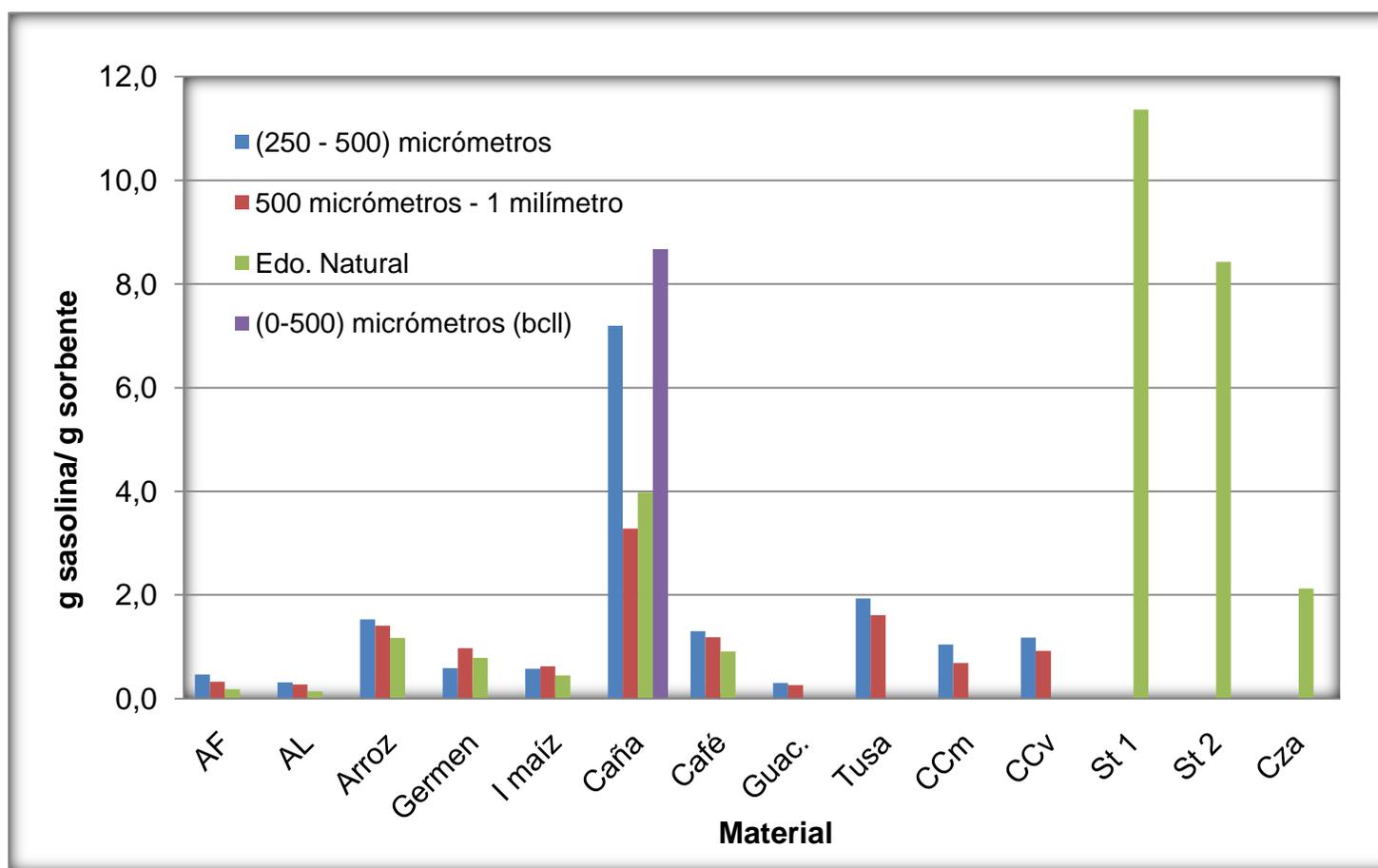
**Tabla 7.** (Continuación)

<b>t ± 1 (s)</b>	<b>Caña</b>	<b>Arroz</b>	<b>BcII</b>	<b>Cza</b>	<b>St 1</b>	<b>St 2</b>
<b>0</b>	4,0 ± 0,2	1,2 ± 0,1	8,7 ± 0,1	2,1 ± 0,1	11 ± 1	8 ± 1
<b>15</b>	3,9 ± 0,2	1,1 ± 0,1	8,6 ± 0,1	2,1 ± 0,1	11 ± 1	8 ± 1
<b>30</b>	3,9 ± 0,2	1,1 ± 0,1	8,6 ± 0,1	2,1 ± 0,1	11 ± 1	8 ± 1
<b>60</b>	3,9 ± 0,2	1,1 ± 0,1	8,6 ± 0,1	2,1 ± 0,1	11 ± 1	8 ± 1
<b>120</b>	3,8 ± 0,2	1,1 ± 0,1	8,5 ± 0,1	2,0 ± 0,1	10 ± 1	7,4 ± 0,5
<b>300</b>	3,7 ± 0,2	1,0 ± 0,1	8,3 ± 0,1	1,9 ± 0,1	10 ± 1	6,7 ± 0,4
<b>1800 ± 30</b>	2,6 ± 0,3	0,55 ± 0,04	7,2 ± 0,3	1,3 ± 0,2	6 ± 1	4,6 ± 0,3

**Gráfico 3.** Variación de la capacidad de sorción de los materiales en su estado natural en el tiempo utilizando gasolina como sustrato.



**Grafico 4.** Comparación de la máxima capacidad de sorción de los sorbentes en los diferentes tamaños probados con gasolina como sustrato.



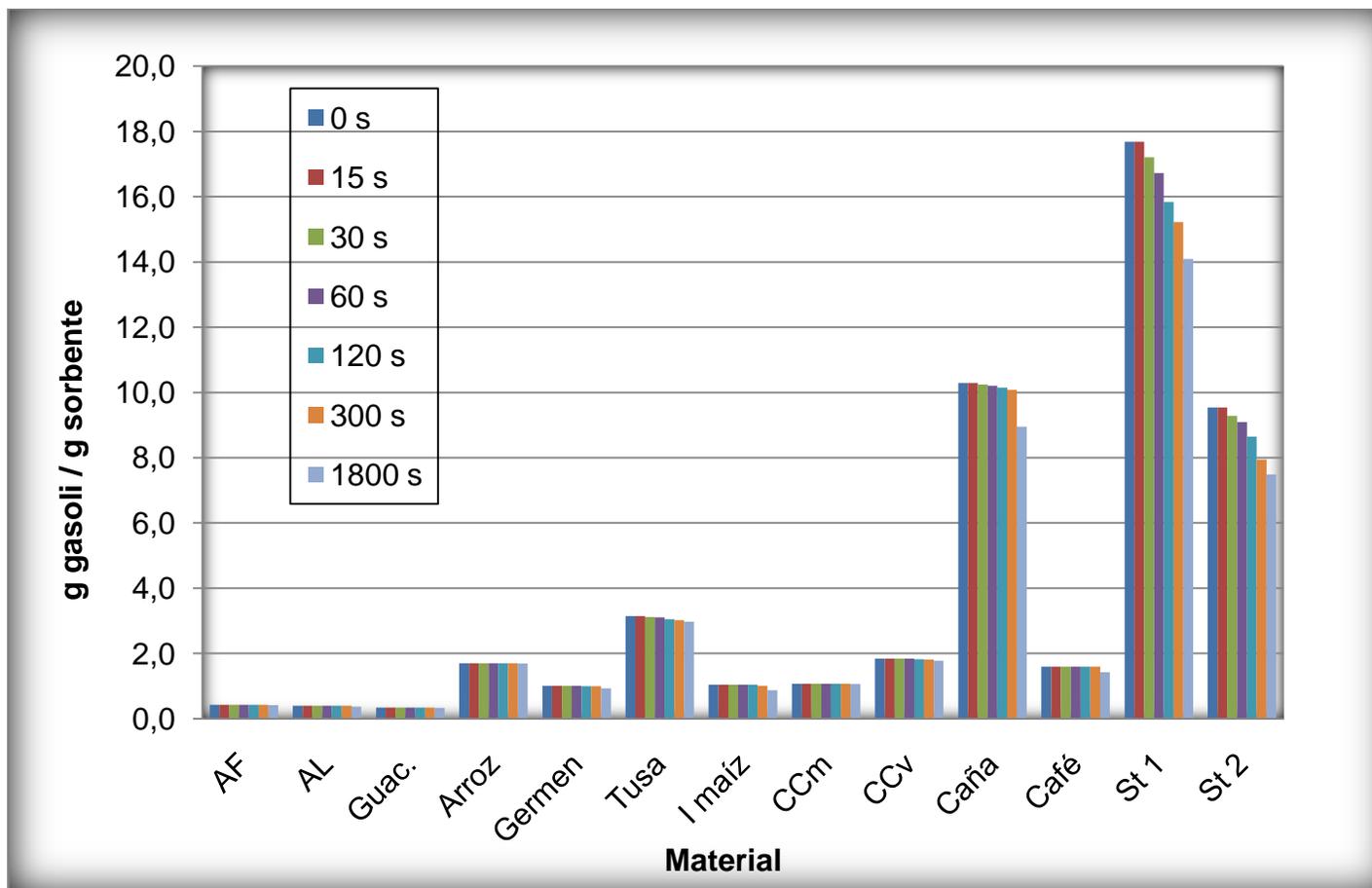
**Tabla 8.** Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales con tamaño de partícula comprendido entre 250  $\mu\text{m}$  y 500  $\mu\text{m}$  utilizando gasoil como sustrato. Todos los valores están en unidades de masa/masa (g gasoil/ g sorbente).

<b>t <math>\pm</math> 1 (s)</b>	<b>AF</b>	<b>AL</b>	<b>Guac.</b>	<b>Germen</b>	<b>I maíz</b>
<b>0</b>	0,43 $\pm$ 0,02	0,40 $\pm$ 0,03	0,34 $\pm$ 0,02	1,01 $\pm$ 0,05	1,0 $\pm$ 0,2
<b>15</b>	0,43 $\pm$ 0,02	0,40 $\pm$ 0,03	0,34 $\pm$ 0,02	1,01 $\pm$ 0,05	1,0 $\pm$ 0,2
<b>30</b>	0,43 $\pm$ 0,02	0,40 $\pm$ 0,03	0,34 $\pm$ 0,02	1,01 $\pm$ 0,05	1,0 $\pm$ 0,2
<b>60</b>	0,43 $\pm$ 0,02	0,40 $\pm$ 0,03	0,34 $\pm$ 0,02	1,01 $\pm$ 0,05	1,0 $\pm$ 0,2
<b>120</b>	0,43 $\pm$ 0,02	0,40 $\pm$ 0,03	0,34 $\pm$ 0,02	1,0 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,2
<b>300</b>	0,43 $\pm$ 0,02	0,40 $\pm$ 0,03	0,34 $\pm$ 0,02	1,0 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,2
<b>1800 <math>\pm</math> 30</b>	0,42 $\pm$ 0,01	0,37 $\pm$ 0,02	0,33 $\pm$ 0,02	0,9 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 0,2

**Tabla 8.** (Continuación)

<b>t <math>\pm</math> 1 (s)</b>	<b>Tusa</b>	<b>Café</b>	<b>CCm</b>	<b>CCv</b>	<b>Caña</b>	<b>Arroz</b>
<b>0</b>	3,14 $\pm$ 0,05	1,6 $\pm$ 0,1	1,08 $\pm$ 0,04	1,8 $\pm$ 0,1	10,3 $\pm$ 0,2	1,7 $\pm$ 0,1
<b>15</b>	3,14 $\pm$ 0,05	1,6 $\pm$ 0,1	1,08 $\pm$ 0,04	1,8 $\pm$ 0,1	10,3 $\pm$ 0,2	1,7 $\pm$ 0,1
<b>30</b>	3,1 $\pm$ 0,1	1,6 $\pm$ 0,1	1,08 $\pm$ 0,04	1,8 $\pm$ 0,1	10,2 $\pm$ 0,2	1,7 $\pm$ 0,1
<b>60</b>	3,1 $\pm$ 0,1	1,6 $\pm$ 0,1	1,07 $\pm$ 0,04	1,8 $\pm$ 0,1	10,2 $\pm$ 0,1	1,7 $\pm$ 0,1
<b>120</b>	3,05 $\pm$ 0,03	1,6 $\pm$ 0,1	1,07 $\pm$ 0,04	1,8 $\pm$ 0,1	10,1 $\pm$ 0,1	1,7 $\pm$ 0,1
<b>300</b>	3,02 $\pm$ 0,03	1,6 $\pm$ 0,1	1,07 $\pm$ 0,04	1,8 $\pm$ 0,1	10,1 $\pm$ 0,2	1,7 $\pm$ 0,1
<b>1800 <math>\pm</math> 30</b>	2,97 $\pm$ 0,05	1,4 $\pm$ 0,1	1,06 $\pm$ 0,04	1,8 $\pm$ 0,1	9 $\pm$ 1	1,7 $\pm$ 0,1

**Gráfico 5.** Variación de la capacidad de sorción de los materiales de tamaño de partícula (250 – 500)  $\mu\text{m}$  en el tiempo utilizando gasoil como sustrato.



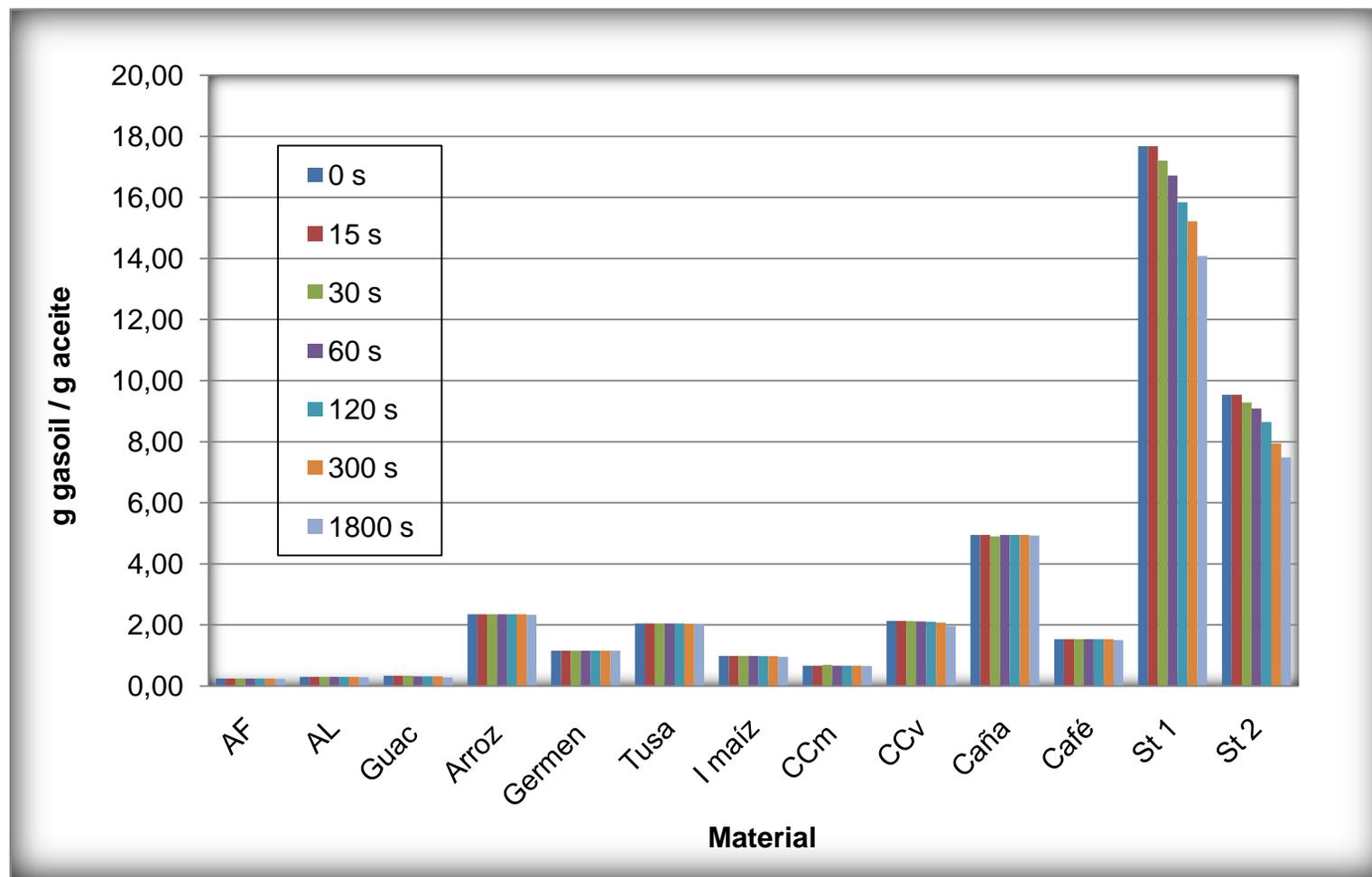
**Tabla 9.** Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales con tamaño de partícula comprendido entre 500 $\mu$ m – 1 mm utilizando gasoil como sustrato. Todos los valores están en unidades de masa/masa (g gasoil/ g sorbente).

<b>t <math>\pm</math> 1 (s)</b>	<b>AF</b>	<b>AL</b>	<b>Guac.</b>	<b>Germen</b>	<b>I maíz</b>
<b>0</b>	0,31 $\pm$ 0,01	0,24 $\pm$ 0,05	0,34 $\pm$ 0,01	1,16 $\pm$ 0,05	0,98 $\pm$ 0,02
<b>15</b>	0,31 $\pm$ 0,01	0,24 $\pm$ 0,05	0,34 $\pm$ 0,01	1,16 $\pm$ 0,05	0,98 $\pm$ 0,02
<b>30</b>	0,31 $\pm$ 0,01	0,24 $\pm$ 0,05	0,34 $\pm$ 0,01	1,16 $\pm$ 0,05	0,98 $\pm$ 0,02
<b>60</b>	0,31 $\pm$ 0,01	0,24 $\pm$ 0,05	0,32 $\pm$ 0,04	1,16 $\pm$ 0,05	0,98 $\pm$ 0,02
<b>120</b>	0,31 $\pm$ 0,01	0,24 $\pm$ 0,05	0,32 $\pm$ 0,04	1,16 $\pm$ 0,05	0,98 $\pm$ 0,02
<b>300</b>	0,30 $\pm$ 0,01	0,24 $\pm$ 0,05	0,32 $\pm$ 0,04	1,16 $\pm$ 0,05	0,98 $\pm$ 0,02
<b>1800 <math>\pm</math> 30</b>	0,29 $\pm$ 0,01	0,24 $\pm$ 0,05	0,28 $\pm$ 0,02	1,15 $\pm$ 0,04	0,96 $\pm$ 0,02

**Tabla 9.** (Continuación)

<b>t <math>\pm</math> 1 (s)</b>	<b>Tusa</b>	<b>Café</b>	<b>CCm</b>	<b>CCv</b>	<b>Caña</b>	<b>Arroz</b>
<b>0</b>	2,0 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1	2,1 $\pm$ 0,2	5 $\pm$ 1	2,4 $\pm$ 0,2
<b>15</b>	2,0 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1	2,1 $\pm$ 0,2	5 $\pm$ 1	2,4 $\pm$ 0,2
<b>30</b>	2,0 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1	2,1 $\pm$ 0,2	5 $\pm$ 1	2,4 $\pm$ 0,2
<b>60</b>	2,0 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1	2,1 $\pm$ 0,2	5 $\pm$ 1	2,4 $\pm$ 0,2
<b>120</b>	2,0 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1	2,1 $\pm$ 0,2	5 $\pm$ 1	2,4 $\pm$ 0,2
<b>300</b>	2,0 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1	2,1 $\pm$ 0,3	5 $\pm$ 1	2,3 $\pm$ 0,2
<b>1800 <math>\pm</math> 30</b>	2,0 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1	2,0 $\pm$ 0,2	5 $\pm$ 1	2,3 $\pm$ 0,2

**Gráfico 6.** Variación de la capacidad de sorción de los materiales de tamaño de partícula 500  $\mu\text{m}$  – 1mm en el tiempo utilizando gasoil como sustrato.



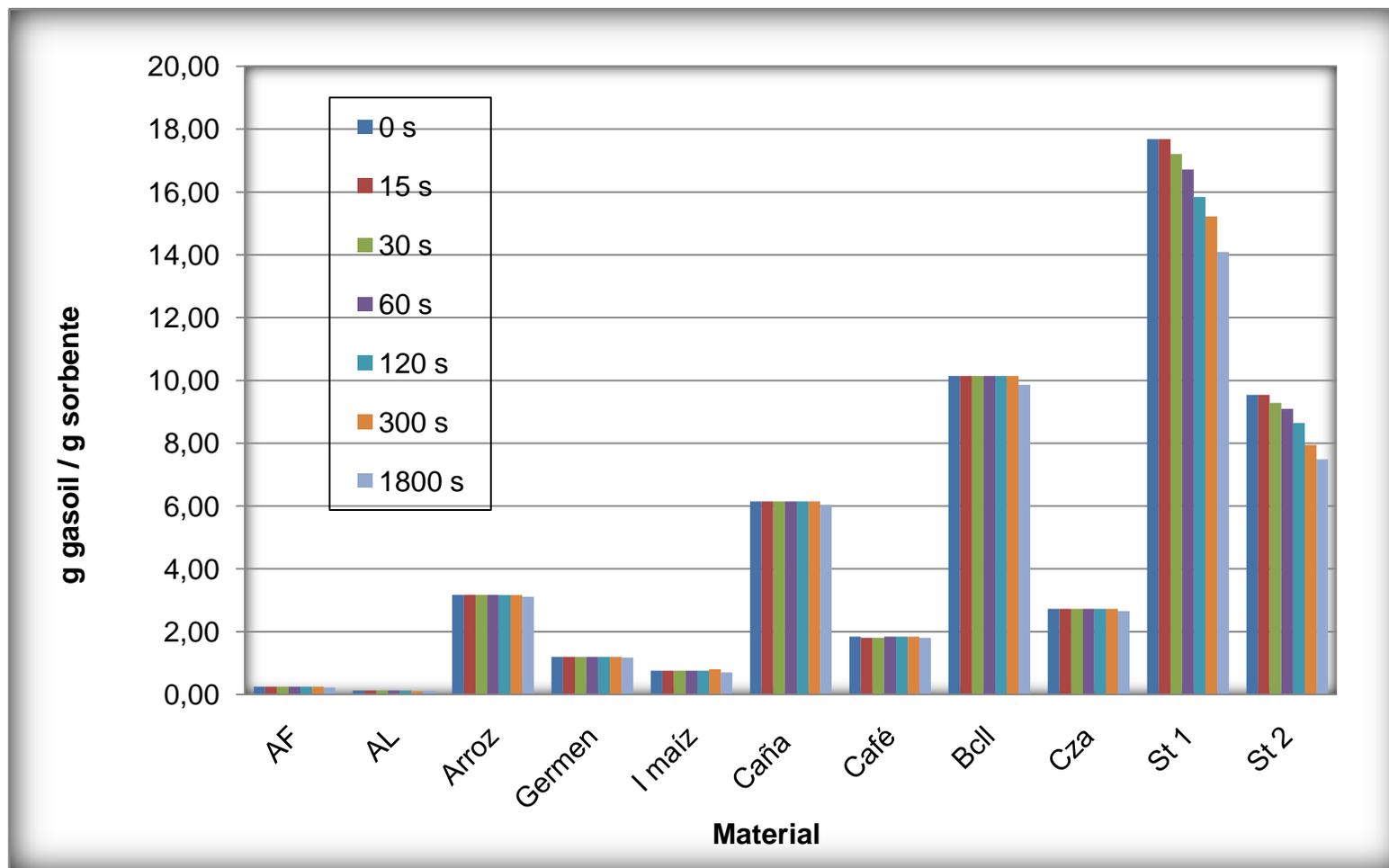
**Tabla 10.** Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales en su estado natural utilizando gasoil como sustrato. Todos los valores están en unidades de masa/masa (g gasoil/ g sorbente).

<b>t ± 1 (s)</b>	<b>AF</b>	<b>AL</b>	<b>Germen</b>	<b>I maíz</b>	<b>Café</b>
0	0,24 ± 0,04	0,13 ± 0,02	1,2 ± 0,4	0,8 ± 0,1	1,8 ± 0,3
15	0,24 ± 0,04	0,13 ± 0,02	1,2 ± 0,4	0,8 ± 0,1	1,8 ± 0,4
30	0,24 ± 0,04	0,13 ± 0,02	1,2 ± 0,4	0,8 ± 0,1	1,8 ± 0,4
60	0,24 ± 0,04	0,13 ± 0,02	1,2 ± 0,4	0,8 ± 0,1	1,8 ± 0,3
120	0,24 ± 0,04	0,13 ± 0,02	1,2 ± 0,4	0,8 ± 0,1	1,8 ± 0,3
300	0,24 ± 0,04	0,10 ± 0,06	1,2 ± 0,4	0,8 ± 0,1	1,8 ± 0,3
1800 ± 30	0,22 ± 0,04	0,12 ± 0,02	1,2 ± 0,4	0,7 ± 0,3	1,8 ± 0,3

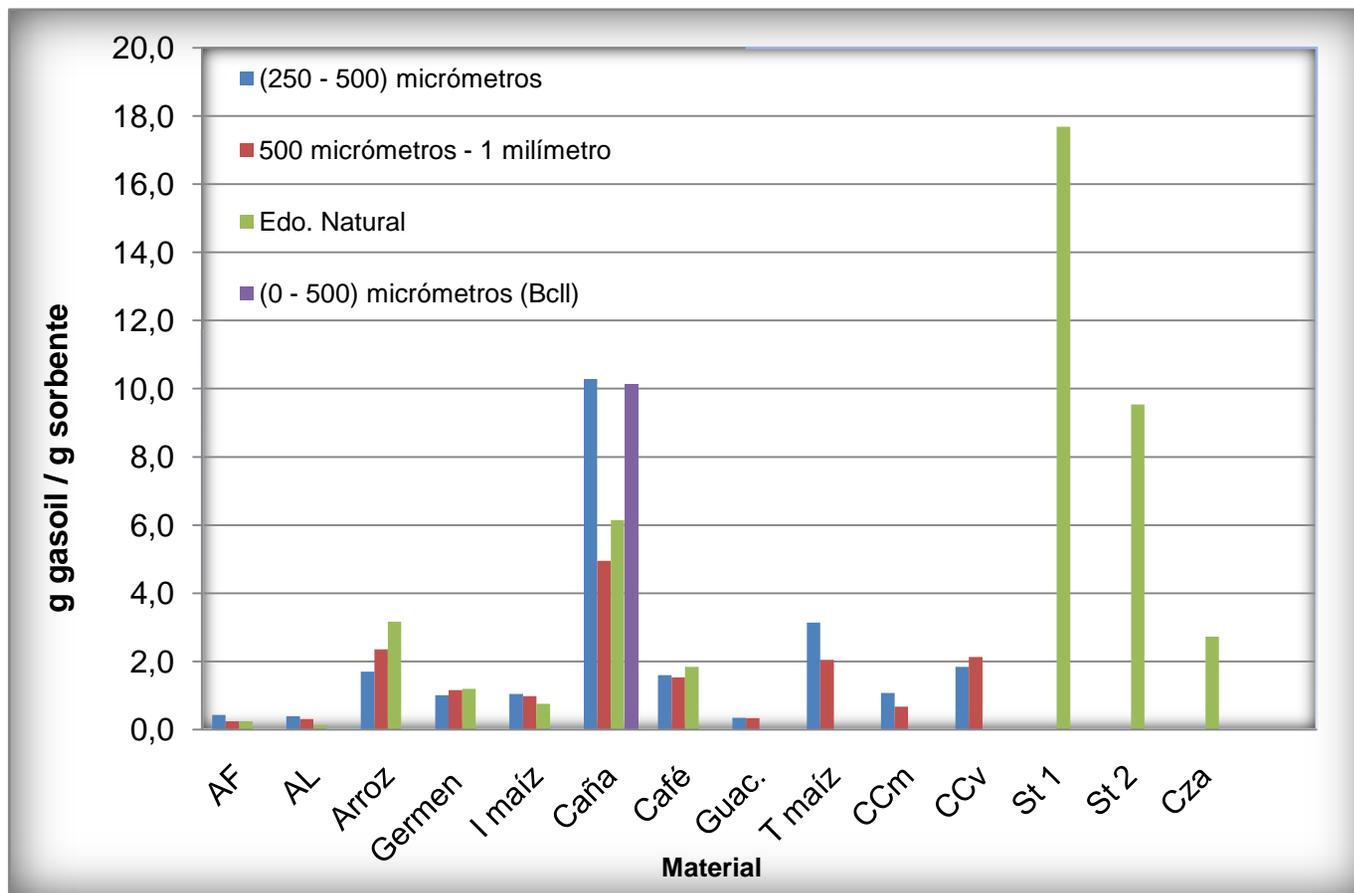
**Tabla 10.** (Continuación)

<b>t ± 1 (s)</b>	<b>Caña</b>	<b>Arroz</b>	<b>BcII</b>	<b>Cza</b>	<b>St 1</b>	<b>St 2</b>
0	6 ± 1	3,2 ± 0,4	10,1 ± 0,4	2,7 ± 0,1	17,7 ± 0,5	9,5 ± 0,2
15	6 ± 1	3,2 ± 0,4	10,1 ± 0,4	2,7 ± 0,1	17,7 ± 0,5	9,5 ± 0,2
30	6 ± 1	3,2 ± 0,4	10,1 ± 0,4	2,7 ± 0,1	17,7 ± 0,5	9,3 ± 0,4
60	6 ± 1	3,2 ± 0,4	10,1 ± 0,4	2,7 ± 0,1	16,7 ± 0,6	9,1 ± 0,4
120	6 ± 1	3,2 ± 0,4	10,1 ± 0,4	2,7 ± 0,1	15,8 ± 0,7	8,6 ± 0,4
300	6 ± 1	3,2 ± 0,4	10,1 ± 0,4	2,7 ± 0,1	15,2 ± 0,4	7,9 ± 0,3
1800 ± 30	6 ± 1	3,1 ± 0,4	9,9 ± 0,4	2,7 ± 0,1	14 ± 1	7,5 ± 0,2

**Gráfico 7.** Variación de la capacidad de sorción de los materiales en su estado natural en el tiempo utilizando gasoil como sustrato.



**Grafico 8.** Comparación de la máxima capacidad de sorción de los sorbentes en los diferentes tamaños probados gasoil como sustrato.



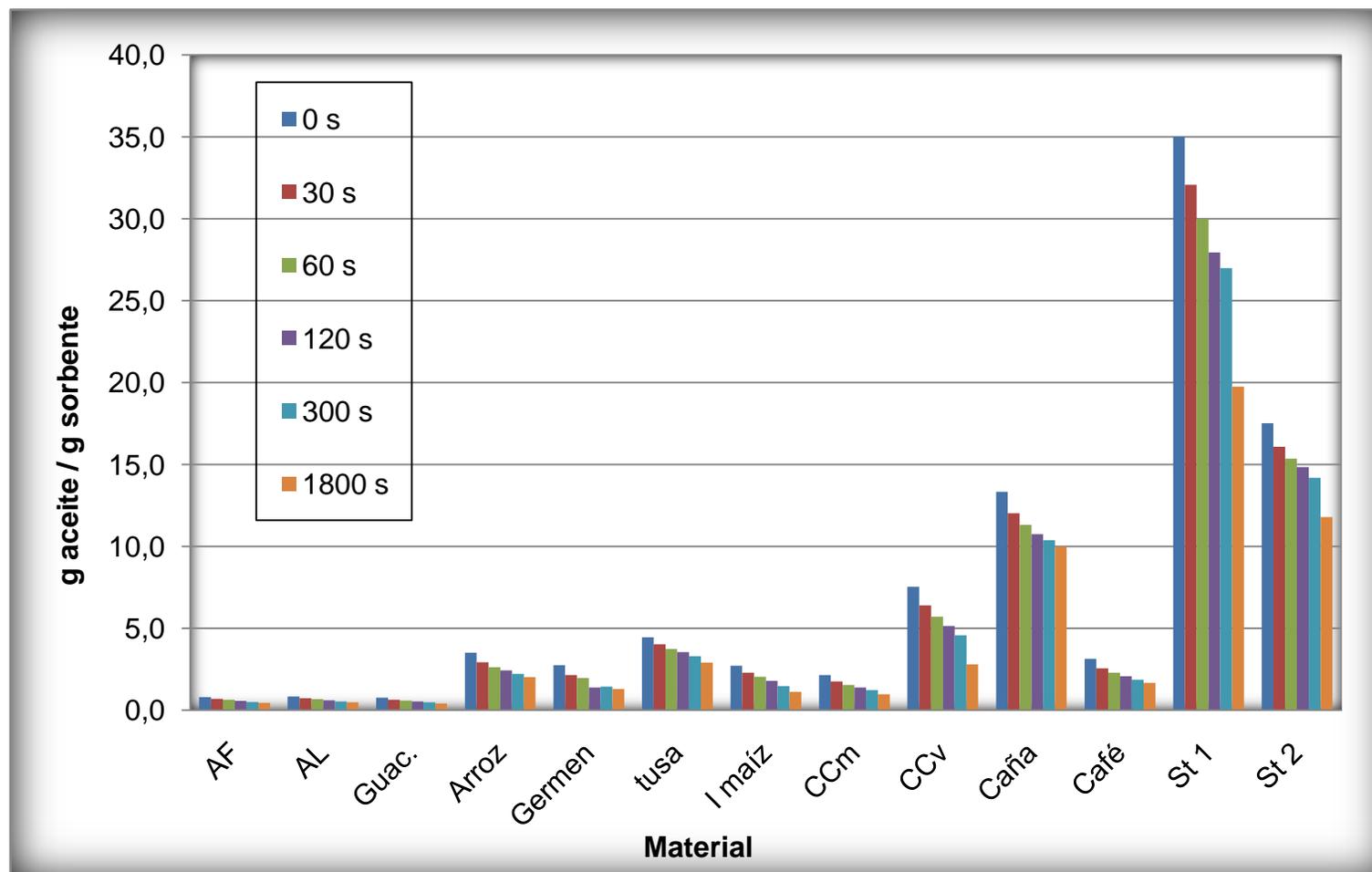
**Tabla 11.** Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales con tamaño de partícula comprendido entre 250 $\mu$ m – 250  $\mu$ m utilizando aceite como sustrato. Todos los valores están en unidades de masa/masa (g aceite/ g sorbente).

<b>t <math>\pm</math> 1 (s)</b>	<b>AF</b>	<b>AL</b>	<b>Guac.</b>	<b>Germen</b>	<b>I maíz</b>
<b>0</b>	0,83 $\pm$ 0,03	0,79 $\pm$ 0,05	0,8 $\pm$ 0,1	2,8 $\pm$ 0,1	2,7 $\pm$ 0,1
<b>30</b>	0,73 $\pm$ 0,03	0,70 $\pm$ 0,02	0,65 $\pm$ 0,03	2,2 $\pm$ 0,3	2,3 $\pm$ 0,1
<b>60</b>	0,67 $\pm$ 0,03	0,64 $\pm$ 0,02	0,59 $\pm$ 0,02	1,4 $\pm$ 0,4	2,0 $\pm$ 0,1
<b>120</b>	0,60 $\pm$ 0,03	0,57 $\pm$ 0,02	0,54 $\pm$ 0,01	1,4 $\pm$ 0,3	1,8 $\pm$ 0,1
<b>300</b>	0,53 $\pm$ 0,01	0,50 $\pm$ 0,01	0,472 $\pm$ 0,005	1,4 $\pm$ 0,4	1,47 $\pm$ 0,03
<b>1800 <math>\pm</math> 30</b>	0,49 $\pm$ 0,02	0,45 $\pm$ 0,01	0,40 $\pm$ 0,01	1,3 $\pm$ 0,3	1,11 $\pm$ 0,04

**Continuación tabla 11.** (Continuación)

<b>t <math>\pm</math> 1 (s)</b>	<b>Tusa</b>	<b>Café</b>	<b>CCm</b>	<b>CCv</b>	<b>B caña</b>	<b>Arroz</b>
<b>0</b>	4,4 $\pm$ 0,2	3,1 $\pm$ 0,2	2,1 $\pm$ 0,1	8 $\pm$ 1	13,3 $\pm$ 0,5	3,5 $\pm$ 0,3
<b>30</b>	4,0 $\pm$ 0,3	2,5 $\pm$ 0,2	1,8 $\pm$ 1,6	6 $\pm$ 1	12,0 $\pm$ 0,3	2,9 $\pm$ 0,2
<b>60</b>	3,7 $\pm$ 0,4	2,3 $\pm$ 0,2	1,6 $\pm$ 1,38	6 $\pm$ 1	11,3 $\pm$ 0,3	2,6 $\pm$ 0,1
<b>120</b>	3,5 $\pm$ 0,3	2,07 $\pm$ 0,05	1,38 $\pm$ 0,04	5 $\pm$ 1	10,7 $\pm$ 0,3	2,4 $\pm$ 0,1
<b>300</b>	1,4 $\pm$ 0,4	1,86 $\pm$ 0,05	1,23 $\pm$ 0,03	5 $\pm$ 1	10,4 $\pm$ 0,3	2,2 $\pm$ 0,1
<b>1800 <math>\pm</math> 30</b>	1,3 $\pm$ 0,3	1,66 $\pm$ 0,05	1,0 $\pm$ 0,1	2,8 $\pm$ 0,2	10,0 $\pm$ 0,3	2,0 $\pm$ 0,1

**Gráfico 9.** Variación de la capacidad de sorción de los materiales de tamaño de partícula (250 – 500)  $\mu\text{m}$  en el tiempo utilizando aceite como sustrato.



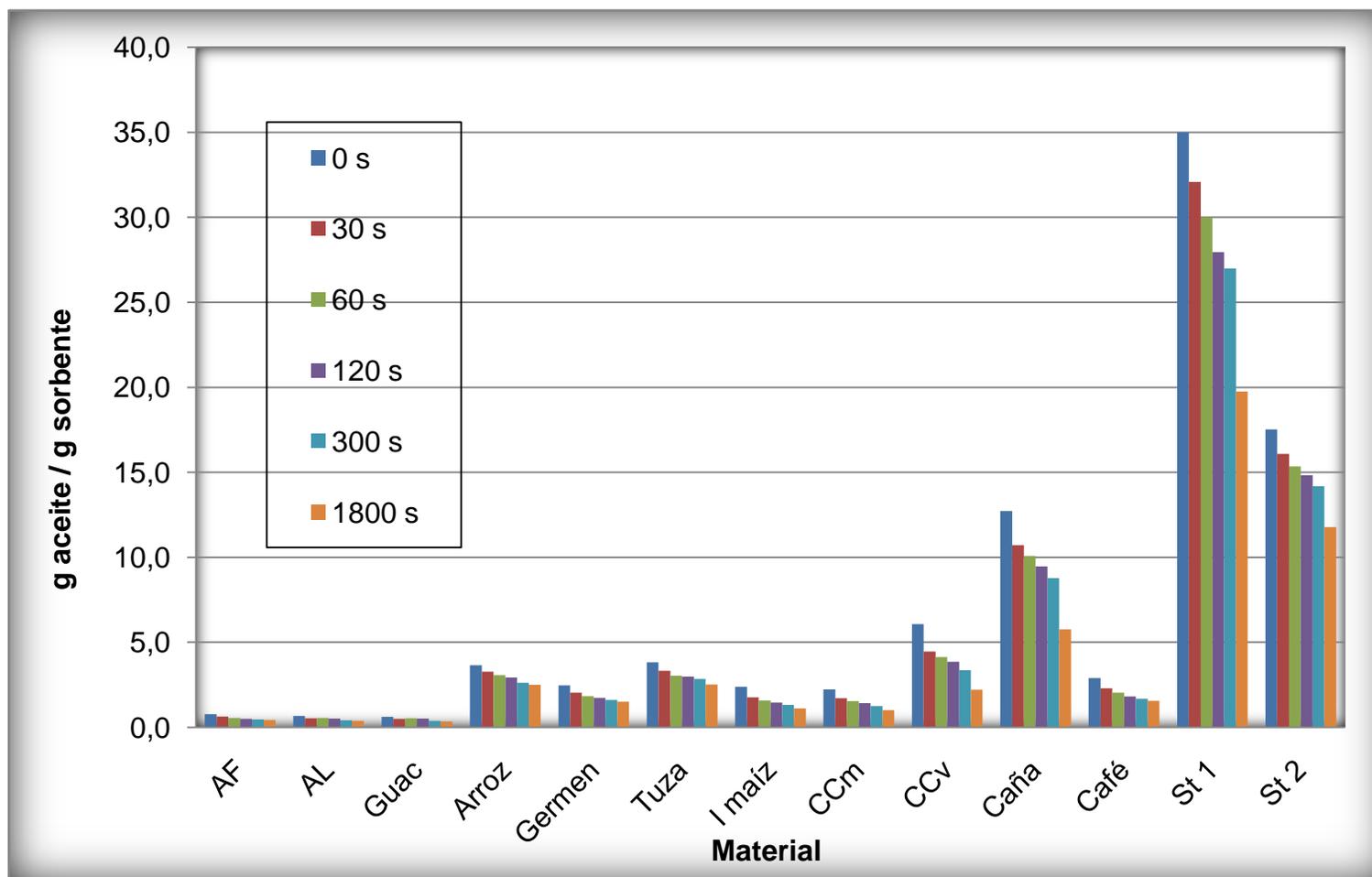
**Tabla 12.** Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales con tamaño de partícula comprendido entre 500 $\mu$ m – 1 mm  $\mu$ m utilizando aceite como sustrato. Todos los valores están en unidades de masa/masa (g aceite/ g sorbente).

<b>t <math>\pm</math> 1 (s)</b>	<b>AF</b>	<b>AL</b>	<b>Guac.</b>	<b>Germen</b>	<b>I maíz</b>
<b>0</b>	0,8 $\pm$ 0,1	0,7 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	2,5 $\pm$ 0,1	2,4 $\pm$ 0,2
<b>30</b>	0,6 $\pm$ 0,1	0,54 $\pm$ 0,05	0,5 $\pm$ 0,1	2,0 $\pm$ 0,1	1,8 $\pm$ 0,1
<b>60</b>	0,55 $\pm$ 0,05	0,6 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1	1,8 $\pm$ 0,1	1,6 $\pm$ 0,1
<b>120</b>	0,50 $\pm$ 0,04	0,5 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1	1,7 $\pm$ 0,1	1,46 $\pm$ 0,03
<b>300</b>	0,46 $\pm$ 0,04	0,40 $\pm$ 0,03	0,4 $\pm$ 0,1	1,6 $\pm$ 0,1	1,32 $\pm$ 0,02
<b>1800 <math>\pm</math> 30</b>	0,42 $\pm$ 0,03	0,38 $\pm$ 0,02	0,3 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1	1,1 $\pm$ 0,1

**Tabla 12.** (Continuación)

<b>t <math>\pm</math> 1 (s)</b>	<b>Tusa</b>	<b>Café</b>	<b>CCm</b>	<b>CCv</b>	<b>Caña</b>	<b>Arroz</b>
<b>0</b>	3,8 $\pm$ 0,3	2,9 $\pm$ 0,2	2,2 $\pm$ 0,1	6,1 $\pm$ 0,3	12,7 $\pm$ 0,5	3,7 $\pm$ 0,1
<b>30</b>	3,3 $\pm$ 0,3	2,3 $\pm$ 0,2	1,7 $\pm$ 0,1	4,5 $\pm$ 0,4	10,7 $\pm$ 0,2	3,3 $\pm$ 0,1
<b>60</b>	3,0 $\pm$ 0,4	2,0 $\pm$ 0,1	1,54 $\pm$ 0,04	4,1 $\pm$ 0,3	10,1 $\pm$ 0,2	3,1 $\pm$ 0,1
<b>120</b>	3,0 $\pm$ 0,3	1,8 $\pm$ 0,1	1,4 $\pm$ 0,1	3,9 $\pm$ 0,2	9,5 $\pm$ 0,3	2,9 $\pm$ 0,1
<b>300</b>	2,8 $\pm$ 0,3	1,7 $\pm$ 0,1	1,25 $\pm$ 0,03	3,4 $\pm$ 0,2	8,8 $\pm$ 0,3	2,6 $\pm$ 0,4
<b>1800 <math>\pm</math> 30</b>	2,5 $\pm$ 0,1	1,6 $\pm$ 0,1	1,01 $\pm$ 0,03	2,2 $\pm$ 0,2	6 $\pm$ 1	2,5 $\pm$ 0,1

**Gráfico 10.** Variación de la capacidad de sorción de los materiales de tamaño de partícula 500  $\mu\text{m}$  – 1mm en el tiempo utilizando aceite como sustrato.



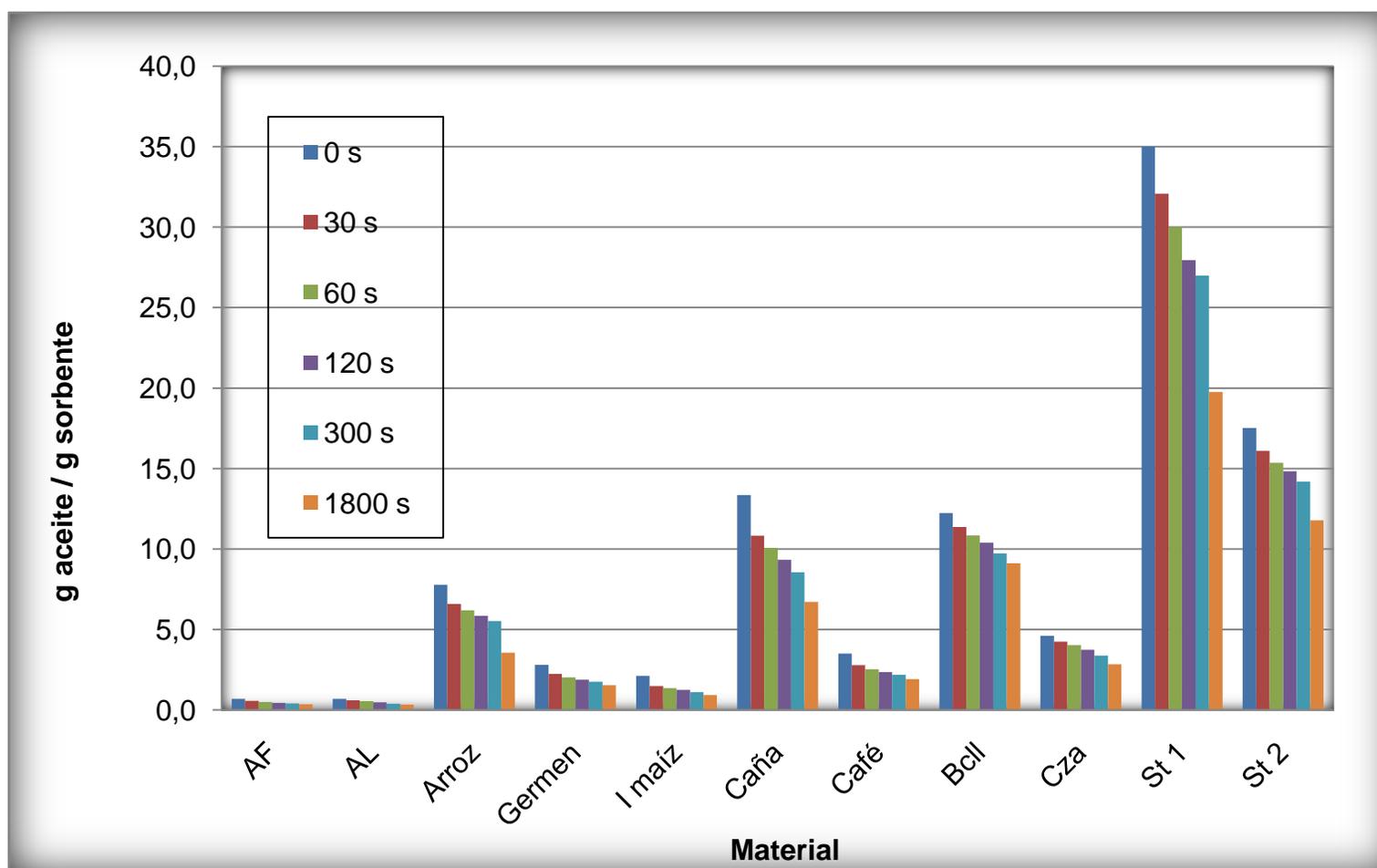
**Tabla 13.** Capacidad de sorción promedio calculada para cada uno de los materiales en su estado natural utilizando aceite como sustrato. Todos los valores están en unidades de masa/masa (g aceite/ g sorbente).

<b>t ± 1 (s)</b>	<b>AF</b>	<b>AL</b>	<b>Germen</b>	<b>I maíz</b>	<b>Café</b>
<b>0</b>	0,7 ± 0,1	0,69 ± 0,01	2,8 ± 0,1	2,1 ± 0,2	3,50 ± 0,05
<b>30</b>	0,56 ± 0,05	0,60 ± 0,02	2,2 ± 0,1	1,5 ± 0,1	2,8 ± 0,1
<b>60</b>	0,49 ± 0,03	0,53 ± 0,03	2,0 ± 0,1	1,3 ± 0,1	2,5 ± 0,1
<b>120</b>	0,43 ± 0,03	0,46 ± 0,03	1,9 ± 0,1	1,2 ± 0,1	2,4 ± 0,2
<b>300</b>	0,39 ± 0,03	0,38 ± 0,02	1,8 ± 0,1	1,1 ± 0,1	2,2 ± 0,2
<b>1800 ± 30</b>	0,34 ± 0,03	0,33 ± 0,01	1,5 ± 0,2	0,9 ± 0,1	1,91 ± 0,05

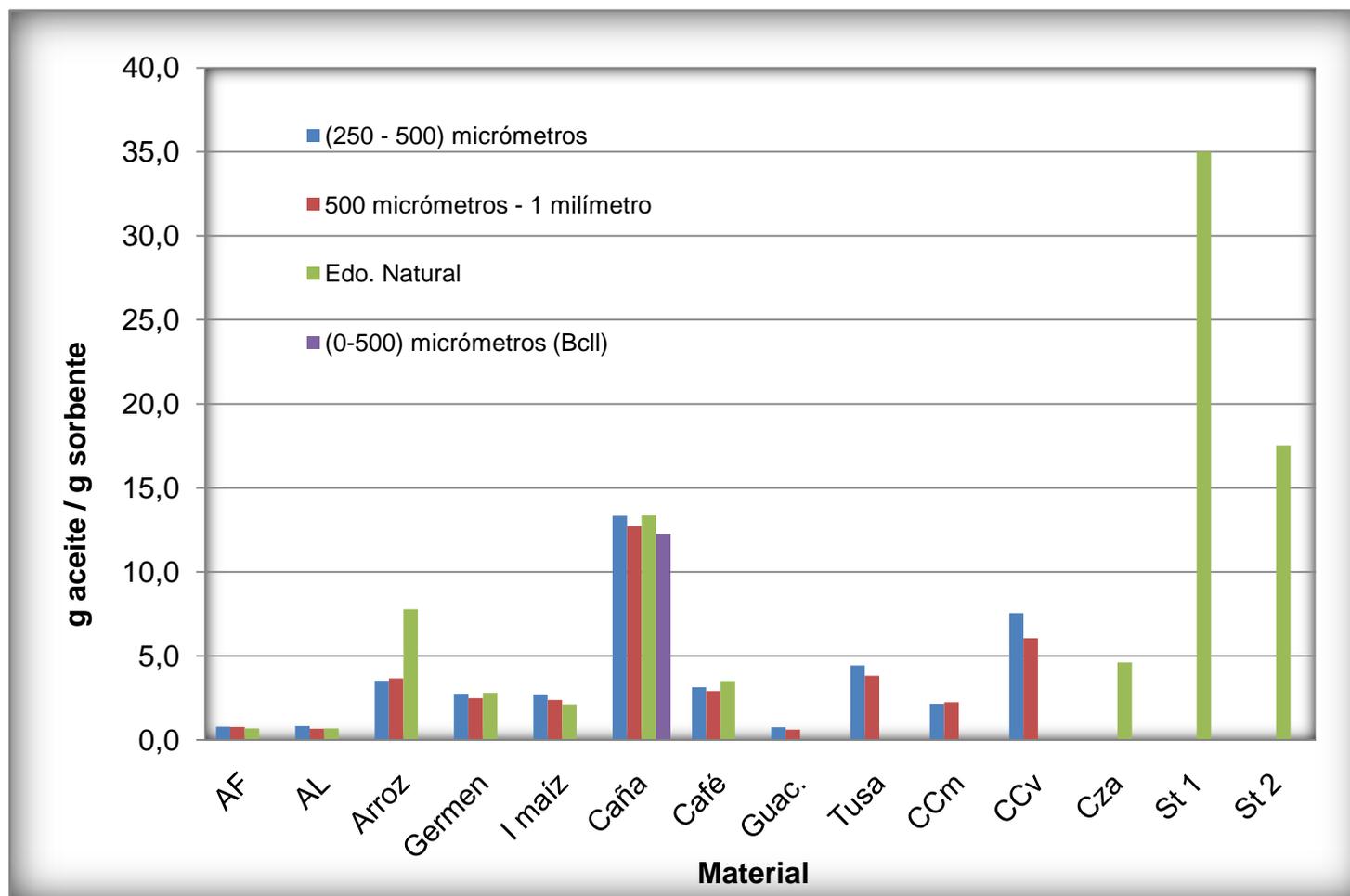
**Tabla 13.** (Continuación)

<b>t ± 1 (s)</b>	<b>Caña</b>	<b>Arroz</b>	<b>BcII</b>	<b>Cza</b>	<b>St 1</b>	<b>St 2</b>
<b>0</b>	13,4 ± 0,5	7,8 ± 0,4	12,2 ± 0,3	4,6 ± 0,2	35 ± 1	18 ± 1
<b>30</b>	10,8 ± 0,2	6,6 ± 0,2	11,4 ± 0,3	4,2 ± 0,2	32 ± 2	16 ± 1
<b>60</b>	10,1 ± 0,3	6,19 ± 0,04	10,8 ± 0,5	4,0 ± 0,2	30 ± 2	15 ± 1
<b>120</b>	9,3 ± 0,3	5,8 ± 0,1	10,4 ± 0,4	3,7 ± 0,1	28 ± 3	15 ± 1
<b>300</b>	8,6 ± 0,2	5,5 ± 0,1	9,7 ± 0,5	3,4 ± 0,1	27 ± 2	14 ± 1
<b>1800 ± 30</b>	6,7 ± 0,3	3,6 ± 0,3	9 ± 1	2,8 ± 0,1	20 ± 1	12 ± 1

**Gráfico 11.** Variación de la capacidad de sorción de los materiales en su estado natural en el tiempo utilizando aceite como sustrato.



**Grafico12.** Comparación de la máxima capacidad de sorción de los sorbentes en los diferentes tamaños probados con aceite como sustrato.



**Tabla 14.** Porcentaje de retención del hidrocarburo (gasolina) con cada uno de los materiales sorbentes de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$ .

<b>Sorbente</b>	<b>% Réplica 1</b>	<b>% Réplica 2</b>	<b>% Réplica 3</b>	<b>% Réplica 4</b>	<b>% Promedio de retención</b>
<b>AF</b>	34,3 $\pm$ 0,3	35,7 $\pm$ 0,4	37,7 $\pm$ 0,4	45,7 $\pm$ 0,5	38 $\pm$ 5
<b>AL</b>	58 $\pm$ 1	59 $\pm$ 1	65 $\pm$ 1	62 $\pm$ 1	61 $\pm$ 3
<b>Guac.</b>	48,0 $\pm$ 0,5	41,5 $\pm$ 0,4	42,4 $\pm$ 0,4	39,5 $\pm$ 0,4	43 $\pm$ 4
<b>Germen</b>	26,5 $\pm$ 0,3	32,8 $\pm$ 0,3	34,8 $\pm$ 0,3	35,0 $\pm$ 0,4	32 $\pm$ 4
<b>I maíz</b>	8,1 $\pm$ 0,1	8,9 $\pm$ 0,1	11,2 $\pm$ 0,1	23,7 $\pm$ 0,2	13 $\pm$ 7
<b>Tusa</b>	56 $\pm$ 1	37,5 $\pm$ 0,4	45,3 $\pm$ 0,5	54,3 $\pm$ 0,5	48 $\pm$ 9
<b>Café</b>	56 $\pm$ 1	59 $\pm$ 1	60 $\pm$ 1	59 $\pm$ 1	58 $\pm$ 2
<b>CCm</b>	41,8 $\pm$ 4	49,9 $\pm$ 0,5	52,3 $\pm$ 0,5	54,2 $\pm$ 0,5	50 $\pm$ 6
<b>CCv</b>	51,1 $\pm$ 0,5	53,3 $\pm$ 0,5	62 $\pm$ 1	62 $\pm$ 1	57 $\pm$ 6
<b>Caña</b>	77 $\pm$ 1	79 $\pm$ 1	77 $\pm$ 1	78 $\pm$ 1	78 $\pm$ 1
<b>Arroz</b>	54,8 $\pm$ 0,5	57 $\pm$ 1	51,6 $\pm$ 0,5	57 $\pm$ 1	55 $\pm$ 3

**Tabla 15.** Porcentaje de retención del hidrocarburo (gasolina) con cada uno de los materiales sorbentes de tamaño de partícula 500  $\mu\text{m}$  – 1mm.

<b>Sorbente</b>	<b>% Réplica 1</b>	<b>% Réplica 2</b>	<b>% Réplica 3</b>	<b>% Réplica 4</b>	<b>% Promedio de retención</b>
<b>AF</b>	61 $\pm$ 1	60 $\pm$ 1	42,9 $\pm$ 0,4	52,0 $\pm$ 0,5	54 $\pm$ 8
<b>AL</b>	62 $\pm$ 1	40,4 $\pm$ 0,4	46,1 $\pm$ 0,5	48,0 $\pm$ 0,5	49 $\pm$ 9
<b>Guac.</b>	42,1 $\pm$ 0,4	42,6 $\pm$ 0,4	48,6 $\pm$ 0,4	46,6 $\pm$ 0,5	45 $\pm$ 3
<b>Germen</b>	49,7 $\pm$ 0,5	61 $\pm$ 1	51,3 $\pm$ 0,5	53,8 $\pm$ 0,5	54 $\pm$ 5
<b>I maíz</b>	36,5 $\pm$ 0,4	33,8 $\pm$ 0,3	40,2 $\pm$ 0,4	41,5 $\pm$ 0,4	38 $\pm$ 4
<b>Tusa</b>	61 $\pm$ 1	56 $\pm$ 1	56 $\pm$ 1	61 $\pm$ 1	59 $\pm$ 3
<b>Café</b>	52,4 $\pm$ 0,5	56 $\pm$ 1	65 $\pm$ 1	62 $\pm$ 1	59 $\pm$ 6
<b>CCm</b>	46,3 $\pm$ 0,5	46,6 $\pm$ 0,4	44,2 $\pm$ 0,5	46,6 $\pm$ 0,5	46 $\pm$ 1
<b>CCv</b>	48,0 $\pm$ 0,5	46,5 $\pm$ 0,5	54,0 $\pm$ 0,5	52,5 $\pm$ 0,5	50 $\pm$ 4
<b>Caña</b>	65 $\pm$ 1	62 $\pm$ 1	64 $\pm$ 1	65 $\pm$ 1	64 $\pm$ 1
<b>Arroz</b>	60 $\pm$ 1	52,6 $\pm$ 0,5	55 $\pm$ 1	59 $\pm$ 1	57 $\pm$ 3

**Tabla 16.** Porcentaje de retención del hidrocarburo (gasolina) con cada uno de los materiales sorbentes en su estado natural.

<b>Sorbente</b>	<b>% Réplica 1</b>	<b>% Réplica 2</b>	<b>% Réplica 3</b>	<b>% Réplica 4</b>	<b>% Promedio de retención</b>
<b>AF</b>	10,1 ± 0,3	8,5 ± 0,1	5,6 ± 0,1	6,7 ± 0,1	8 ± 2
<b>AL</b>	11 ± 0,1	0,25 ± 0,03	0,45 ± 0,03	6,4 ± 0,1	5 ± 5
<b>Germen</b>	46,3 ± 0,05	53,3 ± 0,05	45,9 ± 0,05	42,3 ± 0,04	47 ± 5
<b>I maíz</b>	51,4 ± 0,05	33,9 ± 0,03	32,8 ± 0,03	40,6 ± 0,04	40 ± 9
<b>Café</b>	51,7 ± 0,05	53,7 ± 0,05	41,5 ± 0,04	46,7 ± 0,05	48 ± 5
<b>Caña</b>	64 ± 1	59 ± 1	72 ± 1	69 ± 1	66 ± 6
<b>Arroz</b>	48,5 ± 0,5	46,6 ± 0,5	46,8 ± 0,5	44,3 ± 0,5	47 ± 2
<b>BcII</b>	84 ± 1	84 ± 1	85 ± 1	79 ± 1	83 ± 3
<b>Cza</b>	67 ± 1	61 ± 1	64 ± 1	53,7 ± 0,5	61 ± 6
<b>St1</b>	48,52 ± 0,002	53,587 ± 0,003	58,227 ± 0,003	52,605 ± 0,003	53 ± 4
<b>St2</b>	54,793 ± 0,003	48,547 ± 0,002	62,118 ± 0,003	55,842 ± 0,003	55 ± 6

**Tabla 17.** Porcentaje de retención del hidrocarburo (gasoil) con cada uno de los materiales sorbentes de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$ .

<b>Sorbente</b>	<b>% Réplica 1 <math>\pm 1 \%</math></b>	<b>% Réplica 2 <math>\pm 1 \%</math></b>	<b>% Réplica 3 <math>\pm 1 \%</math></b>	<b>% Réplica 4 <math>\pm 1 \%</math></b>	<b>% Promedio de retención</b>
<b>AF</b>	96	95	93	98	96 $\pm$ 2
<b>AL</b>	93	93	92	97	94 $\pm$ 2
<b>Guac.</b>	98	98	98	94	97 $\pm$ 2
<b>Germen</b>	92	95	92	90	92 $\pm$ 2
<b>I maíz</b>	85	90	72	86	83 $\pm$ 8
<b>Tusa</b>	95	95	94	95	95 $\pm$ 1
<b>Café</b>	89	88	89	91	89 $\pm$ 1
<b>CCm</b>	98	100	99	98	99 $\pm$ 1
<b>CCv</b>	92	98	97	99	97 $\pm$ 3
<b>Caña</b>	90	75	93	91	87 $\pm$ 8
<b>Arroz</b>	99	99	99	99	99 $\pm$ 0

**Tabla 18.** Porcentaje de retención del hidrocarburo (gasoil) con cada uno de los materiales sorbentes de tamaño de partícula 500  $\mu\text{m}$  – 1mm.

<b>Sorbente</b>	<b>% Réplica 1 <math>\pm 1 \%</math></b>	<b>% Réplica 2 <math>\pm 1 \%</math></b>	<b>% Réplica 3 <math>\pm 1 \%</math></b>	<b>% Réplica 4 <math>\pm 1 \%</math></b>	<b>% Promedio de retención</b>
<b>AF</b>	94	97	94	96	95 $\pm$ 1
<b>AL</b>	99	98	98	98	98 $\pm$ 0
<b>Guac.</b>	84	87	86	75	83 $\pm$ 5
<b>Germen</b>	99	99	99	99	99 $\pm$ 0
<b>I maíz</b>	98	98	98	98	98 $\pm$ 0
<b>Tusa</b>	99	99	99	99	99 $\pm$ 0
<b>Café</b>	99	98	98	98	98 $\pm$ 0
<b>CCm</b>	98	99	99	99	99 $\pm$ 0
<b>CCv</b>	96	83	97	93	92 $\pm$ 6
<b>Caña</b>	99	99	100	100	100 $\pm$ 1
<b>Arroz</b>	99	99	99	99	99 $\pm$ 0

**Tabla 19.** Porcentaje de retención del hidrocarburo (gasoil) con cada uno de los materiales sorbentes en su estado natural.

<b>Sorbente</b>	<b>% Réplica 1 ± 1 %</b>	<b>% Réplica 2 ± 1 %</b>	<b>% Réplica 3 ± 1 %</b>	<b>% Réplica 4 ± 1 %</b>	<b>% Promedio de retención</b>
<b>AF</b>	88	95	90	91	91 ± 3
<b>AL</b>	97	92	95	97	95 ± 2
<b>Germen</b>	98	98	98	99	98 ± 1
<b>I maíz</b>	85	94	97	97	93 ± 6
<b>Café</b>	97	98	98	99	98 ± 1
<b>Caña</b>	100	96	98	98	98 ± 2
<b>Arroz</b>	97	98	99	98	98 ± 1
<b>Bcll</b>	97	96	97	98	97 ± 1
<b>Cza</b>	96	96	96	100	97 ± 2
<b>St1</b>	83	71	86	79	80 ± 7
<b>St2</b>	76	80	80	78	79 ± 2

**Tabla 20.** Porcentaje de retención del hidrocarburo (aceite) con cada uno de los materiales sorbentes de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$ .

<b>Sorbente</b>	<b>% Réplica 1</b>	<b>% Réplica 2</b>	<b>% Réplica 3</b>	<b>% Réplica 4</b>	<b>% Promedio de retención</b>
<b>AF</b>	63 $\pm$ 1	59 $\pm$ 1	59 $\pm$ 1	55 $\pm$ 1	59 $\pm$ 3
<b>AL</b>	58 $\pm$ 1	58 $\pm$ 1	53 $\pm$ 1	58 $\pm$ 1	57 $\pm$ 3
<b>Guac.</b>	46,7 $\pm$ 0,5	54 $\pm$ 1	57 $\pm$ 1	59 $\pm$ 1	54 $\pm$ 5
<b>Germen</b>	48,5 $\pm$ 0,5	46,1 $\pm$ 0,5	33,2 $\pm$ 0,3	60 $\pm$ 1	47 $\pm$ 11
<b>I maíz</b>	39,9 $\pm$ 0,4	40,2 $\pm$ 0,4	42,5 $\pm$ 0,4	41,2 $\pm$ 0,4	41 $\pm$ 1
<b>Tusa</b>	64 $\pm$ 1	67 $\pm$ 1	69 $\pm$ 1	62 $\pm$ 1	66 $\pm$ 3
<b>Café</b>	53,2 $\pm$ 0,5	59 $\pm$ 1	51,7 $\pm$ 0,5	49,0 $\pm$ 0,5	53 $\pm$ 4
<b>CCm</b>	37,9 $\pm$ 0,4	46,4 $\pm$ 0,5	50,2 $\pm$ 0,5	46,8 $\pm$ 0,5	45 $\pm$ 5
<b>CCv</b>	33,2 $\pm$ 0,3	42,9 $\pm$ 0,4	40,9 $\pm$ 0,4	33,7 $\pm$ 0,3	38 $\pm$ 5
<b>Caña</b>	75 $\pm$ 1	77 $\pm$ 1	73 $\pm$ 1	75 $\pm$ 1	75 $\pm$ 2
<b>Arroz</b>	53,5 $\pm$ 0,5	63 $\pm$ 1	59 $\pm$ 1	55 $\pm$ 1	58 $\pm$ 4

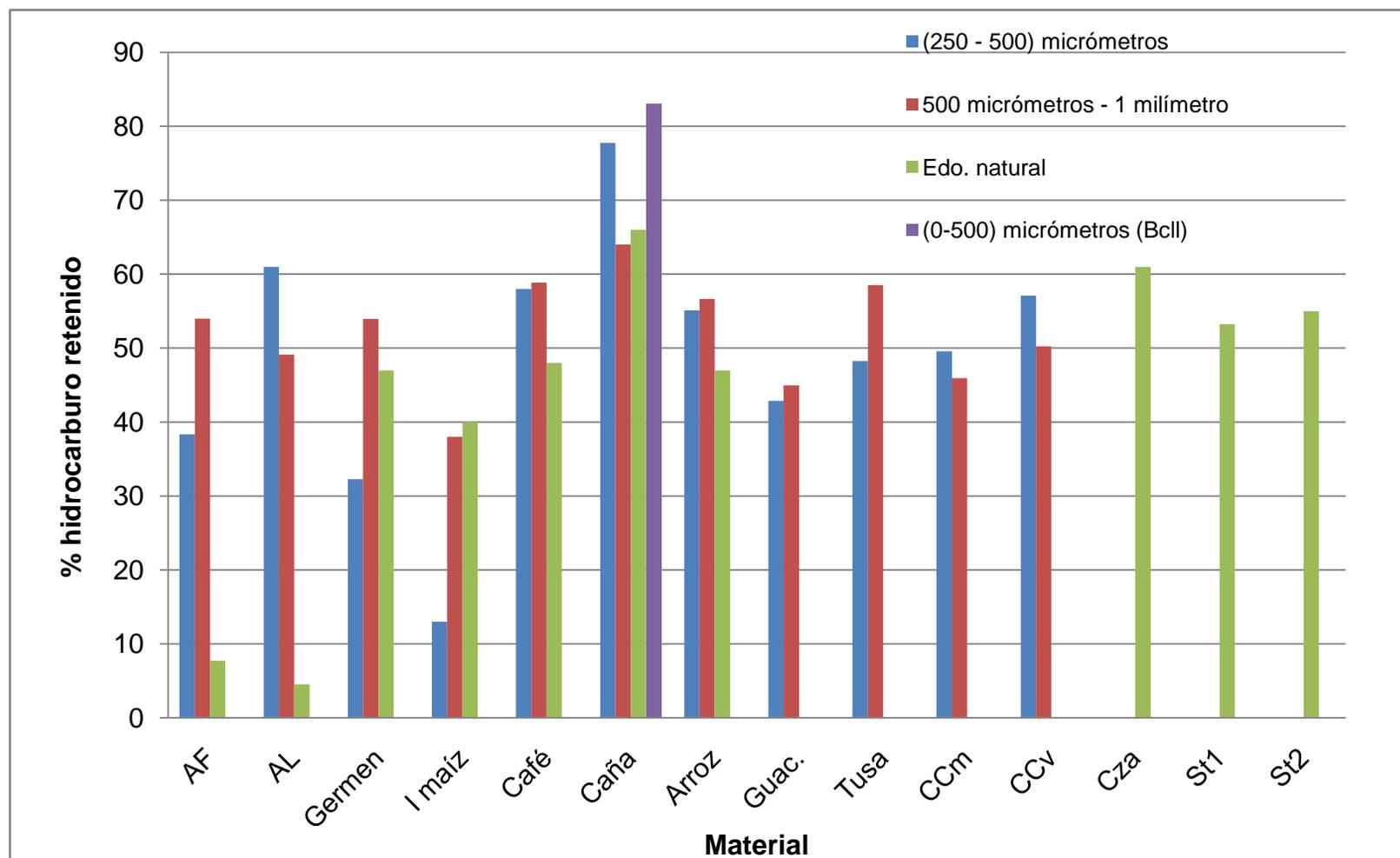
**Tabla 21.** Porcentaje de retención del hidrocarburo (aceite) con cada uno de los materiales sorbentes de tamaño de partícula 500  $\mu\text{m}$  – 1mm.

<b>Sorbente</b>	<b>% Réplica 1</b>	<b>% Réplica 2</b>	<b>% Réplica 3</b>	<b>% Réplica 4</b>	<b>% Promedio de retención</b>
<b>AF</b>	54 $\pm$ 1	53 $\pm$ 1	54 $\pm$ 1	55 $\pm$ 1	54 $\pm$ 1
<b>AL</b>	54 $\pm$ 1	63 $\pm$ 1	55 $\pm$ 1	62 $\pm$ 1	59 $\pm$ 5
<b>Guac.</b>	49,5 $\pm$ 0,5	59 $\pm$ 1	56 $\pm$ 1	58 $\pm$ 1	56 $\pm$ 4
<b>Germen</b>	56 $\pm$ 1	66 $\pm$ 1	61 $\pm$ 1	62 $\pm$ 1	61 $\pm$ 4
<b>I maíz</b>	46,2 $\pm$ 0,5	42,8 $\pm$ 0,4	45,8 $\pm$ 0,5	52,4 $\pm$ 0,4	47 $\pm$ 4
<b>Tusa</b>	68 $\pm$ 1	72 $\pm$ 1	67 $\pm$ 1	59 $\pm$ 1	67 $\pm$ 5
<b>Café</b>	53,0 $\pm$ 0,4	55 $\pm$ 1	57,0 $\pm$ 0,4	50,0 $\pm$ 0,4	54 $\pm$ 3
<b>CCm</b>	47,3 $\pm$ 0,5	48,2 $\pm$ 0,5	41,9 $\pm$ 0,4	44,9 $\pm$ 0,4	46 $\pm$ 3
<b>CCv</b>	43,5 $\pm$ 0,4	32,3 $\pm$ 0,3	39,0 $\pm$ 0,4	32,0 $\pm$ 0,3	37 $\pm$ 6
<b>Caña</b>	47,9 $\pm$ 0,5	50,2 $\pm$ 0,5	43,3 $\pm$ 0,4	39,8 $\pm$ 0,4	45 $\pm$ 5
<b>Arroz</b>	72 $\pm$ 1	55 $\pm$ 1	80 $\pm$ 1	72 $\pm$ 1	70 $\pm$ 11

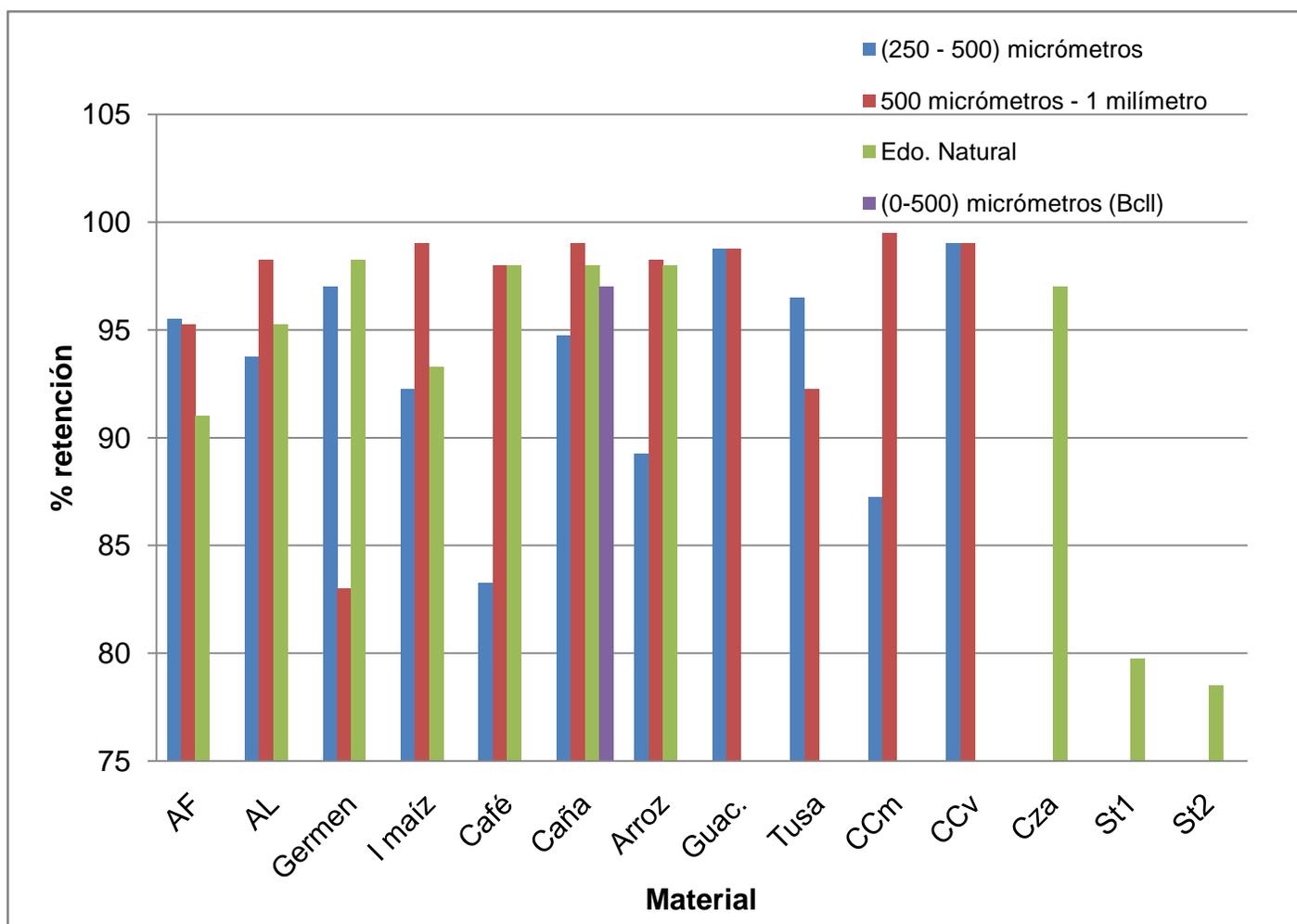
**Tabla 22.** Porcentaje de retención del hidrocarburo (aceite) con cada uno de los materiales sorbentes en su estado natural.

<b>Sorbente</b>	<b>% Réplica 1</b>	<b>% Réplica 2</b>	<b>% Réplica 3</b>	<b>% Réplica 4</b>	<b>% Promedio de retención</b>
<b>AF</b>	52,4 ± 0,5	53,4 ± 0,5	50,7 ± 0,5	44,2 ± 0,4	50 ± 4
<b>AL</b>	48,9 ± 0,5	47,9 ± 0,5	48,8 ± 0,5	44,7 ± 0,4	48 ± 2
<b>Germen</b>	49,8 ± 0,5	52,4 ± 0,5	58 ± 1	59 ± 1	55 ± 4
<b>I maíz</b>	38,6 ± 0,4	52,6 ± 0,5	39,9 ± 0,4	45,0 ± 0,4	44 ± 6
<b>Café</b>	54,4 ± 0,5	57 ± 1	53,4 ± 0,5	53,7 ± 0,5	55 ± 2
<b>Caña</b>	47,2 ± 0,5	53,4 ± 0,5	49,3 ± 0,5	51,2 ± 0,5	50 ± 3
<b>Arroz</b>	47,5 ± 0,5	49,2 ± 0,5	43,2 ± 0,4	43,2 ± 0,4	46 ± 3
<b>BcII</b>	78 ± 1	76 ± 1	71 ± 1	73 ± 1	75 ± 3
<b>Cza</b>	60 ± 1	64 ± 1	61 ± 1	61 ± 1	62 ± 2
<b>St1</b>	55 ± 1	54,3 ± 0,5	60 ± 1	56 ± 1	56 ± 3
<b>St2</b>	62 ± 1	63 ± 1	76 ± 1	70 ± 1	68 ± 7

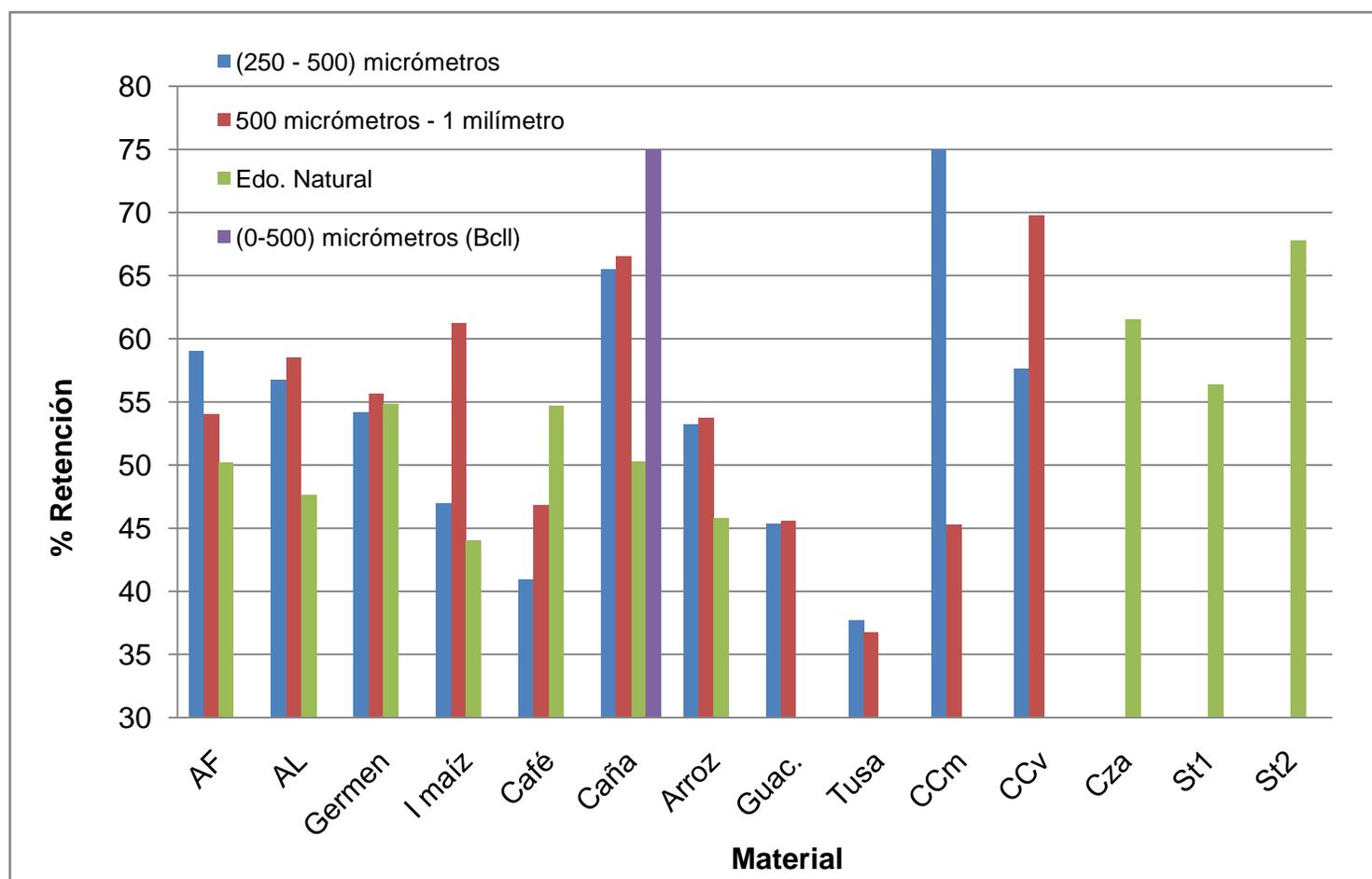
**Gráfico 13.** Porcentaje de hidrocarburo retenido (gasolina) por cada material en los diferentes tamaños de partícula durante 30 minutos.



**Gráfico 14.** Porcentaje de hidrocarburo retenido (gasoil) por cada material en los diferentes tamaños de partícula durante 30 minutos.



**Gráfico 15.** Porcentaje de hidrocarburo retenido (gasolina) por cada material en los diferentes tamaños de partícula durante 30 minutos.



En términos generales se pudo observar que de todos los sustratos probados el residuo que mostró una mayor capacidad de sorción significativa, comparable con los materiales sintéticos probados, fue el bagazo de caña de azúcar en sus diferentes tamaños de partícula, incluyendo el bagacillo que es el mismo bagazo de caña de azúcar pero con diferente tamaño de partícula. Es por esto que, a pesar de haber medido el bagacillo solamente en su estado natural para modo de discusión y comparación, este residuo lo tomaremos en cuenta como bagazo de caña de azúcar con tamaño de partícula entre  $0\mu\text{m} - 500\mu\text{m}$ .

Otros residuos, como la concha de coco tanto verde como marrón, la tusa del maíz y la cascarilla de arroz, mostraron una capacidad de sorción un poco mayor a un gramo de hidrocarburo por gramo de material sorbente y en algunos casos este valor llegó a ser hasta 6 gramos de hidrocarburo por gramo de material sorbente. Los residuos provenientes de la impureza de maíz, germen de maíz desgrasado, concha de guacuco, arena lavada y arena fina mostraron una capacidad de sorción muy pobre en comparación con los otros materiales.

En primera instancia se podía intuir que algunos residuos, como es el caso de las arenas, obtendrían este resultado ya que, debido a su composición química (en su mayoría silicatos), tienen muy poca tendencia a retener líquidos; sin embargo, este material, a pesar de no ser un residuo y conocer sus características, debió ser probado para compararlo con los demás materiales, principalmente porque es lo que comúnmente se usa en operaciones de limpieza de derrames.

En todos los resultados la capacidad de sorción de los materiales se presenta como gramo de hidrocarburo sorbido por gramo de sorbente seco. En los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas utilizando gasolina como líquido a sorber, se tiene que la tendencia de sorción del material fino (tamaño de partícula  $250-500\mu\text{m}$ ) correspondió a: caña de azúcar > tusa de maíz > cascarilla de arroz > concha de café > concha de coco verde > concha de coco marrón > impureza de maíz > germen de maíz

desgrasado > arena fina > arena lavada > concha de guacuco, siendo la capacidad de sorción máxima ( $t = 0$  segundos) del bagazo de caña de azúcar  $7,2 \pm 0,2$  g/g.

Para el material grueso (tamaño de partícula  $500\mu\text{m}$ - $1\text{mm}$ ), la tendencia de capacidad de sorción que mostraron los materiales fue la siguiente: caña de azúcar > tusa de maíz > cascarilla de arroz > concha de café > germen de maíz desgrasado > concha de coco verde > concha de coco marrón > impureza de maíz > arena fina > arena lavada > concha de guacuco, siendo la capacidad de sorción del bagazo de caña de azúcar  $3,3 \pm 0,2$  g/g.

Finalmente, para los materiales en su estado natural, la tendencia fue: material sintético (1) > material sintético (2) > bagazo de caña de azúcar > ceniza de caña de azúcar > cascarilla de arroz > concha de café > germen de maíz desgrasado > impureza de maíz > arena fina > arena lavada; la capacidad de sorción máxima correspondió en este caso a los materiales sintéticos,  $11 \pm 1$  g/g para el material sintético (1),  $8,2 \pm 1$  g/g para el material sintético (2) y  $8,7 \pm 0,1$  g/g para el bagacillo (bagazo de caña de azúcar  $0$ - $500\mu\text{m}$ ) como residuo.

Mediante los valores obtenidos (tabla 16, 28,40, gráfico 4) se pudo observar para todas las muestras estudiadas que mientras menor es el tamaño de partícula mayor es la capacidad de sorción, lo cual se debe al principio de que mientras menor es el tamaño de partícula mayor será la superficie de contacto de la muestra, por esta razón se espera que la sorción sea mayor cuando se trabaja con material particulado más pequeño.

En el caso particular del bagazo de caña de azúcar, que fue el material de origen residual que presento mayor capacidad de sorción al ser tratado con gasolina, se observo que esta tendencia no se sigue para la muestra de tamaño de partícula  $500\mu\text{m}$ - $1\text{mm}$  la cual debería presentar mayor capacidad de sorción que la muestra en su estado natural (gráfico 4), esta tendencia también se observó para las muestras de bagazo de caña de azúcar tratadas con gasoil y aceite.

Esto pudo presentarse debido a que la muestra en su estado natural no es exclusivamente de un solo tamaño, sino que varía el rango desde partículas menores a 250  $\mu\text{m}$  y mayores a 1mm de tamaño; de hecho, para realizar el análisis granulométrico de esta muestra, no fue necesario molerla ya que gran parte de ella estaba formada de partículas pequeñas; en base a lo mencionado, se puede inferir que la mayor sorción del bagazo, en su estado natural en comparación con la muestra tamizada de tamaño de partícula de 500  $\mu\text{m}$ -1mm, se debió a que poseía una gran cantidad de muestra de tamaño de partícula pequeño.

En los resultados obtenidos al calcular la capacidad de sorción de los materiales en función del tiempo, el líquido perdido por la muestra para el caso de la gasolina no fue consecuencia del escurrimiento del mismo, sino de la alta volatilidad de éste hidrocarburo por lo que se evaporaba a medida que transcurría el tiempo; es por esta razón que en las medidas se obtuvieron resultados con errores tan grandes ya que era difícil controlar esta variable.

En cuanto a las pruebas realizadas usando gasoil como sustrato la tendencia de capacidad de sorción de los materiales observada fue la siguiente: en el material fino la capacidad de sorción varió en el siguiente orden: bagazo de caña de azúcar > tusa de maíz > concha de coco verde > cascarilla de arroz > concha de café > concha de coco marrón > germen de maíz desgrasado > impureza de maíz > arena fina > arena lavada > concha de guacuco, siendo la capacidad de sorción máxima del bagazo de caña de azúcar  $10,3 \pm 0,2$  g/g.

En el caso del material grueso, la tendencia observada fue: bagazo de caña de azúcar > cascarilla de arroz > concha de coco verde > tusa de maíz > concha de café > germen de maíz desgrasado > impureza de maíz > concha de coco marrón > concha de guacuco > arena fina > arena lavada y la capacidad máxima de sorción del bagazo fue:  $5 \pm 1$  g/g.

Para el material en su estado natural la tendencia observada fue la siguiente: material sintético (1) > bagazo de caña de azúcar > material sintético (2) > cascarilla de arroz > ceniza de caña de azúcar > concha de café > germen de maíz desgrasado > impureza de maíz > arena fina > arena lavada, siendo la capacidad de sorción máxima para cada material de: material sintético (1)  $17,7 \pm 0,5$ g/g, para el bagazo de caña de azúcar como bagacillo:  $10,1 \pm 0,4$  y para el material sintético (2)  $9,5 \pm 0,2$  g/g.

En este caso, donde se utilizó gasoil como sustrato se pudo observar que el líquido a medida que transcurría el tiempo se mantuvo retenido en una gran proporción; cabe destacar que el gasoil es muy poco volátil en comparación a la gasolina (gráfico 5,6,7). Una observación muy importante y notable con este sustrato utilizado es que al utilizar materiales de origen residual, ya sean muy buenos sorbentes o no, retienen casi al 100% el líquido que recogen a medida que transcurre el tiempo, a diferencia de los materiales de tipo sintético que a medida que avanza el tiempo ellos van perdiendo el líquido recogido.

Vale destacar que, a diferencia de la gasolina, el gasoil es un compuesto mucho menos volátil con mayor densidad y viscosidad. Al comparar la capacidad de sorción medida para cada uno de los materiales en los diferentes tamaños de partícula (gráfico 8) se observa la misma tendencia que las medidas realizadas utilizando gasolina como sustrato; es importante destacar que el bagazo de caña de azúcar mostró mayor capacidad sorción que el material sintético (2) además de que el líquido retenido no se escapó del material a diferencia del material sintético donde esto si ocurre.

En los análisis realizados con aceite como sustrato, la tendencia observada de la capacidad de sorción de los materiales fue la siguiente: en el material fino: bagazo de caña de azúcar > concha de coco verde > tusa de maíz > cascarilla de arroz > concha de café > concha de coco marrón > germen de maíz desgrasado > impureza de maíz > arena fina > concha de guacuco arena lavada, siendo la capacidad de sorción máxima del bagazo de caña de azúcar  $13,3 \pm 0,5$  g/g.

En el caso del material grueso la tendencia observada fue: bagazo de caña de azúcar > concha de coco verde > tusa de maíz > cascarilla de arroz > concha de café > germen de maíz desgrasado > impureza de maíz > concha de coco marrón > arena fina > arena lavada > concha de guacuco, la capacidad máxima de sorción del bagazo fue:  $12,7 \pm 0,5$  g/g.

Para el material en su estado natural la tendencia observada fue la siguiente: material sintético (1) > material sintético (2) > bagazo de caña de azúcar > cascarilla de arroz > ceniza de caña de azúcar > concha de café > germen de maíz desgrasado > impureza de maíz > arena fina > arena lavada, siendo la capacidad de sorción máxima para cada material de: material sintético (1)  $35 \pm 1$  g/g, para el bagazo de caña de azúcar  $13,4 \pm 0,5$  y para el material sintético (2)  $18 \pm 1$  g/g. Estos datos reflejan el gran potencial como material sorbente de los residuos provenientes del bagazo de caña de azúcar.

Para las pruebas realizadas con aceite como sustrato se observó una gran variación en la capacidad de sorción para cada uno de los materiales a medida que transcurría el tiempo; esto se debió a que la muestra drenaba constantemente el aceite que no era retenido por el material. Adicionalmente el aceite, como líquido escasamente volátil y más viscoso que los utilizados en las pruebas anteriores, permitió observar que la variación de tamaño de partícula no tuvo un gran efecto en cuanto a la cantidad de líquido retenido tal como se obtuvo en los resultados presentados por Ortiz <sup>[3]</sup>.

En las experiencias realizadas con los distintos sustratos se obtuvo que, a medida que se aumentaba la viscosidad del hidrocarburo, la capacidad de sorción de material era mucho mayor. Según Teas <sup>[1]</sup> esto ocurre porque se reduce la velocidad de sorción en los poros y capilares de los materiales, lo cual aumenta la adhesión en la superficie del material y dentro de los poros durante el drenaje, ocurriendo lo contrario en hidrocarburos de baja viscosidad.

En el gráfico 13, donde se representa el porcentaje de hidrocarburo retenido, en este caso gasolina, se puede observar que todas las muestras retienen menos del 85% a medida que transcurre el tiempo determinado (30 minutos), lo que significa que el restante 15% o más se ha volatilizado ya que se trató de gasolina como sustrato; también se puede observar, en el caso del bagazo de caña de azúcar, que fue el material de origen residual que presentó mayor capacidad de sorción, que las muestras de menor tamaño de partícula presentaron un mayor porcentaje de retención de hidrocarburo en comparación con las muestras de mayor tamaño.

Con respecto a los materiales sintéticos, el porcentaje de retención del bagazo fue mayor que el de los sintéticos:  $83 \pm 3\%$  para material particulado de tamaño (0-500) $\mu\text{m}$ ,  $78 \pm 1\%$  para material particulado de tamaño (250-500) $\mu\text{m}$ ,  $64 \pm 1\%$  para material particulado de tamaño 500 $\mu\text{m}$ -1mm y  $66 \pm 6\%$  para el material en su estado natural, comparado con los materiales sintéticos:  $53 \pm 4\%$  material sintético (1) y  $55 \pm 6\%$  retenido del material sintético (2).

Con estos resultados se puede decir que, a pesar de que los materiales sintéticos poseen una mayor capacidad de sorción en comparación con los materiales residuales, al momento de la recolección del líquido (la cual no se hace instantáneamente sino en un tiempo determinado, ya que este proceso lleva todo un protocolo para poderse realizar.) esta capacidad de sorción entre ambos sorbentes puede llegar a ser similar, debido a que el sorbente sintético puede perder hasta 20% o más del líquido sorbido, a diferencia del material residual que pierde una menor cantidad de líquido, haciendo que la capacidad de sorción en el transcurso de un determinado tiempo pudiesen llegar a ser iguales o parecidas

En el gráfico 14 se puede observar que la mayoría de los materiales estudiados retienen entre 90 y 100% de gasoil, exceptuando los materiales de origen sintético que retienen una menor cantidad. El bagazo de caña de azúcar, el cual fue el material que presentó una mayor capacidad de sorción, reportó un porcentaje de retención de:

97±1% para material particulado de tamaño (0-500)µm, 87 ± 8% para material particulado de tamaño (250-500)µm, 100 ± 1% para material particulado de tamaño 500µm-1mm y 98 ± 2% para el material en su estado natural, comparado con los materiales sintéticos: 80 ± 7% material sintético (1) y 79 ± 2% retenido del material sintético (2).

De igual manera que en el caso anterior, donde se utilizó gasolina como sustrato, se obtiene que el material sintético se retiene en menor porcentaje, lo que implica una ventaja para el uso del bagazo como material para el tratamiento de derrames, como se expuso anteriormente. En este caso se presenta lo contrario que para el caso de partícula en cuanto a la retención del material, es decir, se retiene en mayor porcentaje el material de tamaño grueso y en menor porcentaje el material de tamaño fino.

En el grafico 15, donde se estudia el porcentaje de hidrocarburo sorbido (aceite de motor) para cada uno de los materiales, se sigue la misma tendencia que en los resultados obtenidos para los ensayos realizados con gasolina como sustrato, ya que se retiene en mayor proporción los materiales de menor tamaño y en un menor porcentaje los materiales de mayor tamaño de partícula; en este caso el material sólo retiene menos del 75 % del líquido sorbido en un periodo de tiempo de 30 minutos, comparándose con el porcentaje de retención de los materiales sintéticos.

Siguiendo la tendencia de los resultados expuestos anteriormente, el bagazo de caña de azúcar fue el material que presentó una mayor capacidad de sorción, reportando un porcentaje de retención de: 75 ± 3 % para material particulado de tamaño (0-500)µm, 75 ± 2% para material particulado de tamaño (250-500)µm, 45 ± 5% para material particulado de tamaño 500µm-1mm y 50 ± 3 % para el material en su estado natural, comparado con los materiales sintéticos: 56 ± 3% material sintético (1) y 68 ± 7% retenido del material sintético (2). De igual manera que en los casos anteriores, se obtuvo que el material sintético se retiene en menor porcentaje, pero en esta ocasión la diferencia no es tan notoria como en los expuestos anteriormente.

Para poder explicar el porqué en algunos materiales se retiene en mayor porcentaje el material de tamaño fino y en otros el de tamaño grueso, deben realizarse estudios de análisis químico y fisicoquímico que den a conocer cómo están constituidos los átomos o moléculas presentes en el material, y como interaccionan estos con cada uno de los sustratos, además, de conocer el área superficial de cada material y así saber el efecto que tienen estos parámetros en la capacidad de sorción y el porcentaje de retención de cada uno de ellos.

Como se pudo apreciar en los resultados, el material de residuo que mostró una mayor capacidad de sorción con los tres sustratos probados fue el proveniente del procesamiento de la caña de azúcar: el bagazo de caña de azúcar y a su vez el bagacillo, ya que este es el mismo bagazo de caña de azúcar y es generado por la misma industria.

En cuanto al análisis de comparación de costo, sólo se realizó para el bagazo de caña de azúcar, ya que fue el material de origen residual que presentó una capacidad de sorción superior en cuanto a los demás materiales probados y, además, fue comparable con los materiales sorbentes experimentados. En la siguiente tabla se presenta la cantidad en toneladas que se generan en la planta diariamente, provenientes del bagazo de caña de azúcar, así como el costo que implica el tratado del mismo.

**Tabla 23.** Cantidad y costo de residuos provenientes del bagazo de caña de azúcar generados al año

Residuos totales generados en la planta por día*	640,32 ton
Residuos generados por bagazo diarios*	523,7 ton
Costo por eliminación de residuos diarios*	Bsf. 2800
Costo por eliminación de bagazo diario*	Bsf. 2290,0425

\* Datos obtenidos mediante entrevista realizada en la planta. (Anexo 3)

Según la entrevista realizada a la planta donde se generan estos residuos (anexo 3) se pudo conocer que la empresa reutiliza los mismos quemando el bagazo para la generación de energía en calderas bagaceras y de aquí se obtiene la ceniza; dichos residuos también son usados para la obtención de abono orgánico (FERBIPLANT) a base de cachaza, cenizas, tierra y bagacillo.

Sin embargo, para poder reutilizar estos materiales deben ser tratados previamente, lo cual genera un costo adicional; en este caso la empresa gasta aproximadamente Bsf. 2800 diarios para poder tratar los residuos generados. La empresa genera diariamente 523,7 toneladas de bagazo, lo que implica un costo de Bsf. 2290,0425 para poder eliminarlos.

Una manera de abaratar los precios sería la reutilización de este material de otra manera, en este caso como materiales sorbentes los cuales, como se mostró en los

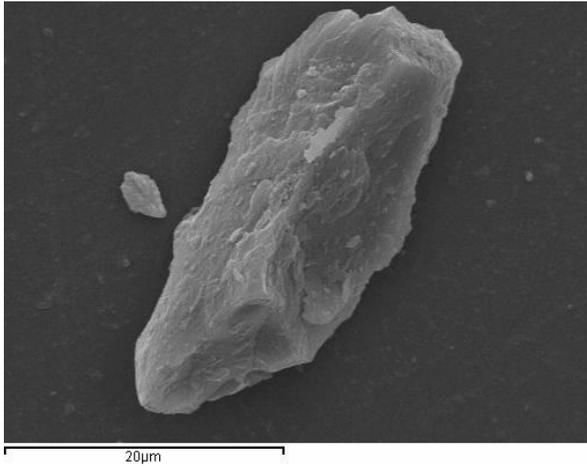
resultados es efectivo, no tóxico, liviano, de baja densidad, fácil de manejar, posee capacidad de reutilización ya que es un material natural orgánico, y es económico ya que no cuesta nada obtenerlo. A diferencia de un material sintético que tienen un precio elevado: sorbente sintético (1): Bsf.1.464,55; sorbente sintético (2): Bsf.1.1922,70, son difíciles de reutilizar y de no poderse hacer esto, al momento de ser utilizados se convierten en un desecho peligroso ya que van a estar almacenados conteniendo el líquido que recogió que representará un peligro constante.

Luego de haber conseguido cuál resultó ser el material sorbente más eficaz y económico, bagazo de caña de azúcar, se realizaron análisis mediante la técnica de microscopia electrónica de barrido (MEB) para conocer un poco sobre las características morfológicas de las muestras y de alguna manera poder indagar sobre los resultados obtenidos mediante las pruebas.

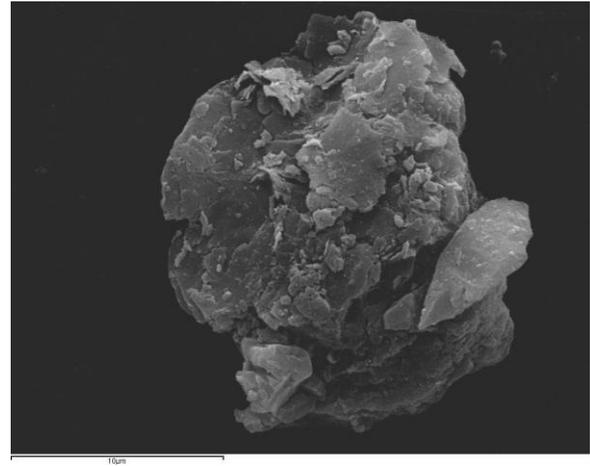
El microscopio electrónico de barrido con el que se realizaron los análisis era marca Philips 505, trabaja con filamento de tungsteno, tiene un detector de electrones dopado con litio y posee adaptado un sistema de digitalización de imagen marca Oxford, para la toma de imágenes el equipo trabaja con fibras ópticas. Las condiciones de operación del equipo fueron 20KW, y las imágenes fueron tomadas con un aumento de 4200x equivalente a 10 $\mu$ m y 27320x equivalente a 20 $\mu$ m.

Las imágenes obtenidas mediante esta técnica se presentan a continuación:

**Imagen 1.** Arena fina vista por microscopía electrónica de barrido

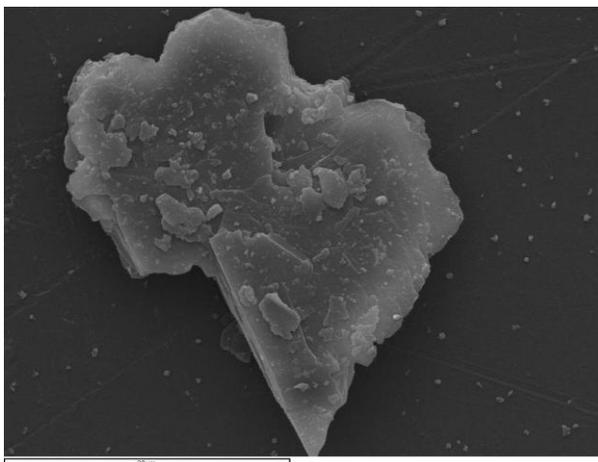


**Imagen 1.a.** Resolución: 20µm

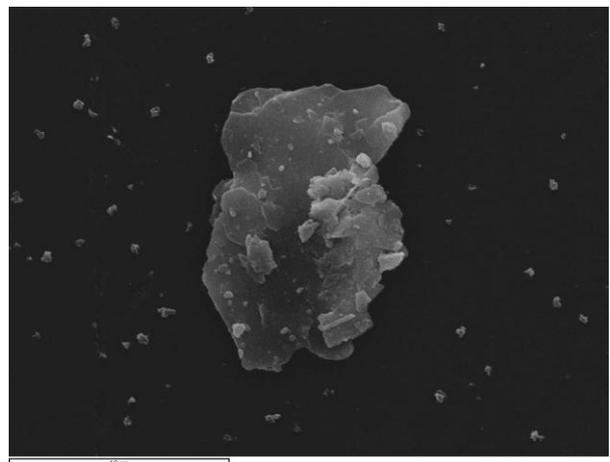


**Imagen 1.b.** Resolución 10µm

**Imagen 2.** Arena lavada vista por microscopía electrónica de barrido

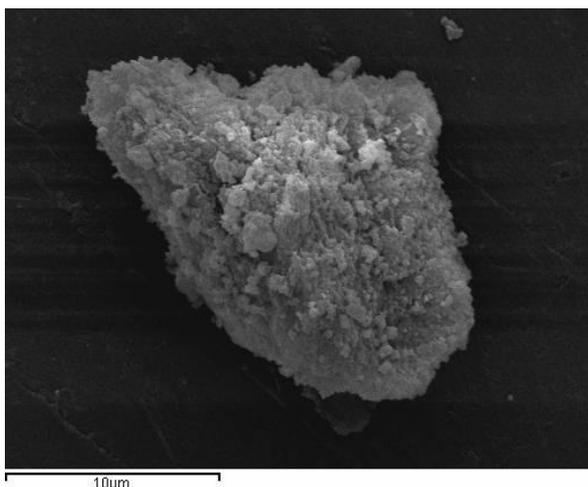


**Imagen 2.a.** Resolución: 20µm

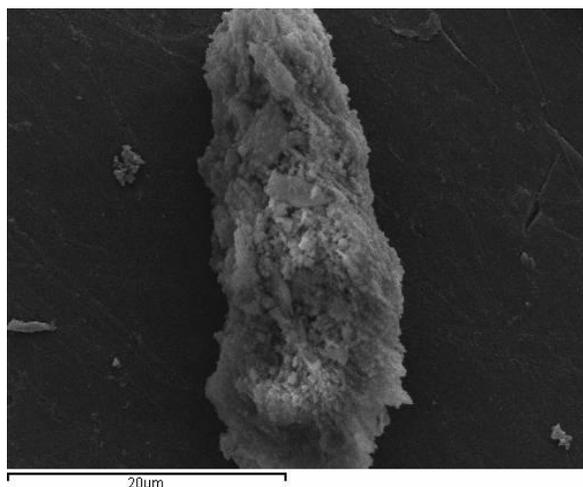


**Imagen 2.b.** Resolución: 10µm

**Imagen 3.** Concha de guacuco vista por microscopía electrónica de barrido

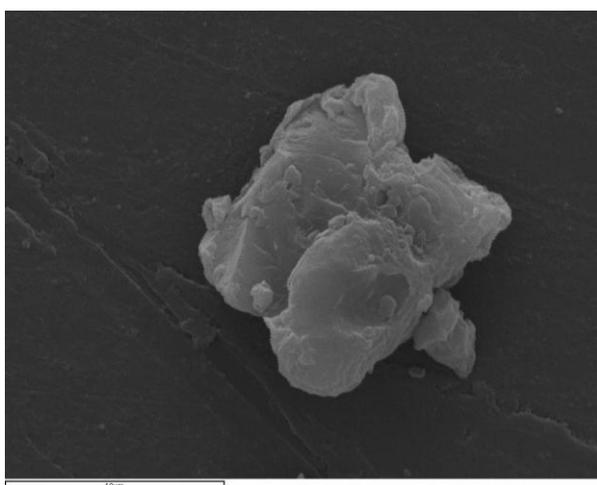


**Imagen 3.a.** Resolución: 10µm

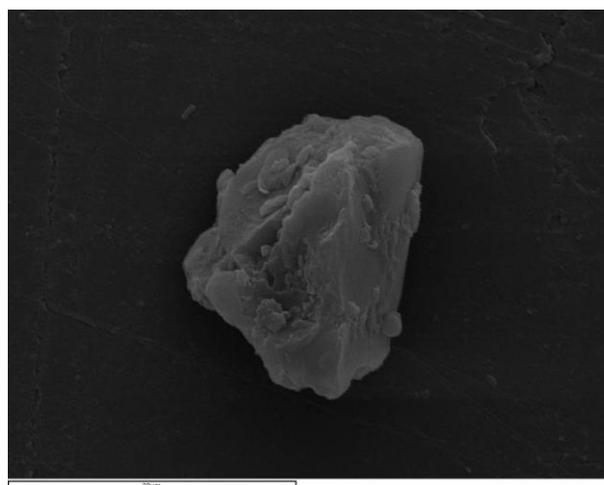


**Imagen 3.b.** Resolución: 20µm

**Imagen 4.** Germen de maíz desgrasado visto por microscopía electrónica de barrido

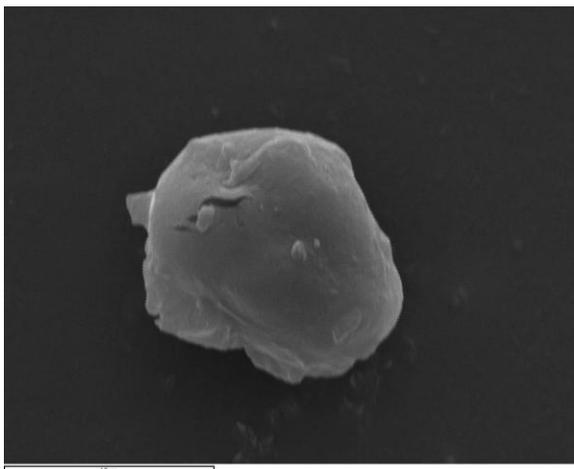


**Imagen 4.a.** Resolución: 10µm

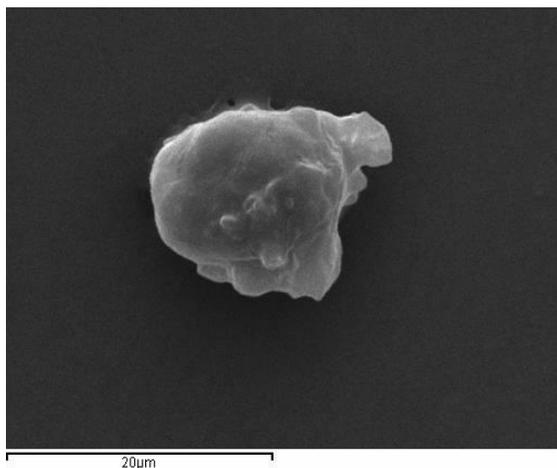


**Imagen 4.b.** Resolución: 20µm

**Imagen 5.** Impureza de maíz vista por microscopía electrónica de barrido

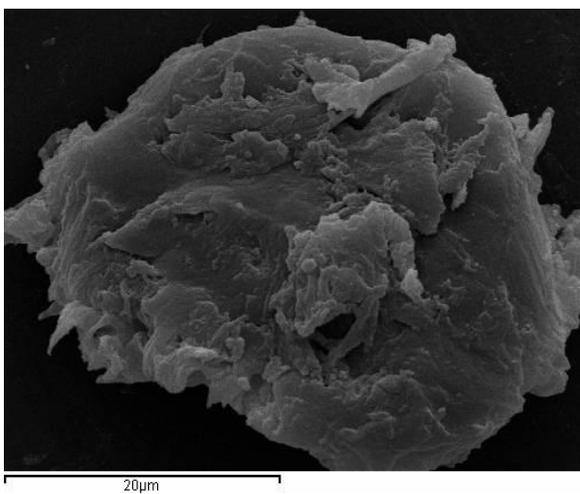


**Imagen 5.a.** Resolución: 10µm

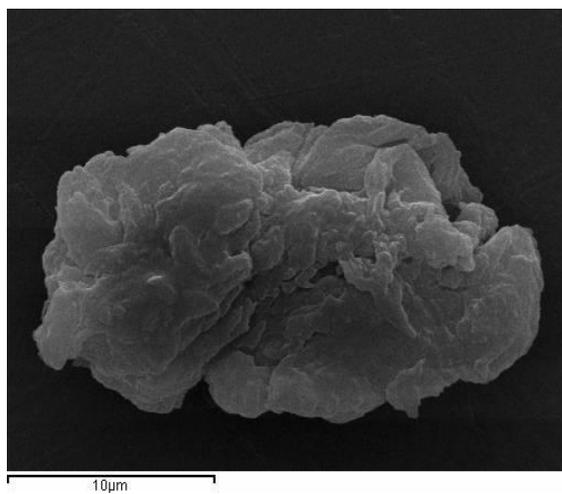


**Imagen 5.b.** Resolución: 20µm

**Imagen 6.** Tuza de maíz vista por microscopía electrónica de barrido

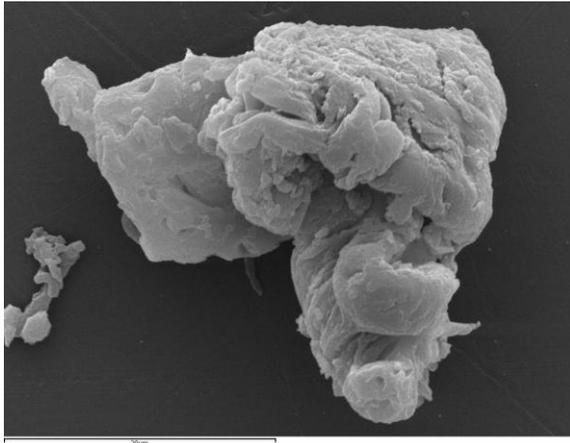


**Imagen 6.a.** Resolución: 20µm

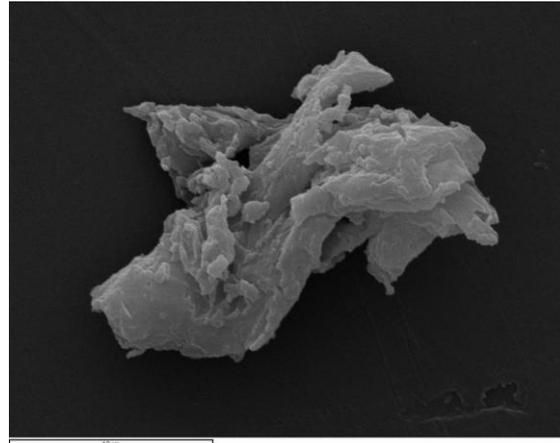


**Imagen 6.b.** Resolución: 10µm

**Imagen 7.** Concha de café vista por microscopía electrónica de barrido

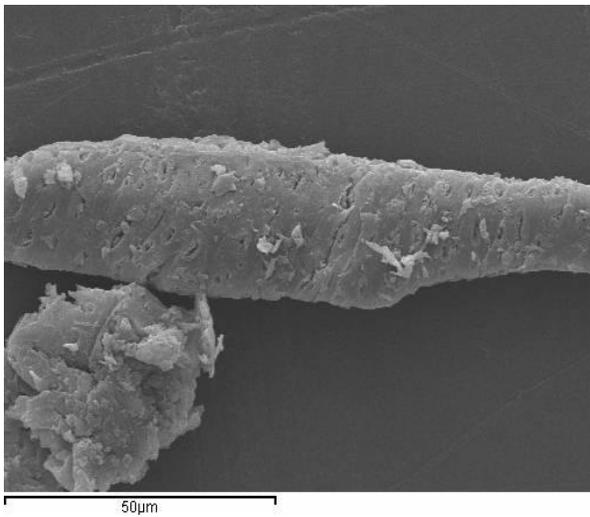


**Imagen 7.a.** Resolución: 20µm

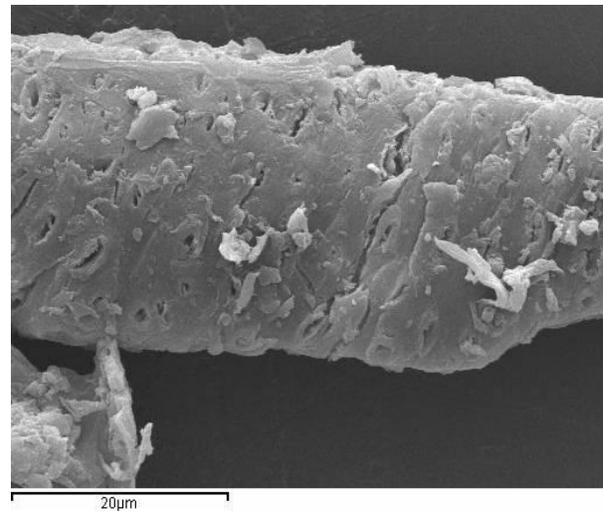


**Imagen 7.b.** Resolución: 10µm

**Imagen 8.** Concha de coco marrón vista por microscopía electrónica de barrido

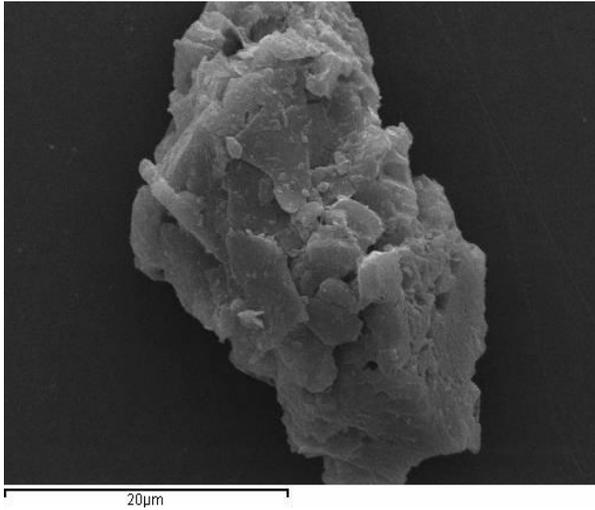


**Imagen 8.a.** Resolución: 50µm

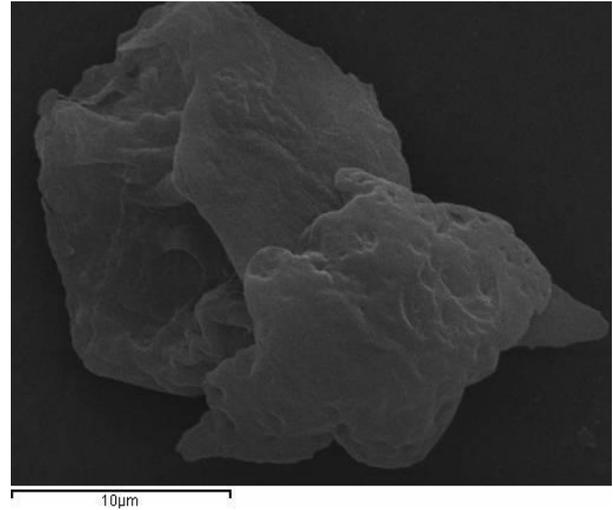


**Imagen 8.b.** Resolución: 20µm

**Imagen 9.** Concha de coco verde vista por microscopía electrónica de barrido

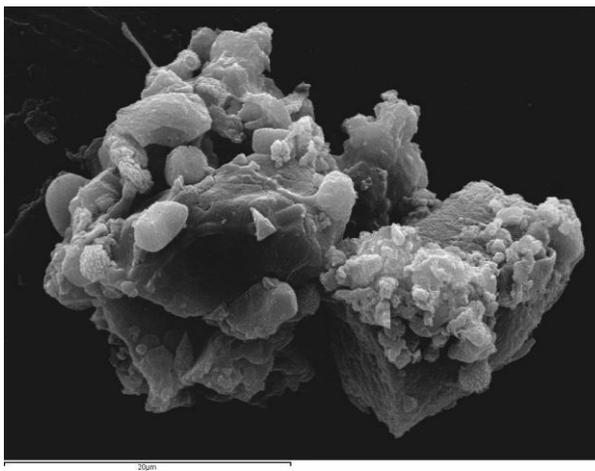


**Imagen 9.a.** Resolución: 20µm

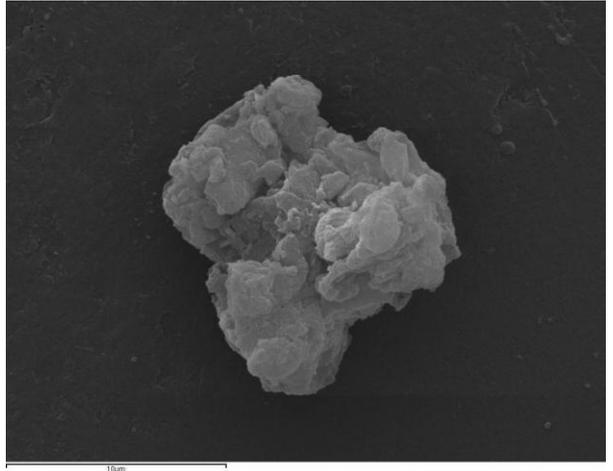


**Imagen 9.b.** Resolución: 10µm

**Imagen 10.** Cascarilla de arroz vista por microscopía electrónica de barrido

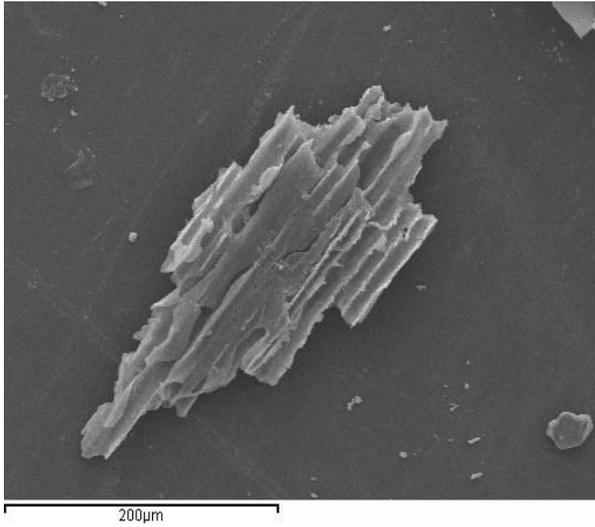


**Imagen 10.a.** Resolución: 20µm

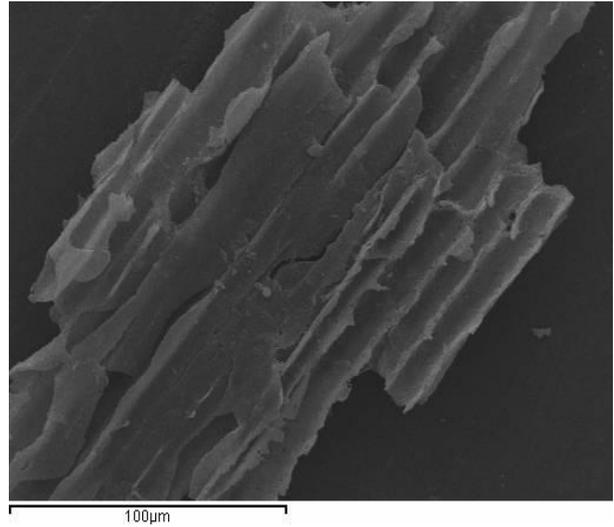


**Imagen 10.b.** Resolución: 10µm

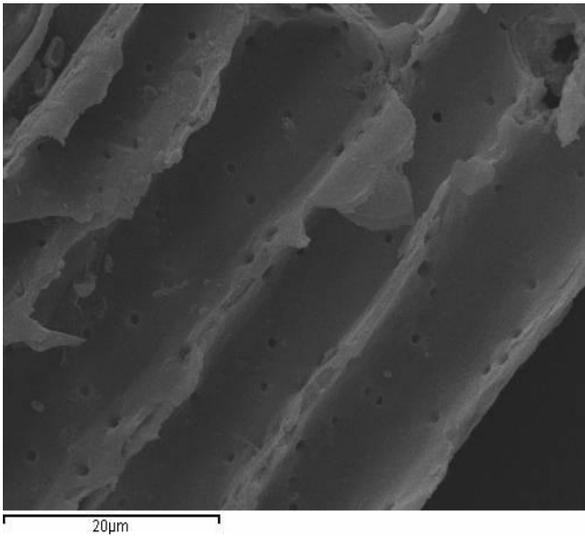
**Imagen 11.** Bagazo de caña de azúcar visto por microscopía electrónica de barrido



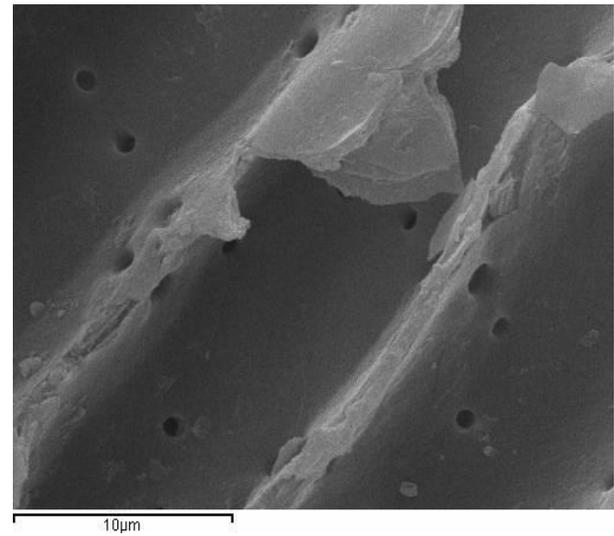
**Imagen 11.a.** Resolución: 200µm



**Imagen 11.b.** Resolución: 100µm

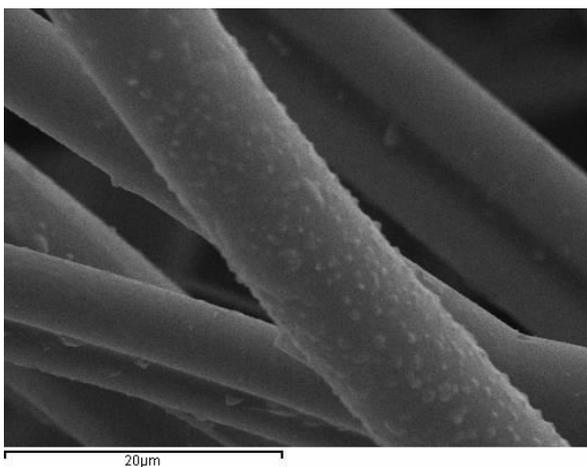


**Imagen 11.c.** Resolución: 20µm

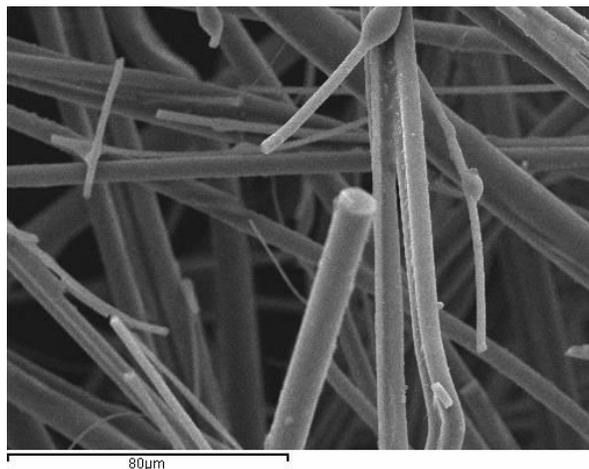


**Imagen 11.d.** Resolución: 10µm

**Imagen 12.** Sorbente sintético (1) visto por microscopía electrónica de barrido

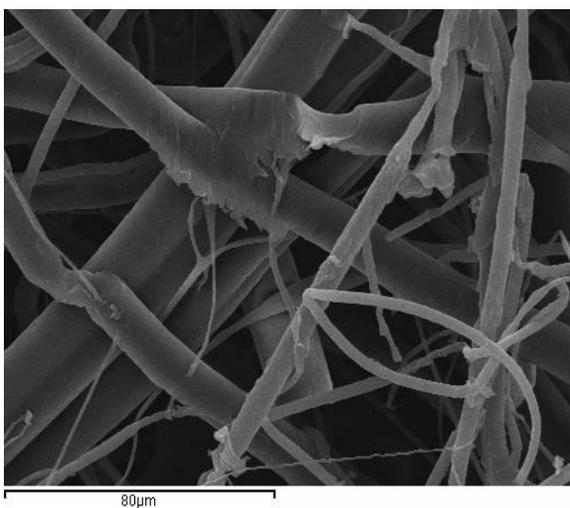


**Imagen 12.a.** Resolución: 20µm

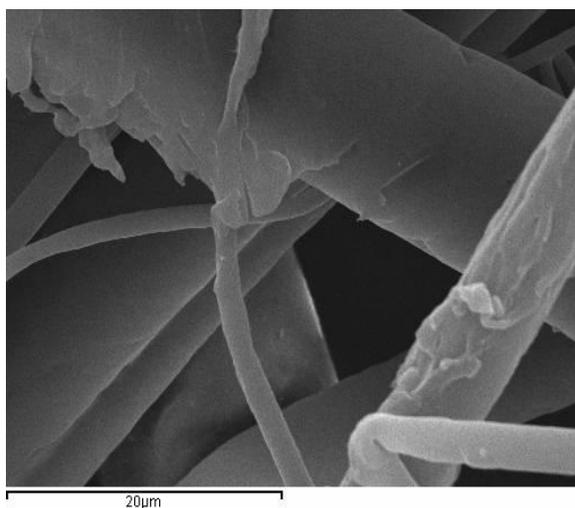


**Imagen 12.b.** Resolución: 80µm

**Imagen 13.** Sorbente sintético (2) visto por microscopía electrónica de barrido



**Imagen 13.a.** Resolución: 80µm



**Imagen 13.b.** Resolución: 20µm

Mediante estos resultados se puede conocer que algunos materiales podrían poseer características de sorbentes sin necesidad de hacer pruebas previas, ya que conociendo la morfología del material se puede ver como es su estructura, si posee superficies rugosas, poros o capilares que puedan retener líquido.

En la figuras 1, 2 y 4, las cuales corresponden a la arena fina, arena lavada y germen de maíz desgrasado respectivamente, se puede observar una estructura similar para ambas, una superficie bastante lisa por capas, debido a esto se puede atribuir la baja capacidad de sorción del material, ya que el material no logra adherirse o retenerse a la superficie completamente.

En estas imágenes y en la mayoría de las imágenes tomadas, se ve una especie de aglomerado de partículas sobre el material, esto no quiere decir que el material sea rugoso o algo parecido, sino que quedaron partícula aglomeradas en la superficie que no pudieron separarse.

La concha de guacuco tiene una estructura bastante peculiar ya que presenta mucha rugosidad, a pesar de esto este material presento muy baja capacidad de sorción mediante las pruebas realizas, y esto es razonable, ya que con la cocha de guacuco está constituida principalmente de arenas que a su vez están constituidas de silicatos y estos materiales presentan una baja capacidad de sorción. Por otro lado, la figura 5, correspondiente a la impureza de maíz, presenta una partícula de forma ovalada y bastante lisa, por lo que se puede explicar el porque este material presentó una capacidad de sorción bastante baja y fue poco retenido.

La figura 6, 7 y 10 correspondientes a la tusa de maíz, concha de café y cascarilla de arroz respectivamente, presentan una morfología similar: superficie bastante rugosa y compuesta por capas a esto puede atribuirse la sorción de los hidrocarburos en este material; cabe destacar que a pesar de que estos materiales no mostraron una capacidad de sorción grande, comparada con los materiales sintéticos,

al comparar solamente los residuos estos tres materiales mostraron una capacidad de sorción un poco alta.

En el caso de la concha de coco marrón (endocarpio), figura 8, también se observan pequeños poros en la estructura lo que explica la sorción de este material, pero a diferencia del bagazo en este caso la estructura lo que hace es hincharse por dentro y por ser una estructura dura este fenómeno no se logra con facilidad por lo que se observa la baja capacidad de sorción de este material.

En la imagen 7 correspondiente a la concha de coco verde (mesocarpio) se observa una estructura similar a las de la figuras 6, 7 y 10; la única diferencia es que según la bibliografía publicada por Ortiz <sup>[3]</sup> este material debería presentar poros definidos y en esta imagen no se observan muy bien, aunque en la imagen 9.b se logra observar algunos poros muy pequeños y poco definidos.

La imagen 11 corresponde a la morfología observada para el bagazo de caña de azúcar donde se puede observar una gran cantidad de poros y haces conductores (pequeños tubos) que son útiles para el flujo del hidrocarburo por capilaridad, al igual que para retenerlo por adhesión <sup>[3]</sup>.

Las imágenes 12 y 13 muestran la morfología de los materiales sorbentes sintéticos en estas imágenes se puede observar que estos materiales están compuestos por capilares que al sorber el líquido se hinchan en el caso del sorbente (1) (imagen 12.a) se pueden observar poros lo que explica además de por qué este material posea una alta capacidad de sorción.

Estos análisis sólo muestran la morfología de los materiales, por lo que no se puede saber a ciencia exacta como interactúan cada uno ellos con el hidrocarburo. Para ello se deberían realizar análisis más profundos, como análisis químicos y fisicoquímicos, con el objetivo de conocer qué relación puede existir entre el material y el sustrato.

## CONCLUSIONES

1. Se encontró que, de los materiales de origen residual y natural evaluados, el que presentó mejores resultados en los tres sustratos probados (gasolina, gasoil y aceite de motor) fue el bagazo de caña de azúcar, el cual inclusive mostró mayor capacidad de sorción que uno de los materiales sintéticos evaluados.

2. Los resultados indicaron que la pérdida de hidrocarburo en el tiempo de todos los materiales muestra la misma tendencia decreciente, independientemente del tamaño de partícula que se use.

3. La capacidad de sorción para los materiales probados de tamaño de partícula (250-500) $\mu\text{m}$  con gasolina correspondió a: caña de azúcar > tusa de maíz > cascarilla de arroz > concha de café > concha de coco verde > concha de coco marrón > impureza de maíz > germen de maíz desgrasado > arena fina > arena lavada > concha de guacuco.

4. La capacidad de sorción para los materiales probados de tamaño de partícula 500 $\mu\text{m}$ -1mm con gasolina correspondió a: caña de azúcar > tusa de maíz > cascarilla de arroz > concha de café > germen de maíz desgrasado > concha de coco verde > concha de coco marrón > impureza de maíz > arena fina > arena lavada > concha de guacuco.

5. La capacidad de sorción para los materiales probados en su estado natural con gasolina correspondió a: material sintético (1) > material sintético (2) > bagazo de caña de azúcar > ceniza de caña de azúcar > cascarilla de arroz > concha de café > germen de maíz desgrasado > impureza de maíz > arena fina > arena lavada.

6. La capacidad de sorción para los materiales probados de tamaño de partícula (250-500) $\mu\text{m}$  con gasoil correspondió a: bagazo de caña de azúcar > tusa de maíz > concha de coco verde > cascarilla de arroz > concha de café > concha de coco marrón > germen de maíz desgrasado > impureza de maíz > arena fina > arena lavada > concha de guacuco.

7. La capacidad de sorción para los materiales probados de tamaño de partícula 500 $\mu\text{m}$ -1mm con gasoil correspondió a: bagazo de caña de azúcar > cascarilla de arroz > concha de coco verde > tusa de maíz > concha de café > germen de maíz desgrasado > impureza de maíz > concha de coco marrón > concha de guacuco > arena fina > arena lavada.

8. La capacidad de sorción para los materiales probados en su estado natural con gasoil correspondió a: material sintético (1) > bagazo de caña de azúcar > material sintético (2) > cascarilla de arroz > ceniza de caña de azúcar > concha de café > germen de maíz desgrasado > impureza de maíz > arena fina > arena lavada.

9. La capacidad de sorción para los materiales probados de tamaño de partícula (250-500) $\mu\text{m}$  con aceite correspondió a: bagazo de caña de azúcar > concha de coco verde > tusa de maíz > cascarilla de arroz > concha de café > concha de coco marrón > germen de maíz desgrasado > impureza de maíz > arena fina > concha de guacuco arena lavada.

10. La capacidad de sorción para los materiales probados de tamaño de partícula 500 $\mu\text{m}$ -1mm con aceite correspondió a: bagazo de caña de azúcar > concha de coco verde > tusa de maíz > cascarilla de arroz > concha de café > germen de maíz desgrasado > impureza de maíz > concha de coco marrón > arena fina > arena lavada > concha de guacuco.

11. La capacidad de sorción para los materiales probados en su estado natural con aceite correspondió a: material sintético (1) > material sintético (2) > bagazo de caña de azúcar > cascarilla de arroz > ceniza de caña de azúcar > concha de café > germen de maíz desgrasado > impureza de maíz > arena fina > arena lavada.

12. De manera general todos los materiales sorben en mayor cantidad los hidrocarburos más viscosos y densos que los hidrocarburos menos viscosos y densos.

13. Se observó que, al utilizar gasolina como sustrato, se pierde gran cantidad de líquido debido a la alta volatilidad del compuesto; en el caso del gasoil la cantidad de hidrocarburo sorbida se mantiene constante en el tiempo y para el aceite la pérdida de hidrocarburo en el tiempo se debe al drenaje del mismo.

14. Se encontró que todos los materiales de origen residual y natural retienen por mucho más tiempo y en mayor proporción el hidrocarburo sorbido a diferencia de los materiales sintéticos, lo que significa que algunos materiales que no presentaron inicialmente una capacidad de sorción cercana a los sorbentes sintéticos podrían llegar a sorber en un determinado espacio de tiempo la misma cantidad que los sorbentes sintéticos.

15. La arena fina y la arena lavada, a pesar de no ser materiales residuales, fueron probados ya que estos materiales son los que se utilizan comúnmente al momento de atender un derrame. Se puede observar claramente su poca capacidad de sorción.

16. La variación de tamaño de partícula es importante ya que, a menor tamaño de partícula, se obtuvieron mejores resultados de capacidad de sorción, pero hay que tener en cuenta que si se utilizan tamaños muy pequeños los residuos no podrán ser contenidos en las telas que comúnmente contienen los materiales sorbentes.

17. El bagazo de caña de azúcar es un material de bajo costo que presenta excelentes características como material sorbente y puede ser efectivo para limpieza de derrames en suelos.

18. Mediante análisis de microscopia electrónica de barrido se puede conocer sin un material puede presentar características sorbentes.

## RECOMENDACIONES

- 1- Realizar un estudio fisicoquímico del residuo que presentó mejores resultados para conocer más a fondo sus características y composición.
- 2- Realizar estudios pertinentes para conocer si el material al mezclarse con otros componentes podría optimizar su efectividad.
- 3- Estudiar el comportamiento en sistemas acuosos del residuo que presentó mejores resultados con el fin de conocer si puede ser utilizado en limpieza de derrames en el agua, al mismo tiempo estudiar el comportamiento de flotabilidad de los materiales.
- 4- Hacer un estudio de inflamabilidad con el fin de comparar esta variable con los materiales sintéticos y los sustratos con los que podría ser utilizado el material.
- 5- Y por último y no menos importante estudiar el efecto de desorción del componente.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Teas, Kalligeros, Zanicos, Stournas, Anastopoulos. "Investigation of effectiveness of absorbent materials in oil spills clean up". *Desalination*. 140 (2001): 259-264.
- [2] Annunciado, Sydenstricker, Amico. "Experimental investigation of various vegetables fibers as sorbent materials for oil spills". *Marine Pollution Bulletin*. 50 (2005): 1340-1346.
- [3] Ortiz, Fonseca, Rodríguez, Montenegro. "Biomateriales sorbentes para limpieza de derrames de hidrocarburos en suelos y cuerpos de agua". *Ingeniería e investigación*. ISSN 0120-5609. 26/2 (2006): 20-27.
- [4] "Standard Test Method for Sorbent Performance of Adsorbents". F726-06. ASTM international. Disponible: FONDONORMA.
- [5] "Oil Spill Sorbents: Testing Protocol and Certification Listing Program". Disponible: <http://www.boemre.gov/tarprojects/180/180AA.PDF> [Consultado: 2010, Septiembre 26].
- [6] Martínez, Pérez, Rodríguez I., Monteagudo, Rodríguez R. "factibilidad de aplicación de biomateriales sorbentes en la limpieza de aguas oleosas". *Revista cubana de Química*. 21/1 (2009): 30-37.
- [7] Bhatnagar, Sillanpää. "Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment- A review". *Chemical Engineering Journal*. 157 (2010) 277-296.
- [8] Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. [Página Web en Línea]. Disponible: <http://www.cepis.ops-oms.org/tutorial1/e/centcola/index.html>. [Consultado: 2010, Abril 30].

- [9] <http://www.proteccioncivil.chiapas.gob.mx/fenomenos/quimicos/sustancias.asp>. [Consultado: 2010, Abril 30].
- [10] Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. [Página Web en Línea]. Disponible : <http://www.epa.gov> [Consultado: 2010, Abril 13].
- [11] [http://www.fisicanet.com.ar/quimica/cinetica\\_quimica/ap01\\_cinetica\\_quimica.php](http://www.fisicanet.com.ar/quimica/cinetica_quimica/ap01_cinetica_quimica.php) [Consultado: 2010, Abril 30]
- [12] Lund, Herbert. F. (1996). **Manual de McGraw-Hill de Reciclaje**. McGraw-Hill. Interamericana de España S.A. España. Apéndice C. C-40.
- [13] Bastone, R. (1989). **The Safe Disposal of Hazardous Waste**. World Bank Technical paper Number 983, Washintong, D. C.
- [14] Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos. Publicada en Gaceta Oficial. (N° 5.554). (2001, Noviembre 13), [transcripción en línea]. Disponible: [www.inpsasel.gov.ve/moo\\_doc/ley\\_sus\\_%20mat\\_%20des\\_%20pel.pdf](http://www.inpsasel.gov.ve/moo_doc/ley_sus_%20mat_%20des_%20pel.pdf)
- [15] Cunningham, W. P y B. Woodworth S. (1997). **Environmental Science. A Global Concern**. Cuarta edición. McGraw-Hill. E.U.A. 634 p.
- [16] Gary W. Heinke, Glynn J. (1999). **Ingeniería Ambiental**. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. México. Cap. 14, Residuos Sólidos. p. 564-619.
- [17] Southwick, C. H. (1996). **Global Ecology in Human Perspective**. Oxford University Press. E.U.A. 392 p.
- [18] LaGrega M. Buckingham, P. Evans, J. **Gestión de residuos tóxicos: tratamiento, eliminación y recuperación de suelos**. (1998) McGraw-Hill. Interamericana de España S.A. España. Vol.1. Cap. 7. La prevención de la contaminación. p. 413-470.

- [19] Tecnobanoglous, G., Theisen, H y Eliassen, R. (1977) **Solid Wastes**. Nueva York. Mac-Graw-Hill.
- [20] Lund, Herbert. F. (1996). **Manual de McGraw-Hill de Reciclaje**. McGraw-Hill. Interamericana de España S.A. España. Apéndice C. C-36. Glosario.
- [21] Lund, Herbert. F. (1996). **Manual de McGraw-Hill de Reciclaje**. McGraw-Hill. Interamericana de España S.A. España. Apéndice C. C-45. Glosario.
- [22] Gary W. Heinke, Glynn J. (1999). **Ingeniería Ambiental**. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. México. Cap. 15, Residuos Peligrosos. p. 620-684.
- [23] LaGrega M. Buckingham, P. Evans, J. **Gestión de residuos tóxicos: tratamiento, eliminación y recuperación de suelos**. (1998) McGraw-Hill. Interamericana de España S.A. España. Vol.2. Cap. 10. Métodos Biológicos. p. 643-741.
- [24] LaGrega M. Buckingham, P. Evans, J. **Gestión de residuos tóxicos: tratamiento, eliminación y recuperación de suelos**. (1998) McGraw-Hill. Interamericana de España S.A. España. Vol.2. Cap. 12. Métodos Térmicos. p. 815-901.
- [25] Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, publicada en Gaceta Oficial. (N° 36.860). (1999, Diciembre 30), [transcripción en línea]. Disponible: <http://www.tsj.gov.ve/legislación/constitución1999.htm> [consultado: 2010, Abril 13]
- [26] Convenio Internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos. [Transcripción en línea]. Disponible: <http://www.cetmar.org/documentacion/Convenios.htm#cg>. [Consultado: 2010, Abril 13]
- [27] Ley Orgánica del Ambiente, Publicada en gaceta Oficial. (N° 5.833). (2006, Diciembre 22), [transcripción en línea]. Disponible: [www.minamb.gov.ve](http://www.minamb.gov.ve)

**[28]** Ley penal del ambiente. Publicada en Gaceta Oficial. (Nº 4.358). (1992, Enero 3), [transcripción en línea]. Disponible: <http://www.gobiernoenlinea.ve/docMgr/sharedfiles/LeyPenalDelAmbiente.pdf>  
[Consultado: 2010, Abril 29]

**[29]** Normas para la clasificación y control de calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Decreto 883 del 11 de octubre de 1995.

**[30]** Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos. Decreto 2635 del 03 de agosto de 1998

**[31]** Normas para el manejo de desechos sólidos de origen doméstico, comercial e industrial o de cualquier naturaleza que no sea peligrosa. Decreto 2216 del 23 de abril de 1992.

**[32]** Catálogo medio ambiente, absorbentes y control de derrames. Slimmnet, soluciones en ecología e higiene. Les Masies de Roda (Barcelona) España.

**[33]** <http://www.monografias.com/trabajos4/ladensidad/ladensidad.shtml>. [Consultado: 2011, Marzo 10]

**[34]** <http://www.wearcheckiberica.es/documentacion/doctecnica/combustibles.pdf>.  
[Consultado: 2011, Marzo 10]

## ANEXOS

**Anexo 1.** Tablas de resultados de la capacidad de sorción obtenida a partir de las mediciones realizadas en el laboratorio para cada uno de los materiales en los diferentes tamaños de partículas y los tres tipos de sustratos utilizados.

**Tabla 24.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS ( $\text{g}_{\text{gasolina}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS}$ ( $\text{g}_{\text{gasolina}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )
1	0	4,3012	1,2910	0,42888	0,00004
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,2645	1,2543	0,41669	0,00004
3,0102	30	4,2278	1,2176	0,40450	0,00004
	60	4,1723	1,1621	0,38606	0,00004
	120	4,0953	1,0851	0,36048	0,00004
	300	3,9558	0,9456	0,31414	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,4530	0,4428	0,14711	0,00003
2	0	4,6720	1,6037	0,52267	0,00004
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,6153	1,5470	0,50419	0,00004
3,0683	30	4,5789	1,5106	0,49232	0,00004
	60	4,4983	1,4300	0,46606	0,00004
	120	4,4059	1,3376	0,43594	0,00004
	300	4,2250	1,1567	0,37698	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,6415	0,5732	0,18681	0,00003
3	0	4,4483	1,3962	0,45746	0,00004
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,4222	1,3701	0,44890	0,00004
3,0521	30	4,3990	1,3469	0,44130	0,00004
	60	4,3445	1,2924	0,42345	0,00004
	120	4,2771	1,2250	0,40136	0,00004
	300	4,1273	1,0752	0,35228	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,5785	0,5264	0,17247	0,00003
4	0	4,4357	1,4089	0,46548	0,00004
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,3958	1,3690	0,45230	0,00004
3,0268	30	4,3679	1,3411	0,44308	0,00004
	60	4,3231	1,2963	0,42828	0,00004
	120	4,2570	1,2302	0,40644	0,00004
	300	4,1274	1,1006	0,36362	0,00004
	1800 $\pm$ 30	3,6700	0,6432	0,21251	0,00003

**Tabla 25.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	4,0412	1,0142	0,33505	0,00003
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,0281	1,0011	0,33072	0,00003
3,0270	30	4,0103	0,9833	0,32484	0,00003
	60	3,9918	0,9648	0,31873	0,00003
	120	3,9588	0,9318	0,30783	0,00003
	300	3,8898	0,8628	0,28503	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,6106	0,5836	0,19280	0,00003
2	0	4,0086	0,9622	0,31585	0,00003
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	3,9967	0,9503	0,31194	0,00003
3,0464	30	3,9858	0,9394	0,30836	0,00003
	60	3,9655	0,9191	0,30170	0,00003
	120	3,9331	0,8867	0,29106	0,00003
	300	3,8662	0,8198	0,26910	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,6161	0,5697	0,18701	0,00003
3	0	3,9449	0,9113	0,30040	0,00003
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	3,9365	0,9029	0,29763	0,00003
3,0336	30	3,9292	0,8956	0,29523	0,00003
	60	3,9135	0,8799	0,29005	0,00003
	120	3,8882	0,8546	0,28171	0,00003
	300	3,8328	0,7992	0,26345	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,6237	0,5901	0,19452	0,00003
4	0	4,0029	0,9735	0,32135	0,00003
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,0024	0,9730	0,32119	0,00003
3,0294	30	3,9904	0,9610	0,31722	0,00003
	60	3,9631	0,9337	0,30821	0,00003
	120	3,9359	0,9065	0,29923	0,00003
	300	3,8784	0,8490	0,28025	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,6325	0,6031	0,19908	0,00003

**Tabla 26.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de guacuco de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	4,0373	0,9643	0,31380	0,00003
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,0153	0,9423	0,30664	0,00003
3,0730	30	3,9967	0,9237	0,30059	0,00003
	60	3,9663	0,8933	0,29069	0,00003
	120	3,9251	0,8521	0,27729	0,00003
	300	3,8497	0,7767	0,25275	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,5358	0,4628	0,15060	0,00003
2	0	4,0684	0,9697	0,31294	0,00003
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,0444	0,9457	0,30519	0,00003
3,0987	30	4,0255	0,9268	0,29909	0,00003
	60	3,9954	0,8967	0,28938	0,00003
	120	3,9528	0,8541	0,27563	0,00003
	300	3,8675	0,7688	0,24810	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,5014	0,4027	0,12996	0,00003
3	0	3,9839	0,9549	0,31525	0,00003
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	3,9658	0,9368	0,30928	0,00003
3,0290	30	3,9463	0,9173	0,30284	0,00003
	60	3,9165	0,8875	0,29300	0,00003
	120	3,8728	0,8438	0,27857	0,00003
	300	3,7905	0,7615	0,25140	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,4339	0,4049	0,13367	0,00003
4	0	3,9579	0,8746	0,28366	0,00003
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	3,9430	0,8597	0,27882	0,00003
3,0833	30	3,9273	0,8440	0,27373	0,00003
	60	3,9015	0,8182	0,26537	0,00003
	120	3,8656	0,7823	0,25372	0,00003
	300	3,7862	0,7029	0,22797	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,4290	0,3457	0,11212	0,00003

**Tabla 27.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	4,1832	1,1483	0,37837	0,00004
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,1535	1,1186	0,36859	0,00004
3,0349	30	4,1256	1,0907	0,35939	0,00004
	60	4,0799	1,0450	0,34433	0,00003
	120	4,0111	0,9762	0,32166	0,00003
	300	3,8649	0,8300	0,27349	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,3393	0,3044	0,10031	0,00003
2	0	4,7376	1,6991	0,55919	0,00004
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,7014	1,6629	0,54728	0,00004
3,0385	30	4,6731	1,6346	0,53796	0,00004
	60	4,6258	1,5873	0,52240	0,00004
	120	4,5532	1,5147	0,49850	0,00004
	300	4,3937	1,3552	0,44601	0,00004
	1800 $\pm$ 30	3,5954	0,5569	0,18328	0,00003
3	0	5,0139	1,9704	0,64742	0,00004
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,9778	1,9343	0,63556	0,00004
3,0435	30	4,9478	1,9043	0,62570	0,00004
	60	4,9080	1,8645	0,61262	0,00004
	120	4,8370	1,7935	0,58930	0,00004
	300	4,6853	1,6418	0,53945	0,00004
	1800 $\pm$ 30	3,7283	0,6848	0,22501	0,00003
4	0	5,3739	2,3475	0,77567	0,00004
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	5,3353	2,3089	0,76292	0,00004
3,0264	30	5,2919	2,2655	0,74858	0,00004
	60	5,2473	2,2209	0,73384	0,00004
	120	5,1653	2,1389	0,70675	0,00004
	300	4,9820	1,9556	0,64618	0,00004
	1800 $\pm$ 30	3,8490	0,8226	0,27181	0,00003

**Tabla 28.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	5,0174	1,9746	0,64895	0,00004
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,9620	1,9192	0,63074	0,00004
3,0428	30	4,9156	1,8728	0,61549	0,00004
	60	4,8387	1,7959	0,59022	0,00004
	120	4,7040	1,6612	0,54595	0,00004
	300	4,5085	1,4657	0,48170	0,00004
	1800 $\pm$ 30	3,2021	0,1593	0,05236	0,00003
2	0	4,8511	1,8109	0,59565	0,00004
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,8118	1,7716	0,58272	0,00004
3,0402	30	4,7742	1,7340	0,57036	0,00004
	60	4,7179	1,6777	0,55184	0,00004
	120	4,6245	1,5843	0,52112	0,00004
	300	4,4162	1,3760	0,45260	0,00004
	1800 $\pm$ 30	3,2015	0,1613	0,05306	0,00003
3	0	4,5861	1,5507	0,51088	0,00004
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,5370	1,5016	0,49470	0,00004
3,0354	30	4,5013	1,4659	0,48294	0,00004
	60	4,4381	1,4027	0,46212	0,00004
	120	4,3401	1,3047	0,42983	0,00004
	300	4,1332	1,0978	0,36167	0,00004
	1800 $\pm$ 30	3,2095	0,1741	0,05736	0,00003
4	0	4,7339	1,7104	0,56570	0,00004
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,6776	1,6541	0,54708	0,00004
3,0235	30	4,6392	1,6157	0,53438	0,00004
	60	4,5759	1,5524	0,51344	0,00004
	120	4,4797	1,4562	0,48163	0,00004
	300	4,2734	1,2499	0,41340	0,00004
	1800 $\pm$ 30	3,4281	0,4046	0,13382	0,00003

**Tabla 29.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando tusa de maíz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	9,0744	5,9976	1,9493	0,0001
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	9,0208	5,9440	1,9319	0,0001
3,0768	30	8,9678	5,8910	1,9146	0,0001
	60	8,8764	5,7996	1,8849	0,0001
	120	8,7359	5,6591	1,8393	0,0001
	300	8,3947	5,3179	1,7284	0,0001
	1800 $\pm$ 30	6,4530	3,3762	1,0973	0,0000
2	0	9,4305	6,3939	2,1056	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	9,3452	6,3086	2,0775	0,0001
3,0366	30	8,2785	5,2419	1,7262	0,0001
	60	8,1840	5,1474	1,6951	0,0001
	120	8,0322	4,9956	1,6451	0,0001
	300	7,6950	4,6584	1,5341	0,0001
	1800 $\pm$ 30	5,4340	2,3974	0,7895	0,0000
3	0	8,5808	5,5305	1,8131	0,0001
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	8,5161	5,4658	1,7919	0,0001
3,0503	30	8,4599	5,4096	1,7735	0,0001
	60	8,3711	5,3208	1,7444	0,0001
	120	8,2307	5,1804	1,6983	0,0001
	300	7,9105	4,8602	1,5934	0,0001
	1800 $\pm$ 30	5,5536	2,5033	0,8207	0,0000
4	0	8,6439	5,6144	1,8532	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	8,5888	5,5593	1,8350	0,0001
3,0295	30	8,5426	5,5131	1,8198	0,0001
	60	8,4510	5,4215	1,7896	0,0001
	120	8,3315	5,3020	1,7501	0,0001
	300	8,0205	4,9910	1,6475	0,0001
	1800 $\pm$ 30	6,0762	3,0467	1,0057	0,0000

**Tabla 30.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	6,8773	3,8283	1,25559	0,00005
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	6,8378	3,7888	1,24264	0,00005
3,0490	30	6,7930	3,7440	1,22794	0,00005
	60	6,7403	3,6913	1,21066	0,00005
	120	6,6483	3,5993	1,18049	0,00005
	300	6,4319	3,3829	1,10951	0,00005
	1800 $\pm$ 30	5,2031	2,1541	0,70649	0,00004
2	0	7,0463	4,0383	1,34253	0,00006
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	7,0000	3,9920	1,32713	0,00006
3,0080	30	6,9448	3,9368	1,30878	0,00005
	60	6,8738	3,8658	1,28518	0,00005
	120	6,7644	3,7564	1,24881	0,00005
	300	6,5238	3,5158	1,16882	0,00005
	1800 $\pm$ 30	5,3913	2,3833	0,79233	0,00004
3	0	7,0658	3,9993	1,30419	0,00005
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	7,0203	3,9538	1,28935	0,00005
3,0665	30	6,9811	3,9146	1,27657	0,00005
	60	6,9161	3,8496	1,25537	0,00005
	120	6,8127	3,7462	1,22165	0,00005
	300	6,5764	3,5099	1,14459	0,00005
	1800 $\pm$ 30	5,4840	2,4175	0,78836	0,00004
4	0	7,0227	3,9801	1,30813	0,00005
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	6,8678	3,8252	1,25722	0,00005
3,0426	30	6,8263	3,7837	1,24358	0,00005
	60	6,7572	3,7146	1,22087	0,00005
	120	6,6506	3,6080	1,18583	0,00005
	300	6,4029	3,3603	1,10442	0,00005
	1800 $\pm$ 30	5,3790	2,3364	0,76790	0,00004

**Tabla 31.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco marrón de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	6,1868	3,1368	1,02847	0,00005
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	6,1416	3,0916	1,01365	0,00005
3,0500	30	6,1053	3,0553	1,00174	0,00005
	60	6,0402	2,9902	0,98040	0,00005
	120	5,9500	2,9000	0,95083	0,00005
	300	5,7457	2,6957	0,88384	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,3603	1,3103	0,42961	0,00004
2	0	6,1943	3,1851	1,05845	0,00005
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	6,1640	3,1548	1,04838	0,00005
3,0092	30	6,1335	3,1243	1,03825	0,00005
	60	6,0810	3,0718	1,02080	0,00005
	120	5,9973	2,9881	0,99299	0,00005
	300	5,8052	2,7960	0,92915	0,00005
	1800 $\pm$ 30	4,6001	1,5909	0,52868	0,00004
3	0	6,1794	3,1580	1,04522	0,00005
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	6,1506	3,1292	1,03569	0,00005
3,0214	30	6,1046	3,0832	1,02046	0,00005
	60	6,0475	3,0261	1,00156	0,00005
	120	5,9596	2,9382	0,97247	0,00005
	300	5,7685	2,7471	0,90922	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,6741	1,6527	0,54700	0,00004
4	0	6,1966	3,1748	1,05063	0,00005
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	6,1617	3,1399	1,03908	0,00005
3,0218	30	6,1299	3,1081	1,02856	0,00005
	60	6,0781	3,0563	1,01142	0,00005
	120	5,9979	2,9761	0,98488	0,00005
	300	5,8145	2,7927	0,92418	0,00005
	1800 $\pm$ 30	4,7422	1,7204	0,56933	0,00004

**Tabla 32.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco verde de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_s \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	6,9145	3,8473	1,25434	0,00005
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	6,8435	3,7763	1,23119	0,00005
3,0672	30	6,7998	3,7326	1,21694	0,00005
	60	6,7291	3,6619	1,19389	0,00005
	120	6,6213	3,5541	1,15874	0,00005
	300	6,3792	3,3120	1,07981	0,00005
	1800 $\pm$ 30	5,0322	1,9650	0,64065	0,00004
2	0	6,4566	3,4420	1,14177	0,00005
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	6,4007	3,3861	1,12322	0,00005
3,0146	30	6,3558	3,3412	1,10833	0,00005
	60	6,2908	3,2762	1,08677	0,00005
	120	6,1966	3,1820	1,05552	0,00005
	300	5,9967	2,9821	0,98921	0,00005
	1800 $\pm$ 30	4,8487	1,8341	0,60840	0,00004
3	0	6,3431	3,3050	1,08785	0,00005
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	6,2929	3,2548	1,07133	0,00005
3,0381	30	6,2502	3,2121	1,05727	0,00005
	60	6,1832	3,1451	1,03522	0,00005
	120	6,0992	3,0611	1,00757	0,00005
	300	5,9056	2,8675	0,94385	0,00005
	1800 $\pm$ 30	5,0726	2,0345	0,66966	0,00004
4	0	6,7650	3,7327	1,23097	0,00005
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	6,7300	3,6977	1,21943	0,00005
3,0323	30	6,6940	3,6617	1,20756	0,00005
	60	6,6389	3,6066	1,18938	0,00005
	120	6,5507	3,5184	1,16030	0,00005
	300	6,3601	3,3278	1,09744	0,00005
	1800 $\pm$ 30	5,3620	2,3297	0,76828	0,00004

**Tabla 33.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	24,7653	21,7542	7,22467	0,0002
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	24,5926	21,5815	7,16731	0,0002
3,0111	30	24,4927	21,4816	7,13414	0,0002
	60	24,3125	21,3014	7,07429	0,0002
	120	24,0443	21,0332	6,98522	0,0002
	300	23,3563	20,3452	6,75673	0,0002
	1800 $\pm$ 30	19,8387	16,8276	5,58852	0,0002
2	0	23,9709	20,9664	6,97834	0,0002
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	23,8887	20,8842	6,95098	0,0002
3,0045	30	23,7654	20,7609	6,90994	0,0002
	60	23,6289	20,6244	6,86451	0,0002
	120	23,4563	20,4518	6,80706	0,0002
	300	22,9888	19,9843	6,65146	0,0002
	1800 $\pm$ 30	19,6447	16,6402	5,53843	0,0002
3	0	24,6851	21,6804	7,21550	0,0002
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	24,5972	21,5925	7,18624	0,0002
3,0047	30	24,5142	21,5095	7,15862	0,0002
	60	24,3818	21,3771	7,11455	0,0002
	120	24,1663	21,1616	7,04283	0,0002
	300	23,6700	20,6653	6,87766	0,0002
	1800 $\pm$ 30	19,7051	16,7004	5,55809	0,0002
4	0	25,0998	22,0935	7,34907	0,0002
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	24,9862	21,9799	7,31129	0,0002
3,0063	30	24,8878	21,8815	7,27856	0,0002
	60	24,7371	21,7308	7,22843	0,0002
	120	24,5017	21,4954	7,15012	0,0002
	300	23,9145	20,9082	6,95480	0,0002
	1800 $\pm$ 30	20,1637	17,1574	5,70715	0,0002

**Tabla 34.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	7,5535	4,5380	1,5049	0,0001
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	7,4675	4,4520	1,4764	0,0001
3,0155	30	7,3984	4,3829	1,4535	0,0001
	60	7,3001	4,2846	1,4209	0,0001
	120	7,1577	4,1422	1,3736	0,0001
	300	6,8456	3,8301	1,2701	0,0001
	1800 $\pm$ 30	5,5010	2,4855	0,82425	0,00004
2	0	7,4568	4,4537	1,4830	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	7,4167	4,4136	1,4697	0,0001
3,0031	30	7,3709	4,3678	1,4544	0,0001
	60	7,2962	4,2931	1,4296	0,0001
	120	7,1897	4,1866	1,3941	0,0001
	300	6,9420	3,9389	1,3116	0,0001
	1800 $\pm$ 30	5,5537	2,5506	0,84932	0,00004
3	0	7,6334	4,6135	1,5277	0,0001
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	7,5738	4,5539	1,5080	0,0001
3,0199	30	7,5132	4,4933	1,4879	0,0001
	60	7,4241	4,4042	1,4584	0,0001
	120	7,2852	4,2653	1,4124	0,0001
	300	6,9722	3,9523	1,3088	0,0001
	1800 $\pm$ 30	5,4005	2,3806	0,78831	0,00004
4	0	8,0017	4,9368	1,6108	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	7,9511	4,8862	1,5942	0,0001
3,0649	30	7,9036	4,8387	1,5787	0,0001
	60	7,8149	4,7500	1,5498	0,0001
	120	7,6808	4,6159	1,5061	0,0001
	300	7,3884	4,3235	1,4106	0,0001
	1800 $\pm$ 30	5,8669	2,8020	0,91422	0,00004

**Tabla 35.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina de tamaño de partícula 500  $\mu\text{m}$  – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	4,0611	1,0426	0,34540	0,00004
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,0505	1,0320	0,34189	0,00004
3,0185	30	4,0367	1,0182	0,33732	0,00003
	60	4,0185	1,0000	0,33129	0,00003
	120	3,9901	0,9716	0,32188	0,00003
	300	3,9280	0,9095	0,30131	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,6557	0,6372	0,21110	0,00003
2	0	4,1149	1,1008	0,36522	0,00004
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,1092	1,0951	0,36333	0,00004
3,0141	30	4,0807	1,0666	0,35387	0,00004
	60	4,0581	1,0440	0,34637	0,00004
	120	4,0192	1,0051	0,33347	0,00003
	300	3,9520	0,9379	0,31117	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,6797	0,6656	0,22083	0,00003
3	0	3,9125	0,8664	0,28443	0,00003
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	3,8961	0,8500	0,27905	0,00003
3,0461	30	3,8783	0,8322	0,27320	0,00003
	60	3,8478	0,8017	0,26319	0,00003
	120	3,8045	0,7584	0,24897	0,00003
	300	3,7107	0,6646	0,21818	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,4178	0,3717	0,12202	0,00003
4	0	3,9579	0,9440	0,31322	0,00003
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	3,9426	0,9287	0,30814	0,00003
3,0139	30	3,9252	0,9113	0,30237	0,00003
	60	3,8992	0,8853	0,29374	0,00003
	120	3,8576	0,8437	0,27994	0,00003
	300	3,7727	0,7588	0,25177	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,5052	0,4913	0,16301	0,00003

**Tabla 36.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1 (s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	3,9063	0,8853	0,29305	0,00003
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	3,8961	0,8751	0,28967	0,00003
3,0210	30	3,8862	0,8652	0,28640	0,00003
	60	3,8715	0,8505	0,28153	0,00003
	120	3,8464	0,8254	0,27322	0,00003
	300	3,7921	0,7711	0,25525	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,5704	0,5494	0,18186	0,00003
2	0	3,9075	0,8119	0,26228	0,00003
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	3,8968	0,8012	0,25882	0,00003
3,0956	30	3,8800	0,7844	0,25339	0,00003
	60	3,8549	0,7593	0,24528	0,00003
	120	3,8057	0,7101	0,22939	0,00003
	300	3,7100	0,6144	0,19848	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,4239	0,3283	0,10605	0,00003
3	0	3,9256	0,8283	0,26743	0,00003
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	15	3,9220	0,8247	0,26626	0,00003
3,0973	30	3,9071	0,8098	0,26145	0,00003
	60	3,8810	0,7837	0,25303	0,00003
	120	3,8382	0,7409	0,23921	0,00003
	300	3,7520	0,6547	0,21138	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,4795	0,3822	0,12340	0,00003
4	0	3,8125	0,8033	0,26695	0,00003
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	15	3,7978	0,7886	0,26206	0,00003
3,0092	30	3,7828	0,7736	0,25708	0,00003
	60	3,7628	0,7536	0,25043	0,00003
	120	3,7245	0,7153	0,23770	0,00003
	300	3,6461	0,6369	0,21165	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,3950	0,3858	0,12821	0,00003

**Tabla 37.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de guacuco de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1 (s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	3,8646	0,7915	0,25755	0,00003
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	3,8416	0,7685	0,25006	0,00003
3,0731	30	3,8164	0,7433	0,24186	0,00003
	60	3,7937	0,7206	0,23448	0,00003
	120	3,7459	0,6728	0,21892	0,00003
	300	3,6553	0,5822	0,18944	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,4064	0,3333	0,10845	0,00003
2	0	3,8296	0,8023	0,26502	0,00003
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	3,8125	0,7852	0,25937	0,00003
3,0273	30	3,7957	0,7684	0,25382	0,00003
	60	3,7676	0,7403	0,24454	0,00003
	120	3,7225	0,6952	0,22964	0,00003
	300	3,6349	0,6076	0,20071	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,3688	0,3415	0,11281	0,00003
3	0	3,9024	0,8212	0,26652	0,00003
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	3,8817	0,8005	0,25980	0,00003
3,0812	30	3,8704	0,7892	0,25613	0,00003
	60	3,8473	0,7661	0,24864	0,00003
	120	3,8086	0,7274	0,23608	0,00003
	300	3,7338	0,6526	0,21181	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,4801	0,3989	0,12946	0,00003
4	0	3,8031	0,7746	0,25577	0,00003
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	3,787	0,7585	0,25045	0,00003
3,0285	30	3,7721	0,7436	0,24553	0,00003
	60	3,7476	0,7191	0,23744	0,00003
	120	3,7078	0,6793	0,22430	0,00003
	300	3,6225	0,594	0,19614	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,3896	0,3611	0,11923	0,00003

**Tabla 38.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1 (s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	6,28557	3,1980	1,03575	0,00005
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	6,25377	3,1662	1,02545	0,00005
3,0876	30	6,21807	3,1305	1,01388	0,00005
	60	6,14657	3,0590	0,99073	0,00005
	120	5,85737	2,7698	0,89706	0,00004
	300	5,86567	2,7781	0,89975	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,67557	1,5880	0,51431	0,00004
2	0	5,8902	2,8804	0,95701	0,00005
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	5,8441	2,8343	0,94169	0,00005
3,0098	30	5,8059	2,7961	0,92900	0,00005
	60	5,7015	2,6917	0,89431	0,00004
	120	5,6061	2,5963	0,86262	0,00004
	300	5,3895	2,3797	0,79065	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,7739	1,7641	0,68612	0,00004
3	0	5,91427	2,90207	0,96344	0,00005
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	5,86897	2,85677	0,94840	0,00005
3,0122	30	5,83017	2,81797	0,93552	0,00005
	60	5,76297	2,75077	0,91321	0,00004
	120	5,66357	2,65137	0,88021	0,00004
	300	5,44667	2,43447	0,80820	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,50007	1,48787	0,49395	0,00004
4	0	6,0506	2,9434	0,94728	0,00004
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	5,9964	2,8892	0,92984	0,00004
3,1072	30	5,9607	2,8535	0,91835	0,00004
	60	5,8946	2,7874	0,89708	0,00004
	120	5,7942	2,687	0,86477	0,00004
	300	5,4877	2,3805	0,76612	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,6901	1,5829	0,50943	0,00004

**Tabla 39.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato

Número de réplica	t $\pm$ 1 (s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	4,9668	1,8505	0,59381	0,00004
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	4,8963	1,7800	0,57119	0,00004
3,1163	30	4,8654	1,7491	0,56127	0,00004
	60	4,8003	1,6840	0,54038	0,00004
	120	4,6940	1,5777	0,50627	0,00004
	300	4,4800	1,3637	0,43760	0,00004
	1800 $\pm$ 30	3,7915	0,6752	0,21667	0,00003
2	0	4,9839	1,8521	0,59139	0,00004
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	4,9175	1,7857	0,57018	0,00004
3,1318	30	4,8750	1,7432	0,55661	0,00004
	60	4,8013	1,6695	0,53308	0,00004
	120	4,6929	1,5611	0,49847	0,00004
	300	4,4707	1,3389	0,42752	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,7579	0,6261	0,19992	0,00003
3	0	4,8032	1,7789	0,58820	0,00004
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	4,7664	1,7421	0,57603	0,00004
3,0243	30	4,7233	1,6990	0,56178	0,00004
	60	4,6687	1,6444	0,54373	0,00004
	120	4,5837	1,5594	0,51562	0,00004
	300	4,4016	1,3773	0,45541	0,00004
	1800 $\pm$ 30	3,7394	0,7151	0,23645	0,00003
4	0	5,1918	2,1676	0,71674	0,00004
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	5,1568	2,1326	0,70517	0,00004
3,0242	30	5,1103	2,0861	0,68979	0,00004
	60	5,0554	2,0312	0,67164	0,00004
	120	4,9581	1,9339	0,63946	0,00004
	300	4,7544	1,7302	0,57211	0,00004
	1800 $\pm$ 30	3,9231	0,8989	0,29723	0,00003

**Tabla 40.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando tusa de maíz de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1 (s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	8,4302	5,2829	1,6785	0,0001
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	8,3698	5,2225	1,6593	0,0001
3,1473	30	8,3370	5,1897	1,6489	0,0001
	60	8,2385	5,0912	1,6176	0,0001
	120	8,0994	4,9521	1,5734	0,0001
	300	7,7863	4,6390	1,4740	0,0001
	1800 $\pm$ 30	6,3777	3,2304	1,02639	0,00005
2	0	7,6768	4,6398	1,5278	0,0001
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	7,6127	4,5757	1,5067	0,0001
3,037	30	7,5653	4,5283	1,4910	0,0001
	60	7,4708	4,4338	1,4599	0,0001
	120	7,3404	4,3034	1,4170	0,0001
	300	7,0403	4,0033	1,3182	0,0001
	1800 $\pm$ 30	5,6346	2,5976	0,85532	0,00004
3	0	7,8490	4,7921	1,5676	0,0001
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	7,7620	4,7051	1,5392	0,0001
3,0569	30	7,7282	4,6713	1,5281	0,0001
	60	7,6418	4,5849	1,4998	0,0001
	120	7,5039	4,4470	1,4547	0,0001
	300	7,1872	4,1303	1,3511	0,0001
	1800 $\pm$ 30	5,7380	2,6811	0,87706	0,00004
4	0	8,1365	5,1003	1,6798	0,0001
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	8,0839	5,0477	1,6625	0,0001
3,0362	30	8,0224	4,9862	1,6423	0,0001
	60	7,9343	4,8981	1,6132	0,0001
	120	7,7934	4,7572	1,5668	0,0001
	300	7,4825	4,4463	1,4644	0,0001
	1800 $\pm$ 30	6,1453	3,1091	1,02401	0,00005

**Tabla 41.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café de tamaño de partícula 500µm – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	t ± 1 (s)	S <sub>ST</sub> ± 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> ± 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	6,2663	3,2341	1,06659	0,00005
S <sub>0(1)</sub> ± 0.0001(g)	15	6,2123	3,1801	1,04878	0,00005
3,0322	30	6,1604	3,1282	1,03166	0,00005
	60	6,0804	3,0482	1,00528	0,00005
	120	5,9593	2,9271	0,96534	0,00005
	300	5,6993	2,6671	0,87959	0,00004
	1800 ± 30	4,7264	1,6942	0,55874	0,00004
2	0	6,9555	3,8600	1,24696	0,00005
S <sub>0(2)</sub> ± 0.0001(g)	15	6,8641	3,7686	1,21743	0,00005
3,0955	30	6,8162	3,7207	1,20196	0,00005
	60	6,7346	3,6391	1,17560	0,00005
	120	6,6081	3,5126	1,13473	0,00005
	300	6,2906	3,1951	1,03217	0,00005
	1800 ± 30	5,2409	2,1454	0,69306	0,00004
3	0	6,7643	3,7444	1,23991	0,00005
S <sub>0(3)</sub> ± 0.0001(g)	15	6,7308	3,7109	1,22882	0,00005
3,0199	30	6,7063	3,6864	1,22070	0,00005
	60	6,6414	3,6215	1,19921	0,00005
	120	6,5504	3,5305	1,16908	0,00005
	300	6,3435	3,3236	1,10057	0,00005
	1800 ± 30	5,4478	2,4279	0,80397	0,00004
4	0	6,5888	3,5636	1,17797	0,00005
S <sub>0(4)</sub> ± 0.0001(g)	15	6,5427	3,5175	1,16273	0,00005
3,0252	30	6,5065	3,4813	1,15077	0,00005
	60	6,4485	3,4233	1,13159	0,00005
	120	6,3584	3,3332	1,10181	0,00005
	300	6,1553	3,1301	1,03468	0,00005
	1800 ± 30	5,2198	2,1946	0,72544	0,00004

**Tabla 42.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco marrón de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1 (s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	5,2471	2,2261	0,73687	0,00004
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	5,1813	2,1603	0,71508	0,00004
3,0210	30	5,1284	2,1074	0,69757	0,00004
	60	5,0386	2,0176	0,66785	0,00004
	120	4,9335	1,9125	0,63306	0,00004
	300	4,7100	1,6890	0,55908	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,0520	1,0310	0,34127	0,00003
2	0	4,9929	1,9647	0,65035	0,00004
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	4,9244	1,8962	0,62767	0,00004
3,0282	30	4,8795	1,8513	0,61281	0,00004
	60	4,8164	1,7882	0,59192	0,00004
	120	4,7227	1,6945	0,56091	0,00004
	300	4,4404	1,4122	0,46746	0,00004
	1800 $\pm$ 30	3,9428	0,9146	0,30275	0,00003
3	0	5,1835	2,1051	0,69682	0,00004
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	5,1287	2,0503	0,67868	0,00004
3,0784	30	5,0752	1,9968	0,66097	0,00004
	60	4,9993	1,9209	0,63585	0,00004
	120	4,8865	1,8081	0,59851	0,00004
	300	4,6646	1,5862	0,52506	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,0087	0,9303	0,30794	0,00003
4	0	5,0200	1,9973	0,66114	0,00004
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	4,9643	1,9416	0,64270	0,00004
3,0227	30	4,9181	1,8954	0,62741	0,00004
	60	4,8526	1,8299	0,60573	0,00004
	120	4,7506	1,7279	0,57196	0,00004
	300	4,5555	1,5328	0,50738	0,00004
	1800 $\pm$ 30	3,9541	0,9314	0,30831	0,00003

**Tabla 43.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco verde de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1 (s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	5,5150	2,4717	0,81217	0,00004
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	5,4469	2,4036	0,78979	0,00004
3,0433	30	5,3951	2,3518	0,77277	0,00004
	60	5,3154	2,2721	0,74658	0,00004
	120	5,2013	2,1580	0,70909	0,00004
	300	4,9622	1,9189	0,63052	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,2289	1,1856	0,38957	0,00004
2	0	5,6708	2,6296	0,86465	0,00004
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	5,6292	2,5880	0,85097	0,00004
3,0412	30	5,6081	2,5669	0,84403	0,00004
	60	5,5539	2,5127	0,82621	0,00004
	120	5,4838	2,4426	0,80316	0,00004
	300	5,3105	2,2693	0,74618	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,2652	1,2240	0,40246	0,00004
3	0	5,8223	2,8053	0,92983	0,00005
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	5,7785	2,7615	0,91531	0,00004
3,0170	30	5,7468	2,7298	0,90481	0,00004
	60	5,6745	2,6575	0,88084	0,00004
	120	5,5746	2,5576	0,84773	0,00004
	300	5,3646	2,3476	0,77812	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,5321	1,5151	0,50219	0,00004
4	0	6,2415	3,2391	1,07883	0,00005
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	6,2088	3,2064	1,06794	0,00005
3,0024	30	6,1633	3,1609	1,05278	0,00005
	60	6,1087	3,1063	1,03460	0,00005
	120	6,0027	3,0003	0,99929	0,00005
	300	5,7794	2,7770	0,92492	0,00005
	1800 $\pm$ 30	4,7041	1,7017	0,56677	0,00004

**Tabla 44.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1 (s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	13,44667	10,4144	3,4345	0,0001
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	13,35357	10,3213	3,4038	0,0001
3,0323	30	13,25277	10,2205	3,3705	0,0001
	60	14,10227	11,0700	3,6507	0,0001
	120	12,88487	9,8526	3,2492	0,0001
	300	12,32017	9,2879	3,0630	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,79467	6,7624	2,2301	0,0001
2	0	12,41557	9,4050	3,1240	0,0001
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	12,29587	9,2853	3,0842	0,0001
3,0106	30	12,19757	9,1870	3,0515	0,0001
	60	12,05337	9,0428	3,0036	0,0001
	120	11,82537	8,8148	2,9279	0,0001
	300	11,28597	8,2754	2,7487	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,83677	5,8262	1,9352	0,0001
3	0	13,52617	10,5178	3,4961	0,0001
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	13,39197	10,3836	3,4515	0,0001
3,0084	30	13,30217	10,2938	3,4217	0,0001
	60	13,16777	10,1594	3,3770	0,0001
	120	12,93927	9,9309	3,3010	0,0001
	300	12,37717	9,3688	3,1142	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,74177	6,7334	2,2382	0,0001
4	0	12,30487	9,2869	3,0772	0,0001
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	12,18397	9,1660	3,0371	0,0001
3,0180	30	12,10657	9,0886	3,0115	0,0001
	60	11,97517	8,9572	2,9679	0,0001
	120	11,78177	8,7638	2,9038	0,0001
	300	11,28957	8,2716	2,7407	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,05897	6,0410	2,0016	0,0001

**Tabla 45.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1 (s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	7,7764	4,7615	1,5793	0,0001
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	7,7135	4,6986	1,5585	0,0001
3,0149	30	7,6632	4,6483	1,5418	0,0001
	60	7,5837	4,5688	1,5154	0,0001
	120	7,4388	4,4239	1,4673	0,0001
	300	7,1508	4,1359	1,3718	0,0001
	1800 $\pm$ 30	5,8678	2,8529	0,94627	0,00005
2	0	6,9523	3,9393	1,3074	0,0001
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	6,8929	3,8799	1,2877	0,0001
3,0130	30	6,8461	3,8331	1,2722	0,0001
	60	6,7636	3,7506	1,2448	0,0001
	120	6,6395	3,6265	1,2036	0,0001
	300	6,3658	3,3528	1,1128	0,0000
	1800 $\pm$ 30	5,0855	2,0725	0,68785	0,00004
3	0	6,8726	3,8317	1,2601	0,0001
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	6,8209	3,7800	1,2431	0,0001
3,0409	30	6,7813	3,7404	1,2300	0,0001
	60	6,7097	3,6688	1,2065	0,0001
	120	6,5779	3,5370	1,1631	0,0001
	300	6,2931	3,2522	1,0695	0,0000
	1800 $\pm$ 30	5,1565	2,1156	0,69572	0,00004
4	0	7,4660	4,4472	1,4732	0,0001
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	7,3970	4,3782	1,4503	0,0001
3,0188	30	7,3530	4,3342	1,4357	0,0001
	60	7,2767	4,2579	1,4105	0,0001
	120	7,1467	4,1279	1,3674	0,0001
	300	6,8440	3,8252	1,2671	0,0001
	1800 $\pm$ 30	5,6313	2,6125	0,86541	0,00004

**Tabla 46.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	3,6784	0,6349	0,20861	0,00003
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	3,6533	0,6098	0,20036	0,00003
3,0435	30	3,6415	0,5980	0,19648	0,00003
	60	3,6149	0,5714	0,18774	0,00003
	120	3,5745	0,5310	0,17447	0,00003
	300	3,5000	0,4565	0,14999	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,1074	0,0639	0,02100	0,00003
2	0	3,5542	0,5037	0,16512	0,00003
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	3,5362	0,4857	0,15922	0,00003
3,0505	30	3,5207	0,4702	0,15414	0,00003
	60	3,4962	0,4457	0,14611	0,00003
	120	3,4546	0,4041	0,13247	0,00003
	300	3,3866	0,3361	0,11018	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,0935	0,0430	0,01410	0,00003
3	0	3,6153	0,5607	0,18356	0,00003
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	3,5887	0,5341	0,17485	0,00003
3,0546	30	3,5653	0,5107	0,16719	0,00003
	60	3,5293	0,4747	0,15540	0,00003
	120	3,4799	0,4253	0,13923	0,00003
	300	3,3931	0,3385	0,11082	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,0861	0,0315	0,01031	0,00003
4	0	3,5560	0,5076	0,16651	0,00003
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	3,5361	0,4877	0,15999	0,00003
3,0484	30	3,5200	0,4716	0,15470	0,00003
	60	3,4905	0,4421	0,14503	0,00003
	120	3,4531	0,4047	0,13276	0,00003
	300	3,3722	0,3238	0,10622	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,0826	0,0342	0,01122	0,00003

**Tabla 47.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	3,4595	0,4311	0,14235	0,00003
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	3,4458	0,4174	0,13783	0,00003
3,0284	30	3,4329	0,4045	0,13357	0,00003
	60	3,4117	0,3833	0,12657	0,00003
	120	3,3760	0,3476	0,11478	0,00003
	300	3,2959	0,2675	0,08833	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,0753	0,0469	0,01549	0,00003
2	0	3,4676	0,4009	0,13073	0,00003
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	3,4481	0,3814	0,12437	0,00003
3,0667	30	3,4313	0,3646	0,11889	0,00003
	60	3,4054	0,3387	0,11044	0,00003
	120	3,3672	0,3005	0,09799	0,00003
	300	3,2910	0,2243	0,07314	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,0677	0,0010	0,00033	0,00003
3	0	3,5144	0,4673	0,15336	0,00003
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	3,4875	0,4404	0,14453	0,00003
3,0471	30	3,4709	0,4238	0,13908	0,00003
	60	3,4426	0,3955	0,12980	0,00003
	120	3,3995	0,3524	0,11565	0,00003
	300	3,3177	0,2706	0,08881	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,0492	0,0021	0,00069	0,00003
4	0	3,4852	0,4390	0,14411	0,00003
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	3,4634	0,4172	0,13696	0,00003
3,0462	30	3,4444	0,3982	0,13072	0,00003
	60	3,4143	0,3681	0,12084	0,00003
	120	3,3713	0,3251	0,10672	0,00003
	300	3,2754	0,2292	0,07524	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,0744	0,0282	0,00926	0,00003

**Tabla 48.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	5,4243	2,4132	0,80143	0,00004
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	15	5,3868	2,3757	0,78898	0,00004
3,0111	30	5,3543	2,3432	0,77819	0,00004
	60	5,3024	2,2913	0,76095	0,00004
	120	5,2218	2,2107	0,73418	0,00004
	300	5,0435	2,0324	0,67497	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,1281	1,1170	0,37096	0,00004
2	0	5,7720	2,7101	0,88509	0,00004
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	15	5,7397	2,6778	0,87455	0,00004
3,0619	30	5,7120	2,6501	0,86550	0,00004
	60	5,6666	2,6047	0,85067	0,00004
	120	5,5921	2,5302	0,82634	0,00004
	300	5,4245	2,3626	0,77160	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,5059	1,4440	0,47159	0,00004
3	0	5,5937	2,5182	0,81879	0,00004
$S_{0(3)} \pm 0.0001(g)$	15	5,5452	2,4697	0,80302	0,00004
3,0755	30	5,4952	2,4197	0,78677	0,00004
	60	5,4123	2,3368	0,75981	0,00004
	120	5,2984	2,2229	0,72278	0,00004
	300	5,0472	1,9717	0,64110	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,2307	1,1552	0,37561	0,00003
4	0	5,0402	1,9959	0,65561	0,00004
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	15	5,0031	1,9588	0,64342	0,00004
3,0443	30	4,9626	1,9183	0,63012	0,00004
	60	4,8983	1,8540	0,60900	0,00004
	120	4,7990	1,7547	0,57638	0,00004
	300	4,5911	1,5468	0,50809	0,00004
	1800 $\pm$ 30	3,8893	0,8450	0,27756	0,00003

**Tabla 49.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	4,3923	1,3042	0,42233	0,00004
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,3628	1,2747	0,41278	0,00004
3,0881	30	4,3388	1,2507	0,40501	0,00003
	60	4,2949	1,2068	0,39079	0,00003
	120	4,2293	1,1412	0,36955	0,00003
	300	4,0988	1,0107	0,32729	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,7589	0,6708	0,21722	0,00003
2	0	4,3054	1,2865	0,42614	0,00004
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,2767	1,2578	0,41663	0,00004
3,0189	30	4,2504	1,2315	0,40792	0,00004
	60	4,2083	1,1894	0,39397	0,00004
	120	4,1406	1,1217	0,37155	0,00004
	300	4,0066	0,9877	0,32716	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,4555	0,4366	0,14461	0,00003
3	0	4,4472	1,3537	0,43759	0,00004
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,4079	1,3144	0,42489	0,00004
3,0935	30	4,3780	1,2845	0,41523	0,00004
	60	4,3306	1,2371	0,39990	0,00003
	120	4,2677	1,1742	0,37957	0,00003
	300	4,1344	1,0409	0,33648	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,5376	0,4441	0,14356	0,00003
4	0	4,6359	1,5841	0,51906	0,00004
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	4,6007	1,5489	0,50753	0,00004
3,0518	30	4,5768	1,5250	0,49970	0,00004
	60	4,5342	1,4824	0,48574	0,00004
	120	4,4605	1,4087	0,46159	0,00004
	300	4,3315	1,2797	0,41932	0,00004
	1800 $\pm$ 30	3,6954	0,6436	0,21088	0,00003

**Tabla 50.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_s \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	5,9630	2,8992	0,94628	0,00004
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	5,9223	2,8585	0,93299	0,00004
3,0638	30	5,8786	2,8148	0,91873	0,00004
	60	5,8118	2,7480	0,89693	0,00004
	120	5,7105	2,6467	0,86386	0,00004
	300	5,3915	2,3277	0,75974	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,5638	1,5000	0,48959	0,00004
2	0	5,5499	2,5068	0,82376	0,00004
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	5,5075	2,4644	0,80982	0,00004
3,0431	30	5,4700	2,4269	0,79750	0,00004
	60	5,4100	2,3669	0,77778	0,00004
	120	5,3188	2,2757	0,74781	0,00004
	300	5,1121	2,0690	0,67989	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,3897	1,3466	0,44250	0,00004
3	0	5,6310	2,5808	0,84611	0,00004
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	5,5694	2,5192	0,82591	0,00004
3,0502	30	5,5301	2,4799	0,81303	0,00004
	60	5,4655	2,4153	0,79185	0,00004
	120	5,3667	2,3165	0,75946	0,00004
	300	5,1569	2,1067	0,69068	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,1219	1,0717	0,35135	0,00003
4	0	6,1672	3,1396	1,03698	0,00005
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	6,1202	3,0926	1,02146	0,00005
3,0276	30	6,0804	3,0528	1,00831	0,00005
	60	6,0162	2,9886	0,98711	0,00005
	120	5,9150	2,8874	0,95368	0,00005
	300	5,6940	2,6664	0,88069	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,4938	1,4662	0,48427	0,00004

**Tabla 51.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	14,4830	11,4306	3,7448	0,0001
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	14,3948	11,3424	3,7159	0,0001
3,0524	30	14,3281	11,2757	3,6940	0,0001
	60	14,2223	11,1699	3,6594	0,0001
	120	14,0573	11,0049	3,6053	0,0001
	300	13,6743	10,6219	3,4799	0,0001
	1800 $\pm$ 30	10,3661	7,3137	2,3960	0,0001
2	0	15,6287	12,6142	4,1845	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	15,5056	12,4911	4,1437	0,0001
3,0145	30	15,4171	12,4026	4,1143	0,0001
	60	15,2693	12,2548	4,0653	0,0001
	120	15,0251	12,0106	3,9843	0,0001
	300	14,4423	11,4278	3,7909	0,0001
	1800 $\pm$ 30	10,4156	7,4011	2,4552	0,0001
3	0	15,7310	12,7077	4,2033	0,0001
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	15,6244	12,6011	4,1680	0,0001
3,0233	30	15,5725	12,5492	4,1508	0,0001
	60	15,4851	12,4618	4,1219	0,0001
	120	15,3162	12,2929	4,0661	0,0001
	300	14,9039	11,8806	3,9297	0,0001
	1800 $\pm$ 30	12,1660	9,1427	3,0241	0,0001
4	0	14,4527	11,4224	3,7694	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	14,3940	11,3637	3,7500	0,0001
3,0303	30	14,3399	11,3096	3,7322	0,0001
	60	14,2550	11,2247	3,7042	0,0001
	120	14,1151	11,0848	3,6580	0,0001
	300	13,8068	10,7765	3,5563	0,0001
	1800 $\pm$ 30	10,9502	7,9199	2,6136	0,0001

**Tabla 52.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	6,2593	3,2010	1,04666	0,00005
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	6,1994	3,1411	1,02707	0,00005
3,0583	30	6,1602	3,1019	1,01426	0,00005
	60	6,0843	3,0260	0,98944	0,00005
	120	5,9712	2,9129	0,95246	0,00005
	300	5,5803	2,5220	0,82464	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,6119	1,5536	0,50799	0,00004
2	0	6,9931	3,9180	1,27410	0,00005
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	6,9161	3,8410	1,24906	0,00005
3,0751	30	6,8772	3,8021	1,23641	0,00005
	60	6,8861	3,8110	1,23930	0,00005
	120	6,6700	3,5949	1,16903	0,00005
	300	6,3902	3,3151	1,07804	0,00005
	1800 $\pm$ 30	4,8994	1,8243	0,59324	0,00004
3	0	6,4835	3,4697	1,15127	0,00005
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	6,4284	3,4146	1,13299	0,00005
3,0138	30	6,3795	3,3657	1,11676	0,00005
	60	6,3047	3,2909	1,09194	0,00005
	120	6,1872	3,1734	1,05296	0,00005
	300	5,9229	2,9091	0,96526	0,00005
	1800 $\pm$ 30	4,6376	1,6238	0,53879	0,00004
4	0	6,7087	3,7007	1,23028	0,00005
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	6,5666	3,5586	1,18304	0,00005
3,008	30	6,5299	3,5219	1,17083	0,00005
	60	6,4449	3,4369	1,14258	0,00005
	120	6,3133	3,3053	1,09883	0,00005
	300	6,0362	3,0282	1,00671	0,00005
	1800 $\pm$ 30	4,6469	1,6389	0,54484	0,00004

**Tabla 53.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagacillo en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	29,4266	26,3712	8,6310	0,0003
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	29,3056	26,2502	8,5914	0,0003
3,0554	30	29,2420	26,1866	8,5706	0,0003
	60	29,1183	26,0629	8,5301	0,0003
	120	28,9112	25,8558	8,4623	0,0003
	300	28,4309	25,3755	8,3051	0,0003
	1800 $\pm$ 30	25,2270	22,1716	7,2565	0,0002
2	0	30,2407	27,1469	8,7746	0,0003
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	30,0907	26,9969	8,7261	0,0003
3,0938	30	30,0189	26,9251	8,7029	0,0003
	60	29,8832	26,7894	8,6591	0,0003
	120	29,6681	26,5743	8,5895	0,0003
	300	29,1394	26,0456	8,4187	0,0003
	1800 $\pm$ 30	26,0375	22,9437	7,4160	0,0002
3	0	29,8361	26,7715	8,7357	0,0003
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	29,7371	26,6725	8,7034	0,0003
3,0646	30	29,6514	26,5868	8,6755	0,0003
	60	29,5179	26,4533	8,6319	0,0003
	120	29,3186	26,2540	8,5669	0,0003
	300	28,8282	25,7636	8,4068	0,0003
	1800 $\pm$ 30	25,8999	22,8353	7,4513	0,0002
4	0	29,2606	26,1775	8,4906	0,0003
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	29,1729	26,0898	8,4622	0,0003
3,0831	30	29,0774	25,9943	8,4312	0,0003
	60	28,9562	25,8731	8,3919	0,0003
	120	28,7601	25,6770	8,3283	0,0003
	300	28,2849	25,2018	8,1742	0,0003
	1800 $\pm$ 30	23,8290	20,7459	6,7289	0,0002

**Tabla 54.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando ceniza de caña de azúcar en su estado natural como material sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	9,6499	6,5926	2,1563	0,0001
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	9,6010	6,5437	2,1404	0,0001
3,0573	30	9,5624	6,5051	2,1277	0,0001
	60	9,5052	6,4479	2,1090	0,0001
	120	9,4035	6,3462	2,0758	0,0001
	300	9,1857	6,1284	2,0045	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,4478	4,3905	1,4361	0,0001
2	0	9,7703	6,7550	2,2402	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	9,7018	6,6865	2,2175	0,0001
3,0153	30	9,6520	6,6367	2,2010	0,0001
	60	9,5676	6,5523	2,1730	0,0001
	120	9,4429	6,4276	2,1317	0,0001
	300	9,1817	6,1664	2,0450	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,1259	4,1106	1,3633	0,0001
3	0	9,5500	6,4780	2,1087	0,0001
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	9,4970	6,4250	2,0915	0,0001
3,0720	30	9,4524	6,3804	2,0770	0,0001
	60	9,3822	6,3102	2,0541	0,0001
	120	9,2694	6,1974	2,0174	0,0001
	300	9,0202	5,9482	1,9363	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,2311	4,1591	1,35387	0,00005
	0	9,2428	6,1658	2,0038	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	9,1492	6,0722	1,9734	0,0001
3,0770	30	9,0964	6,0194	1,9563	0,0001
	60	9,0102	5,9332	1,9282	0,0001
	120	8,8682	5,7912	1,8821	0,0001
	300	8,5676	5,4906	1,7844	0,0001
	1800 $\pm$ 30	6,3910	3,3140	1,07703	0,00005

**Tabla 55.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando un material de tipo sintético (1) en su estado natural como sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_s \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	37,3207	34,3558	11,5875	0,0004
$S_{0(1)} \pm 0.0001$ (g)	15	37,2962	34,3313	11,5792	0,0004
2,9649	30	37,2881	34,3232	11,5765	0,0004
	60	37,2680	34,3031	11,5697	0,0004
	120	32,2533	29,2884	9,8784	0,0003
	300	31,2961	28,3312	9,5555	0,0003
	1800 $\pm$ 30	19,6342	16,6693	5,6222	0,0002
2	0	32,8991	29,9084	10,0005	0,0003
$S_{0(2)} \pm 0.0001$ (g)	15	32,8876	29,8969	9,9966	0,0003
2,9907	30	32,8777	29,8870	9,9933	0,0003
	60	30,9647	27,9740	9,3537	0,0003
	120	27,8707	24,8800	8,3191	0,0003
	300	27,0706	24,0799	8,0516	0,0003
	1800 $\pm$ 30	19,0176	16,0269	5,3589	0,0002
3	0	39,9578	36,9131	12,1237	0,0004
$S_{0(3)} \pm 0.0001$ (g)	15	39,9505	36,9058	12,1213	0,0004
3,0447	30	39,9407	36,8960	12,1181	0,0004
	60	38,9862	35,9415	11,8046	0,0004
	120	37,4914	34,4467	11,3137	0,0004
	300	36,3392	33,2945	10,9352	0,0004
	1800 $\pm$ 30	24,5381	21,4934	7,0593	0,0002
4	0	38,6203	35,5874	11,7338	0,0004
$S_{0(4)} \pm 0.0001$ (g)	15	38,6036	35,5707	11,7283	0,0004
3,0329	30	38,5930	35,5601	11,7248	0,0004
	60	36,8830	33,8501	11,1610	0,0004
	120	35,6158	32,5829	10,7432	0,0004
	300	32,4971	29,4642	9,7149	0,0003
	1800 $\pm$ 30	21,7538	18,7209	6,1726	0,0002

**Tabla 56.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando un material de tipo sintético (2) en su estado natural como sorbente y gasolina como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1$ (s)	$S_{ST} \pm 0,0001$ (g)	$S_S \pm 0,0001$ (g)	CS (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS}$ (g <sub>gasolina</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	26,5920	23,5909	7,8608	0,0003
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	15	26,2920	23,2909	7,7608	0,0003
3,0011	30	25,5715	22,5704	7,5207	0,0003
	60	24,8028	21,8017	7,2646	0,0002
	120	23,9606	20,9595	6,9839	0,0002
	300	22,0076	19,0065	6,3332	0,0002
	1800 $\pm$ 30	15,9273	12,9262	4,3072	0,0001
2	0	32,8573	29,8222	9,8258	0,0003
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	15	32,8573	29,8222	9,8258	0,0003
3,0351	30	31,1624	28,1273	9,2673	0,0003
	60	29,3904	26,3553	8,6835	0,0003
	120	27,6017	24,5666	8,0942	0,0003
	300	24,5818	21,5467	7,0992	0,0002
	1800 $\pm$ 30	17,5129	14,4778	4,7701	0,0002
3	0	28,4006	25,2804	8,1022	0,0003
$S_{0(3)} \pm 0.0001(g)$	15	28,4006	25,2804	8,1022	0,0003
3,1202	30	28,0717	24,9515	7,9968	0,0003
	60	27,7511	24,6309	7,8940	0,0003
	120	26,6156	23,4954	7,5301	0,0002
	300	24,9417	21,8215	6,9936	0,0002
	1800 $\pm$ 30	18,8240	15,7038	5,0329	0,0002
4	0	26,8819	23,8686	7,9211	0,0003
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	15	26,8819	23,8686	7,9211	0,0003
3,0133	30	25,6905	22,6772	7,5257	0,0003
	60	25,2280	22,2147	7,3722	0,0002
	120	23,9846	20,9713	6,9596	0,0002
	300	22,2287	19,2154	6,3769	0,0002
	1800 $\pm$ 30	16,3419	13,3286	4,4233	0,0002

**Tabla 57.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{\text{ST}} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_{\text{S}} \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{\text{CS}} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	4,4549	1,3830	0,45021	0,00004
$S_{0(1)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	4,4547	1,3828	0,45014	0,00004
3,0719	30	4,4546	1,3827	0,45011	0,00004
	60	4,4543	1,3824	0,45001	0,00004
	120	4,4539	1,3820	0,44988	0,00004
	300	4,4527	1,3808	0,44949	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,4033	1,3314	0,43341	0,00004
2	0	4,4064	1,3306	0,43260	0,00004
$S_{0(2)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	4,4061	1,3303	0,43251	0,00004
3,0758	30	4,4060	1,3302	0,43247	0,00004
	60	4,4057	1,3299	0,43238	0,00004
	120	4,4051	1,3293	0,43218	0,00004
	300	4,4038	1,3280	0,43176	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,3340	1,2582	0,40906	0,00004
3	0	4,3376	1,2761	0,41682	0,00004
$S_{0(3)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	4,3375	1,2760	0,41679	0,00004
3,0615	30	4,3373	1,2758	0,41672	0,00004
	60	4,3370	1,2755	0,41663	0,00004
	120	4,3364	1,2749	0,41643	0,00004
	300	4,3350	1,2735	0,41597	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,3499	1,2884	0,38818	0,00004
4	0	4,3529	1,2779	0,41558	0,00004
$S_{0(4)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	4,3525	1,2775	0,41545	0,00004
3,0750	30	4,3522	1,2772	0,41535	0,00004
	60	4,3518	1,2768	0,41522	0,00004
	120	4,3513	1,2763	0,41506	0,00004
	300	4,3502	1,2752	0,41470	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,3287	1,2537	0,40771	0,00004

**Tabla 58.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{\text{ST}} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_{\text{S}} \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{\text{CS}} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	4,2611	1,2532	0,41664	0,00004
$S_{0(1)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	4,2605	1,2526	0,41644	0,00004
3,0079	30	4,2604	1,2525	0,41640	0,00004
	60	4,2602	1,2523	0,41634	0,00004
	120	4,2598	1,2519	0,41620	0,00004
	300	4,2587	1,2508	0,41584	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,1693	1,1614	0,38612	0,00004
2	0	4,2486	1,2383	0,41135	0,00004
$S_{0(2)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	4,2477	1,2374	0,41106	0,00004
3,0103	30	4,2475	1,2372	0,41099	0,00004
	60	4,2473	1,2370	0,41092	0,00004
	120	4,2469	1,2366	0,41079	0,00004
	300	4,2457	1,2354	0,41039	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,1600	1,1497	0,38192	0,00004
3	0	4,2543	1,2231	0,40350	0,00004
$S_{0(3)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	4,2534	1,2222	0,40321	0,00004
3,0312	30	4,2533	1,2221	0,40317	0,00004
	60	4,2529	1,2217	0,40304	0,00004
	120	4,2525	1,2213	0,40291	0,00004
	300	4,2510	1,2198	0,40241	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,1532	1,1220	0,37015	0,00004
4	0	4,0885	1,0655	0,35246	0,00004
$S_{0(4)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	4,0881	1,0651	0,35233	0,00004
3,0230	30	4,0880	1,0650	0,35230	0,00004
	60	4,0877	1,0647	0,35220	0,00004
	120	4,0869	1,0639	0,35194	0,00004
	300	4,0858	1,0628	0,35157	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,0614	1,0384	0,34350	0,00003

**Tabla 59.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de guacuco de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_S \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	4,1458	1,0735	0,34941	0,00003
$S_{0(1)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	4,1455	1,0732	0,34931	0,00003
3,0723	30	4,1453	1,0730	0,34925	0,00003
	60	4,1451	1,0728	0,34918	0,00003
	120	4,1446	1,0723	0,34902	0,00003
	300	4,1433	1,0710	0,34860	0,00003
	1800 $\pm$ 30	4,1213	1,0490	0,34144	0,00003
2	0	4,0142	0,9709	0,31602	0,00003
$S_{0(2)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	4,0142	0,9709	0,31602	0,00003
3,0433	30	4,0141	0,9708	0,31598	0,00003
	60	4,0438	1,0005	0,32565	0,00003
	120	4,0133	0,9700	0,31572	0,00003
	300	4,0118	0,9685	0,31524	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,9993	0,9560	0,31117	0,00003
3	0	4,1182	1,0694	0,35076	0,00003
$S_{0(3)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	4,1180	1,0692	0,35070	0,00003
3,0488	30	4,1178	1,0690	0,35063	0,00003
	60	4,1175	1,0687	0,35053	0,00003
	120	4,1170	1,0682	0,35037	0,00003
	300	4,1158	1,0670	0,34997	0,00003
	1800 $\pm$ 30	4,1017	1,0529	0,34535	0,00003
4	0	4,1045	1,0736	0,35422	0,00004
$S_{0(4)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	4,4643	1,4334	0,47293	0,00004
3,0309	30	4,1042	1,0733	0,35412	0,00004
	60	4,1039	1,0730	0,35402	0,00004
	120	4,1035	1,0726	0,35389	0,00003
	300	4,4560	1,4251	0,47019	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,0450	1,0141	0,33459	0,00003

**Tabla 60.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 \text{ (g)}$	$S_S \pm 0,0001 \text{ (g)}$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} \text{ (g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	6,0399	3,0197	0,99983	0,00005
$S_{0(1)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	6,0396	3,0194	0,99974	0,00005
3,0202	30	6,0393	3,0191	0,99964	0,00005
	60	6,0389	3,0187	0,99950	0,00005
	120	5,9210	2,9008	0,96047	0,00005
	300	5,9192	2,8990	0,95987	0,00005
	1800 $\pm$ 30	5,8126	2,7924	0,92457	0,00005
2	0	6,2568	3,2372	1,07207	0,00005
$S_{0(2)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	6,2563	3,2367	1,07190	0,00005
3,0196	30	6,2560	3,2364	1,07180	0,00005
	60	6,2554	3,2358	1,07161	0,00005
	120	6,2543	3,2347	1,07124	0,00005
	300	6,2521	3,2325	1,07051	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,0987	3,0791	1,01971	0,00005
3	0	5,9214	2,8915	0,95432	0,00005
$S_{0(3)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	5,9212	2,8913	0,95426	0,00005
3,0299	30	5,9209	2,8910	0,95416	0,00005
	60	5,9204	2,8905	0,95399	0,00005
	120	5,9196	2,8897	0,95373	0,00005
	300	5,9179	2,8880	0,95317	0,00005
	1800 $\pm$ 30	5,6828	2,6529	0,87557	0,00004
4	0	6,1024	3,0820	1,02040	0,00005
$S_{0(4)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	6,1022	3,0818	1,02034	0,00005
3,0204	30	6,1020	3,0816	1,02027	0,00005
	60	6,1015	3,0811	1,02010	0,00005
	120	6,1006	3,0802	1,01981	0,00005
	300	6,0950	3,0746	1,01795	0,00005
	1800 $\pm$ 30	5,7823	2,7619	0,91442	0,00004

**Tabla 61.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_s \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	5,8500	2,8266	0,93491	0,00005
$S_{0(1)} \pm 0.0001 (\text{g})$	15	5,8498	2,8264	0,93485	0,00005
3,0234	30	5,8496	2,8262	0,93478	0,00005
	60	5,8489	2,8255	0,93455	0,00005
	120	5,8479	2,8245	0,93422	0,00005
	300	5,8455	2,8221	0,93343	0,00005
	1800 $\pm$ 30	5,4332	2,4098	0,79706	0,00004
2	0	6,9981	3,9472	1,29378	0,00005
$S_{0(2)} \pm 0.0001 (\text{g})$	15	6,9976	3,9467	1,29362	0,00005
3,0509	30	6,9973	3,9464	1,29352	0,00005
	60	6,9967	3,9458	1,29332	0,00005
	120	6,9953	3,9444	1,29286	0,00005
	300	6,9929	3,9420	1,29208	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,6072	3,5563	1,16566	0,00005
3	0	5,9739	2,9607	0,98258	0,00005
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (\text{g})$	15	5,9735	2,9603	0,98244	0,00005
3,0132	30	5,9731	2,9599	0,98231	0,00005
	60	5,9725	2,9593	0,98211	0,00005
	120	5,9712	2,9580	0,98168	0,00005
	300	5,5174	2,5042	0,83108	0,00004
	1800 $\pm$ 30	5,1516	2,1384	0,70968	0,00004
4	0	5,9670	2,9512	0,97859	0,00005
$S_{0(4)} \pm 0.0001 (\text{g})$	15	5,9663	2,9505	0,97835	0,00005
3,0158	30	5,9657	2,9499	0,97816	0,00005
	60	5,9650	2,9492	0,97792	0,00005
	120	5,9636	2,9478	0,97746	0,00005
	300	5,9596	2,9438	0,97613	0,00005
	1800 $\pm$ 30	5,5527	2,5369	0,84121	0,00004

**Tabla 62.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando tusa de maíz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_s \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	12,4196	9,3874	3,0959	0,0001
$S_{0(1)} \pm 0.0001 (\text{g})$	15	12,4195	9,3873	3,0959	0,0001
3,0322	30	12,3311	9,2989	3,0667	0,0001
	60	12,2881	9,2559	3,0525	0,0001
	120	12,2563	9,2241	3,0420	0,0001
	300	12,2053	9,1731	3,0252	0,0001
	1800 $\pm$ 30	11,9750	8,9428	2,9493	0,0001
2	0	12,5361	9,5193	3,1554	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001 (\text{g})$	15	12,5358	9,5190	3,1553	0,0001
3,0168	30	12,3869	9,3701	3,1060	0,0001
	60	12,2711	9,2543	3,0676	0,0001
	120	12,1841	9,1673	3,0388	0,0001
	300	12,1143	9,0975	3,0156	0,0001
	1800 $\pm$ 30	12,0268	9,0100	2,9866	0,0001
3	0	12,4085	9,3840	3,1027	0,0001
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (\text{g})$	15	12,4081	9,3836	3,1025	0,0001
3,0245	30	12,3863	9,3618	3,0953	0,0001
	60	12,3535	9,3290	3,0845	0,0001
	120	12,2043	9,1798	3,0351	0,0001
	300	12,0562	9,0317	2,9862	0,0001
	1800 $\pm$ 30	11,8583	8,8338	2,9207	0,0001
4	0	12,8398	9,7893	3,2091	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001 (\text{g})$	15	12,8394	9,7889	3,2090	0,0001
3,0505	30	12,8320	9,7815	3,2065	0,0001
	60	12,8254	9,7749	3,2044	0,0001
	120	12,4905	9,4400	3,0946	0,0001
	300	12,3957	9,3452	3,0635	0,0001
	1800 $\pm$ 30	12,3123	9,2618	3,0362	0,0001

**Tabla 63.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{\text{ST}} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_{\text{S}} \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{\text{CS}} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	7,7766	4,7662	1,5833	0,0001
$S_{0(1)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	7,7764	4,7660	1,5832	0,0001
3,0104	30	7,7759	4,7655	1,5830	0,0001
	60	7,7753	4,7649	1,5828	0,0001
	120	7,7741	4,7637	1,5824	0,0001
	300	7,7713	4,7609	1,5815	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,2583	4,2479	1,4111	0,0001
2	0	7,9406	4,9167	1,6259	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	7,9404	4,9165	1,6259	0,0001
3,0239	30	7,9402	4,9163	1,6258	0,0001
	60	7,9396	4,9157	1,6256	0,0001
	120	7,9386	4,9147	1,6253	0,0001
	300	7,9344	4,9105	1,6239	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,3261	4,3022	1,4227	0,0001
3	0	7,5339	4,4797	1,4667	0,0001
$S_{0(3)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	7,5336	4,4794	1,4666	0,0001
3,0542	30	7,5332	4,4790	1,4665	0,0001
	60	7,5326	4,4784	1,4663	0,0001
	120	7,5313	4,4771	1,4659	0,0001
	300	7,5286	4,4744	1,4650	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,0631	4,0089	1,3126	0,0001
4	0	8,1499	5,1290	1,6978	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	8,1496	5,1287	1,6977	0,0001
3,0209	30	8,1493	5,1284	1,6976	0,0001
	60	8,1483	5,1274	1,6973	0,0001
	120	8,1477	5,1268	1,6971	0,0001
	300	8,1448	5,1239	1,6962	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,7109	4,6900	1,5525	0,0001

**Tabla 64.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado ,utilizando concha de coco marrón de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_s \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	6,5229	3,4565	1,12722	0,00005
$S_{0(1)} \pm 0.0001 (\text{g})$	15	6,5227	3,4563	1,12715	0,00005
3,0664	30	6,5226	3,4562	1,12712	0,00005
	60	6,5223	3,4559	1,12702	0,00005
	120	6,5218	3,4554	1,12686	0,00005
	300	6,5204	3,4540	1,12640	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,4591	3,3927	1,10641	0,00005
2	0	6,2981	3,2386	1,05854	0,00005
$S_{0(2)} \pm 0.0001 (\text{g})$	15	6,2980	3,2385	1,05851	0,00005
3,0595	30	6,2977	3,2382	1,05841	0,00005
	60	6,2974	3,2379	1,05831	0,00005
	120	6,2969	3,2374	1,05815	0,00005
	300	6,2956	3,2361	1,05772	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,2944	3,2349	1,05733	0,00005
3	0	6,1368	3,1029	1,02274	0,00005
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (\text{g})$	15	6,1365	3,1026	1,02264	0,00005
3,0339	30	6,1364	3,1025	1,02261	0,00005
	60	6,1360	3,1021	1,02248	0,00005
	120	6,1356	3,1017	1,02235	0,00005
	300	6,1329	3,0990	1,02146	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,1199	3,0860	1,01717	0,00005
4	0	6,4066	3,3490	1,09530	0,00005
$S_{0(4)} \pm 0.0001 (\text{g})$	15	6,4065	3,3489	1,09527	0,00005
3,0576	30	6,4063	3,3487	1,09521	0,00005
	60	6,3851	3,3275	1,08827	0,00005
	120	6,3842	3,3266	1,08798	0,00005
	300	6,3828	3,3252	1,08752	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,3328	3,2752	1,07117	0,00005

**Tabla 65.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco verde de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_s \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	8,4156	5,3682	1,7616	0,0001
$S_{0(1)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	8,4151	5,3677	1,7614	0,0001
3,0474	30	8,4144	5,3670	1,7612	0,0001
	60	8,4134	5,3660	1,7609	0,0001
	120	8,2835	5,2361	1,7182	0,0001
	300	8,1697	5,1223	1,6809	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,0064	4,9590	1,6273	0,0001
2	0	8,9851	5,9529	1,9632	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	8,9846	5,9524	1,9631	0,0001
3,0322	30	8,9841	5,9519	1,9629	0,0001
	60	8,9833	5,9511	1,9626	0,0001
	120	8,9568	5,9246	1,9539	0,0001
	300	8,9268	5,8946	1,9440	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,8615	5,8293	1,9225	0,0001
3	0	8,7231	5,7094	1,8945	0,0001
$S_{0(3)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	8,7225	5,7088	1,8943	0,0001
3,0137	30	8,7220	5,7083	1,8941	0,0001
	60	8,7211	5,7074	1,8938	0,0001
	120	8,6912	5,6775	1,8839	0,0001
	300	8,6553	5,6416	1,8720	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,5568	5,5431	1,8393	0,0001
4	0	8,5208	5,4336	1,7600	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	8,5203	5,4331	1,7599	0,0001
3,0872	30	8,5197	5,4325	1,7597	0,0001
	60	8,5188	5,4316	1,7594	0,0001
	120	8,5171	5,4299	1,7588	0,0001
	300	8,4917	5,4045	1,7506	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,4481	5,3609	1,7365	0,0001

**Tabla 66.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001(\text{g})$	$S_s \pm 0,0001(\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS}(\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	34,9594	31,9051	10,4460	0,0003
$S_{0(1)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	34,9594	31,9051	10,4460	0,0003
3,0543	30	34,6901	31,6358	10,3578	0,0003
	60	34,4572	31,4029	10,2815	0,0003
	120	34,1423	31,0880	10,1784	0,0003
	300	33,9770	30,9227	10,1243	0,0003
	1800 $\pm$ 30	31,8987	28,8444	9,4439	0,0003
2	0	34,1065	31,0922	10,3149	0,0003
$S_{0(2)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	34,1065	31,0922	10,3149	0,0003
3,0143	30	33,9445	30,9302	10,2612	0,0003
	60	33,7919	30,7776	10,2105	0,0003
	120	33,6209	30,6066	10,1538	0,0003
	300	33,4353	30,4210	10,0922	0,0003
	1800 $\pm$ 30	26,1929	23,1786	7,6895	0,0003
3	0	33,6095	30,5664	10,0445	0,0003
$S_{0(3)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	33,6095	30,5664	10,0445	0,0003
3,0431	30	33,5752	30,5321	10,0332	0,0003
	60	33,5272	30,4841	10,0175	0,0003
	120	33,3670	30,3239	9,9648	0,0003
	300	33,0893	30,0462	9,8736	0,0003
	1800 $\pm$ 30	31,3213	28,2782	9,2926	0,0003
4	0	34,6234	31,5702	10,3400	0,0003
$S_{0(4)} \pm 0.0001(\text{g})$	15	34,6234	31,5702	10,3400	0,0003
3,0532	30	34,5815	31,5283	10,3263	0,0003
	60	34,5191	31,4659	10,3059	0,0003
	120	34,4310	31,3778	10,2770	0,0003
	300	34,2695	31,2163	10,2241	0,0003
	1800 $\pm$ 30	31,6897	28,6365	9,3792	0,0003

**Tabla 67.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_s \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	8,4987	5,4732	1,8090	0,0001
$S_{0(1)} \pm 0.0001 (\text{g})$	15	8,4984	5,4729	1,8089	0,0001
3,0255	30	8,4981	5,4726	1,8088	0,0001
	60	8,4975	5,4720	1,8086	0,0001
	120	8,4963	5,4708	1,8082	0,0001
	300	8,4935	5,4680	1,8073	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,4555	5,4300	1,7947	0,0001
2	0	8,3121	5,2992	1,7588	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001 (\text{g})$	15	8,3116	5,2987	1,7587	0,0001
3,0129	30	8,3112	5,2983	1,7585	0,0001
	60	8,3104	5,2975	1,7583	0,0001
	120	8,3089	5,2960	1,7578	0,0001
	300	8,3055	5,2926	1,7567	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,2628	5,2499	1,7425	0,0001
3	0	8,1691	5,0921	1,6549	0,0001
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (\text{g})$	15	8,1685	5,0915	1,6547	0,0001
3,0770	30	8,1680	5,0910	1,6545	0,0001
	60	8,1671	5,0901	1,6542	0,0001
	120	8,1656	5,0886	1,6538	0,0001
	300	8,1620	5,0850	1,6526	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,1284	5,0514	1,6417	0,0001
4	0	7,8740	4,8365	1,5923	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001 (\text{g})$	15	7,8736	4,8361	1,5921	0,0001
3,0375	30	7,8731	4,8356	1,5920	0,0001
	60	7,8724	4,8349	1,5917	0,0001
	120	7,8711	4,8336	1,5913	0,0001
	300	7,8679	4,8304	1,5903	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,8377	4,8002	1,5803	0,0001

**Tabla 68.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	3,8268	0,7466	0,24239	0,00003
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	3,8266	0,7464	0,24232	0,00003
3,0802	30	3,8265	0,7463	0,24229	0,00003
	60	3,8261	0,7459	0,24216	0,00003
	120	3,8255	0,7453	0,24196	0,00003
	300	3,8243	0,7441	0,24158	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,8163	0,7361	0,23898	0,00003
2	0	3,6684	0,6074	0,19843	0,00003
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	3,6683	0,6073	0,19840	0,00003
3,0610	30	3,6681	0,6071	0,19833	0,00003
	60	3,6677	0,6067	0,19820	0,00003
	120	3,6671	0,6061	0,19801	0,00003
	300	3,6653	0,6043	0,19742	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,6567	0,5957	0,19461	0,00003
3	0	4,0136	0,9542	0,31189	0,00003
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	4,0136	0,9542	0,31189	0,00003
3,0594	30	4,0135	0,9541	0,31186	0,00003
	60	4,0133	0,9539	0,31179	0,00003
	120	4,0129	0,9535	0,31166	0,00003
	300	4,0119	0,9525	0,31134	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,9992	0,9398	0,30718	0,00003
4	0	3,6877	0,6440	0,21158	0,00003
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	3,6877	0,6440	0,21158	0,00003
3,0437	30	3,6874	0,6437	0,21149	0,00003
	60	3,6871	0,6434	0,21139	0,00003
	120	3,6865	0,6428	0,21119	0,00003
	300	3,6851	0,6414	0,21073	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,6758	0,6321	0,20767	0,00003

**Tabla 69.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	3,9715	0,9038	0,29462	0,00003
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	3,9714	0,9037	0,29459	0,00003
3,0677	30	3,9713	0,9036	0,29455	0,00003
	60	3,9712	0,9035	0,29452	0,00003
	120	3,9709	0,9032	0,29442	0,00003
	300	3,9700	0,9023	0,29413	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,9204	0,8527	0,27796	0,00003
2	0	3,9703	0,9474	0,31341	0,00003
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	3,9703	0,9474	0,31341	0,00003
3,0229	30	3,9702	0,9473	0,31337	0,00003
	60	3,9700	0,9471	0,31331	0,00003
	120	3,9697	0,9468	0,31321	0,00003
	300	3,9691	0,9462	0,31301	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,9385	0,9156	0,30289	0,00003
3	0	4,0305	0,9737	0,31854	0,00003
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	4,0302	0,9734	0,31844	0,00003
3,0568	30	4,0300	0,9732	0,31837	0,00003
	60	4,0298	0,9730	0,31831	0,00003
	120	4,0293	0,9725	0,31814	0,00003
	300	4,0207	0,9639	0,31533	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,9704	0,9136	0,29887	0,00003
4	0	3,9425	0,8991	0,29543	0,00003
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	3,9422	0,8988	0,29533	0,00003
3,0434	30	3,9420	0,8986	0,29526	0,00003
	60	3,9418	0,8984	0,29520	0,00003
	120	3,9415	0,8981	0,29510	0,00003
	300	3,9407	0,8973	0,29483	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,9067	0,8633	0,28366	0,00003

**Tabla 70.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de guacuco de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	4,1118	1,0389	0,33808	0,00003
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	4,1118	1,0389	0,33808	0,00003
3,0729	30	4,1117	1,0388	0,33805	0,00003
	60	4,1115	1,0386	0,33799	0,00003
	120	4,1111	1,0382	0,33786	0,00003
	300	4,1103	1,0374	0,33760	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,9405	0,8676	0,28234	0,00003
2	0	4,1364	1,0754	0,35132	0,00003
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	4,1364	1,0754	0,35132	0,00003
3,0610	30	4,1363	1,0753	0,35129	0,00003
	60	4,1361	1,0751	0,35123	0,00003
	120	4,1357	1,0747	0,35109	0,00003
	300	4,1349	1,0739	0,35083	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,9924	0,9314	0,30428	0,00003
3	0	4,0563	1,0013	0,32776	0,00003
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	4,0560	1,0010	0,32766	0,00003
3,0550	30	4,0557	1,0007	0,32756	0,00003
	60	4,0556	1,0006	0,32753	0,00003
	120	4,0551	1,0001	0,32736	0,00003
	300	4,0543	0,9993	0,32710	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,9130	0,8580	0,28085	0,00003
4	0	4,1125	1,0385	0,33783	0,00003
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	4,1125	1,0385	0,33783	0,00003
3,0740	30	4,1125	1,0385	0,33783	0,00003
	60	3,8815	0,8075	0,26269	0,00003
	120	3,8806	0,8066	0,26239	0,00003
	300	3,8793	0,8053	0,26197	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,8577	0,7837	0,25494	0,00003

**Tabla 71.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	6,5836	3,5518	1,17152	0,00005
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	6,5836	3,5518	1,17152	0,00005
3,0318	30	6,5835	3,5517	1,17148	0,00005
	60	6,5832	3,5514	1,17138	0,00005
	120	6,5829	3,5511	1,17128	0,00005
	300	6,5819	3,5501	1,17095	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,5630	3,5312	1,16472	0,00005
2	0	6,4364	3,4167	1,13147	0,00005
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	6,4363	3,4166	1,13144	0,00005
3,0197	30	6,4362	3,4165	1,13140	0,00005
	60	6,4361	3,4164	1,13137	0,00005
	120	6,4359	3,4162	1,13130	0,00005
	300	6,4351	3,4154	1,13104	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,4155	3,3958	1,12455	0,00005
3	0	6,4899	3,4278	1,11942	0,00005
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	6,4886	3,4265	1,11899	0,00005
3,0621	30	6,4884	3,4263	1,11893	0,00005
	60	6,4883	3,4262	1,11890	0,00005
	120	6,4879	3,4258	1,11876	0,00005
	300	6,4871	3,4250	1,11850	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,4722	3,4101	1,11364	0,00005
4	0	6,7634	3,7219	1,22371	0,00005
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	6,7612	3,7197	1,22299	0,00005
3,0415	30	6,7610	3,7195	1,22292	0,00005
	60	6,7607	3,7192	1,22282	0,00005
	120	6,7603	3,7188	1,22269	0,00005
	300	6,7591	3,7176	1,22230	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,7213	3,6798	1,20987	0,00005

**Tabla 72.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	6,1754	3,0926	1,00318	0,00005
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	6,1752	3,0924	1,00311	0,00005
3,0828	30	6,1750	3,0922	1,00305	0,00005
	60	6,1745	3,0917	1,00289	0,00005
	120	6,1738	3,0910	1,00266	0,00005
	300	6,1720	3,0892	1,00208	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,1172	3,0344	0,98430	0,00005
2	0	6,1157	3,0684	1,00693	0,00005
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	6,1154	3,0681	1,00683	0,00005
3,0473	30	6,1152	3,0679	1,00677	0,00005
	60	6,1146	3,0673	1,00657	0,00005
	120	6,1138	3,0665	1,00631	0,00005
	300	6,1117	3,0644	1,00562	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,0458	2,9985	0,98399	0,00005
3	0	5,9289	2,9001	0,95750	0,00005
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	5,9288	2,9000	0,95747	0,00005
3,0288	30	5,9287	2,8999	0,95743	0,00005
	60	5,9283	2,8995	0,95730	0,00005
	120	5,9279	2,8991	0,95717	0,00005
	300	5,9265	2,8977	0,95671	0,00005
	1800 $\pm$ 30	5,8847	2,8559	0,94290	0,00005
4	0	5,9230	2,9102	0,96595	0,00005
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	5,9228	2,9100	0,96588	0,00005
3,0128	30	5,9226	2,9098	0,96581	0,00005
	60	5,9223	2,9095	0,96571	0,00005
	120	5,9216	2,9088	0,96548	0,00005
	300	5,9200	2,9072	0,96495	0,00005
	1800 $\pm$ 30	5,8768	2,8640	0,95061	0,00005

**Tabla 73.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando tusa de maíz de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	9,3362	6,3177	2,0930	0,0001
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	9,3360	6,3175	2,0929	0,0001
3,0185	30	9,3355	6,3170	2,0928	0,0001
	60	9,3348	6,3163	2,0925	0,0001
	120	9,3334	6,3149	2,0921	0,0001
	300	9,3204	6,3019	2,0878	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,2865	6,2680	2,0765	0,0001
2	0	9,4375	6,4099	2,1171	0,0001
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	9,4370	6,4094	2,1170	0,0001
3,0276	30	9,4367	6,4091	2,1169	0,0001
	60	9,4359	6,4083	2,1166	0,0001
	120	9,4347	6,4071	2,1162	0,0001
	300	9,4269	6,3993	2,1136	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,4005	6,3729	2,1049	0,0001
3	0	9,0041	5,9766	1,9741	0,0001
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	9,0035	5,9760	1,9739	0,0001
3,0275	30	9,0030	5,9755	1,9737	0,0001
	60	9,0020	5,9745	1,9734	0,0001
	120	9,0005	5,9730	1,9729	0,0001
	300	8,9892	5,9617	1,9692	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,9457	5,9182	1,9548	0,0001
4	0	9,1102	6,0783	2,0048	0,0001
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	9,1097	6,0778	2,0046	0,0001
3,0319	30	9,1092	6,0773	2,0045	0,0001
	60	9,1083	6,0764	2,0042	0,0001
	120	9,1067	6,0748	2,0036	0,0001
	300	9,0982	6,0663	2,0008	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,0657	6,0338	1,9901	0,0001

**Tabla 74.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café de tamaño de partícula 500µm – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	t ± 1(s)	S <sub>ST</sub> ± 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> ± 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	7,3896	4,3718	1,4487	0,0001
S <sub>0(1)</sub> ± 0.0001(g)	15	7,3893	4,3715	1,4486	0,0001
3,0178	30	7,3890	4,3712	1,4485	0,0001
	60	7,3885	4,3707	1,4483	0,0001
	120	7,3876	4,3698	1,4480	0,0001
	300	7,3855	4,3677	1,4473	0,0001
	1800 ± 30	7,3618	4,3440	1,4395	0,0001
2	0	7,6707	4,6495	1,5389	0,0001
S <sub>0(2)</sub> ± 0.0001(g)	15	7,6705	4,6493	1,5389	0,0001
3,0212	30	7,6702	4,6490	1,5388	0,0001
	60	7,6698	4,6486	1,5387	0,0001
	120	7,6691	4,6479	1,5384	0,0001
	300	7,6677	4,6465	1,5380	0,0001
	1800 ± 30	7,5955	4,5743	1,5141	0,0001
3	0	7,8530	4,7172	1,5043	0,0001
S <sub>0(3)</sub> ± 0.0001(g)	15	7,8527	4,7169	1,5042	0,0001
3,1358	30	7,8524	4,7166	1,5041	0,0001
	60	7,8520	4,7162	1,5040	0,0001
	120	7,8513	4,7155	1,5038	0,0001
	300	7,8493	4,7135	1,5031	0,0001
	1800 ± 30	7,7763	4,6405	1,4798	0,0001
4	0	8,0044	4,9637	1,6324	0,0001
S <sub>0(4)</sub> ± 0.0001(g)	15	8,0041	4,9634	1,6323	0,0001
3,0407	30	8,0038	4,9631	1,6322	0,0001
	60	8,0032	4,9625	1,6320	0,0001
	120	8,0025	4,9618	1,6318	0,0001
	300	8,0003	4,9596	1,6311	0,0001
	1800 ± 30	7,9111	4,8704	1,6017	0,0001

**Tabla 75.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco marón de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	5,3565	2,3401	0,77579	0,00004
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	5,3561	2,3397	0,77566	0,00004
3,0164	30	5,3559	2,3395	0,77559	0,00004
	60	5,3555	2,3391	0,77546	0,00004
	120	5,3546	2,3382	0,77516	0,00004
	300	5,3525	2,3361	0,77447	0,00004
	1800 $\pm$ 30	5,3067	2,2903	0,75928	0,00004
2	0	4,9903	1,9790	0,65718	0,00004
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	4,9903	1,9790	0,65718	0,00004
3,0113	30	4,9900	1,9787	0,65708	0,00004
	60	4,9896	1,9783	0,65695	0,00004
	120	4,9888	1,9775	0,65668	0,00004
	300	4,9858	1,9745	0,65569	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,9659	1,9546	0,64908	0,00004
3	0	5,0225	2,0040	0,66391	0,00004
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	5,0221	2,0036	0,66377	0,00004
3,0185	30	5,0218	2,0033	0,66367	0,00004
	60	5,0213	2,0028	0,66351	0,00004
	120	5,0206	2,0021	0,66328	0,00004
	300	5,0186	2,0001	0,66261	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,9974	1,9789	0,65559	0,00004
4	0	4,8389	1,7894	0,58677	0,00004
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	4,8385	1,7890	0,58664	0,00004
3,0495	30	5,1383	2,0888	0,68495	0,00004
	60	4,8378	1,7883	0,58641	0,00004
	120	4,8371	1,7876	0,58618	0,00004
	300	4,8353	1,7858	0,58559	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,8200	1,7705	0,58058	0,00004

**Tabla 76.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco verde de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	10,3328	7,2590	2,3616	0,0001
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	10,3326	7,2588	2,3615	0,0001
3,0738	30	10,2725	7,1987	2,3420	0,0001
	60	10,2273	7,1535	2,3272	0,0001
	120	10,1918	7,1180	2,3157	0,0001
	300	10,1492	7,0754	2,3018	0,0001
	1800 $\pm$ 30	10,0732	6,9994	2,2771	0,0001
2	0	9,8584	6,8529	2,2801	0,0001
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	9,8581	6,8526	2,2800	0,0001
3,0055	30	9,8486	6,8431	2,2768	0,0001
	60	9,8359	6,8304	2,2726	0,0001
	120	9,8192	6,8137	2,2671	0,0001
	300	9,7967	6,7912	2,2596	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,7244	5,7189	1,9028	0,0001
3	0	9,4848	6,4150	2,0897	0,0001
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	9,4843	6,4145	2,0895	0,0001
3,0698	30	9,4594	6,3896	2,0814	0,0001
	60	9,4438	6,3740	2,0764	0,0001
	120	9,4235	6,3537	2,0697	0,0001
	300	9,3459	6,2761	2,0445	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,2775	6,2077	2,0222	0,0001
4	0	8,5376	5,4836	1,7955	0,0001
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	8,5370	5,4830	1,7953	0,0001
3,054	30	8,5060	5,4520	1,7852	0,0001
	60	8,4785	5,4245	1,7762	0,0001
	120	8,4329	5,3789	1,7613	0,0001
	300	8,3311	5,2771	1,7279	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,1451	5,0911	1,6670	0,0001

**Tabla 77.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar de tamaño de partícula 500µm – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	t ± 1(s)	S <sub>ST</sub> ± 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> ± 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	16,2882	13,2735	4,4029	0,0001
S <sub>0(1)</sub> ± 0.0001(g)	15	16,2877	13,2730	4,4027	0,0001
3,0147	30	16,2872	13,2725	4,4026	0,0001
	60	16,2864	13,2717	4,4023	0,0001
	120	16,2848	13,2701	4,4018	0,0001
	300	16,2810	13,2663	4,4005	0,0001
	1800 ± 30	16,2080	13,1933	4,3763	0,0001
2	0	17,1591	14,1255	4,6563	0,0002
S <sub>0(2)</sub> ± 0.0001(g)	15	17,1586	14,1250	4,6562	0,0002
3,0336	30	16,5582	13,5246	4,4583	0,0002
	60	17,1572	14,1236	4,6557	0,0002
	120	17,1556	14,1220	4,6552	0,0002
	300	17,1505	14,1169	4,6535	0,0002
	1800 ± 30	17,0762	14,0426	4,6290	0,0002
3	0	17,9440	14,8982	4,8914	0,0002
S <sub>0(3)</sub> ± 0.0001(g)	15	17,9433	14,8975	4,8912	0,0002
3,0458	30	17,9426	14,8968	4,8909	0,0002
	60	17,9415	14,8957	4,8906	0,0002
	120	17,9396	14,8938	4,8899	0,0002
	300	17,9355	14,8897	4,8886	0,0002
	1800 ± 30	17,8810	14,8352	4,8707	0,0002
4	0	20,6785	17,6614	5,8538	0,0002
S <sub>0(4)</sub> ± 0.0001(g)	15	20,6778	17,6607	5,8535	0,0002
3,0171	30	20,6774	17,6603	5,8534	0,0002
	60	20,6765	17,6594	5,8531	0,0002
	120	20,6748	17,6577	5,8525	0,0002
	300	20,6705	17,6534	5,8511	0,0002
	1800 ± 30	20,6266	17,6095	5,8366	0,0002

**Tabla 78.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	10,7247	7,6719	2,5131	0,0001
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	10,7242	7,6714	2,5129	0,0001
3,0528	30	10,7239	7,6711	2,5128	0,0001
	60	10,7232	7,6704	2,5126	0,0001
	120	10,7220	7,6692	2,5122	0,0001
	300	10,7190	7,6662	2,5112	0,0001
	1800 $\pm$ 30	10,6595	7,6067	2,4917	0,0001
2	0	9,8415	6,8117	2,2482	0,0001
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	9,8402	6,8104	2,2478	0,0001
3,0298	30	9,8399	6,8101	2,2477	0,0001
	60	9,8393	6,8095	2,2475	0,0001
	120	9,8382	6,8084	2,2471	0,0001
	300	9,8128	6,7830	2,2388	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,7616	6,7318	2,2219	0,0001
3	0	10,5235	7,4959	2,4759	0,0001
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	10,5231	7,4955	2,4757	0,0001
3,0276	30	10,5227	7,4951	2,4756	0,0001
	60	10,5219	7,4943	2,4753	0,0001
	120	10,5236	7,4960	2,4759	0,0001
	300	10,5174	7,4898	2,4738	0,0001
	1800 $\pm$ 30	10,4198	7,3922	2,4416	0,0001
4	0	9,6635	6,6211	2,1763	0,0001
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	15	9,6626	6,6202	2,1760	0,0001
3,0424	30	9,6621	6,6197	2,1758	0,0001
	60	9,6613	6,6189	2,1755	0,0001
	120	9,6600	6,6176	2,1751	0,0001
	300	9,6561	6,6137	2,1738	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,6209	6,5785	2,1623	0,0001

**Tabla 79.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_s \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	3,8648	0,8375	0,27665	0,00003
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	15	3,8647	0,8374	0,27662	0,00003
3,0273	30	3,8645	0,8372	0,27655	0,00003
	60	3,8643	0,8370	0,27648	0,00003
	120	3,8638	0,8365	0,27632	0,00003
	300	3,8629	0,8356	0,27602	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,7619	0,7346	0,24266	0,00003
2	0	3,8686	0,7965	0,25927	0,00003
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	15	3,8684	0,7963	0,25920	0,00003
3,0721	30	3,8682	0,7961	0,25914	0,00003
	60	3,8680	0,7959	0,25907	0,00003
	120	3,8675	0,7954	0,25891	0,00003
	300	3,8663	0,7942	0,25852	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,8299	0,7578	0,24667	0,00003
3	0	3,6345	0,5513	0,17881	0,00003
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (g)$	15	3,6343	0,5511	0,17874	0,00003
3,0832	30	3,6342	0,5510	0,17871	0,00003
	60	3,6340	0,5508	0,17865	0,00003
	120	3,6336	0,5504	0,17852	0,00003
	300	3,6326	0,5494	0,17819	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,5768	0,4936	0,16009	0,00003
4	0	3,8794	0,8122	0,26480	0,00003
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	15	3,8794	0,8122	0,26480	0,00003
3,0672	30	3,8792	0,8120	0,26474	0,00003
	60	3,8790	0,8118	0,26467	0,00003
	120	3,8785	0,8113	0,26451	0,00003
	300	3,8773	0,8101	0,26412	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,8081	0,7409	0,24156	0,00003

**Tabla 80.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_s \pm 0,0001 (g)$	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	3,4056	0,3170	0,10264	0,00003
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	15	3,4055	0,3169	0,10260	0,00003
3,0886	30	3,4054	0,3168	0,10257	0,00003
	60	3,4052	0,3166	0,10251	0,00003
	120	3,4048	0,3162	0,10238	0,00003
	300	3,1040	0,0154	0,00499	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,3970	0,3084	0,09985	0,00003
2	0	3,4637	0,3802	0,12330	0,00003
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	15	3,4633	0,3798	0,12317	0,00003
3,0835	30	3,4632	0,3797	0,12314	0,00003
	60	3,4630	0,3795	0,12307	0,00003
	120	3,4627	0,3792	0,12298	0,00003
	300	3,4620	0,3785	0,12275	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,4343	0,3508	0,11377	0,00003
3	0	3,5026	0,4282	0,13928	0,00003
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (g)$	15	3,5025	0,4281	0,13925	0,00003
3,0744	30	3,5025	0,4281	0,13925	0,00003
	60	3,5022	0,4278	0,13915	0,00003
	120	3,5020	0,4276	0,13908	0,00003
	300	3,5012	0,4268	0,13882	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,4826	0,4082	0,13277	0,00003
4	0	3,4482	0,3510	0,11333	0,00003
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	15	3,4481	0,3509	0,11330	0,00003
3,0972	30	3,4480	0,3508	0,11326	0,00003
	60	3,4477	0,3505	0,11317	0,00003
	120	3,4475	0,3503	0,11310	0,00003
	300	3,4466	0,3494	0,11281	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,4363	0,3391	0,10949	0,00003

**Tabla 81.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_s \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	7,0907	4,0564	1,3368	0,0001
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	15	7,0906	4,0563	1,3368	0,0001
3,0343	30	7,0905	4,0562	1,3368	0,0001
	60	7,0903	4,0560	1,3367	0,0001
	120	7,0898	4,0555	1,3366	0,0001
	300	7,0887	4,0544	1,3362	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,0239	3,9896	1,31483	0,00005
2	0	7,1183	4,0776	1,3410	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	15	7,1178	4,0771	1,3408	0,0001
3,0407	30	7,1177	4,0770	1,3408	0,0001
	60	7,1174	4,0767	1,3407	0,0001
	120	7,1170	4,0763	1,3406	0,0001
	300	7,1158	4,0751	1,34017	0,00005
	1800 $\pm$ 30	7,0367	3,9960	1,31416	0,00005
3	0	4,9726	1,9192	0,62854	0,00004
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (g)$	15	4,9726	1,9192	0,62854	0,00004
3,0534	30	4,9726	1,9192	0,62854	0,00004
	60	4,9723	1,9189	0,62844	0,00004
	120	4,9719	1,9185	0,62831	0,00004
	300	4,9711	1,9177	0,62804	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,9285	1,8751	0,61409	0,00004
4	0	7,5288	4,4996	1,4854	0,0001
$S_{0(4)} (g)$	15	7,5288	4,4996	1,4854	0,0001
3,0292	30	7,5285	4,4993	1,4853	0,0001
	60	7,5284	4,4992	1,4853	0,0001
	120	7,5280	4,4988	1,4851	0,0001
	300	7,5271	4,4979	1,4848	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,5029	4,4737	1,4769	0,0001

**Tabla 82.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz desgrasado en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_S \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	5,5340	2,4573	0,79867	0,00004
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	15	5,5339	2,4572	0,79864	0,00004
3,0767	30	5,5335	2,4568	0,79851	0,00004
	60	5,5331	2,4564	0,79838	0,00004
	120	5,5247	2,4480	0,79565	0,00004
	300	5,5020	2,4253	0,78827	0,00004
	$1800 \pm 30$	5,1541	2,0774	0,67519	0,00003
2	0	5,4769	2,4305	0,79783	0,00004
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	15	5,4765	2,4301	0,79770	0,00004
3,0464	30	5,4762	2,4298	0,79760	0,00004
	60	5,4757	2,4293	0,79743	0,00004
	120	5,4749	2,4285	0,79717	0,00004
	300	5,4360	2,3896	0,78440	0,00004
	$1800 \pm 30$	5,3251	2,2787	0,74800	0,00004
3	0	5,4467	2,4117	0,79463	0,00004
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (g)$	15	5,4462	2,4112	0,79446	0,00004
3,0350	30	5,4460	2,4110	0,79440	0,00004
	60	5,4457	2,4107	0,79430	0,00004
	120	5,4451	2,4101	0,79410	0,00004
	300	5,4142	2,3792	0,78392	0,00004
	$1800 \pm 30$	5,3752	2,3402	0,77107	0,00004
4	0	5,0171	1,9680	0,64543	0,00004
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	15	5,0171	1,9680	0,64543	0,00004
3,0491	30	5,0169	1,9678	0,64536	0,00004
	60	5,0165	1,9674	0,64523	0,00004
	120	5,0038	1,9547	0,64106	0,00004
	300	4,9912	1,9421	0,63693	0,00004
	$1800 \pm 30$	4,9677	1,9186	0,62923	0,00004

**Tabla 83.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_S \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	9,8053	6,7176	2,1756	0,0001
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	15	9,8052	6,7175	2,1756	0,0001
3,0877	30	9,8050	6,7173	2,1755	0,0001
	60	9,8046	6,7169	2,1754	0,0001
	120	9,8039	6,7162	2,1751	0,0001
	300	9,8020	6,7143	2,1745	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,6327	6,5450	2,1197	0,0001
2	0	7,1838	4,1647	1,3794	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	15	6,6834	3,6643	1,21370	0,00005
3,0191	30	6,6832	3,6641	1,21363	0,00005
	60	7,1827	4,1636	1,3791	0,0001
	120	7,1819	4,1628	1,3788	0,0001
	300	7,1799	4,1608	1,3781	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,1230	4,1039	1,3593	0,0001
3	0	8,4982	5,4941	1,8289	0,0001
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (g)$	15	8,4981	5,4940	1,8288	0,0001
3,0041	30	8,4980	5,4939	1,8288	0,0001
	60	8,4976	5,4935	1,8287	0,0001
	120	8,4969	5,4928	1,8284	0,0001
	300	8,4950	5,4909	1,8278	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,4130	5,4089	1,8005	0,0001
4	0	8,9988	5,9875	1,9883	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	15	8,9987	5,9874	1,9883	0,0001
3,0113	30	8,9985	5,9872	1,9882	0,0001
	60	8,9980	5,9867	1,9881	0,0001
	120	8,9972	5,9859	1,9878	0,0001
	300	8,9954	5,9841	1,9872	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,9096	5,8983	1,9587	0,0001

**Tabla 84.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_S \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	25,5845	22,5519	7,4365	0,0002
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	15	25,5843	22,5517	7,4364	0,0002
3,0326	30	25,5841	22,5515	7,4364	0,0002
	60	25,5835	22,5509	7,4362	0,0002
	120	25,5825	22,5499	7,4358	0,0002
	300	25,5801	22,5475	7,4350	0,0002
	$1800 \pm 30$	25,5249	22,4923	7,4168	0,0002
2	0	19,2584	16,2017	5,3004	0,0002
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	15	19,2581	16,2014	5,3003	0,0002
3,0567	30	19,2578	16,2011	5,3002	0,0002
	60	19,2571	16,2004	5,3000	0,0002
	120	19,2561	16,1994	5,2996	0,0002
	300	19,2539	16,1972	5,2989	0,0002
	$1800 \pm 30$	18,5525	15,4958	5,0695	0,0002
3	0	23,4196	20,4043	6,7669	0,0002
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (g)$	15	23,4192	20,4039	6,7668	0,0002
3,0153	30	23,4188	20,4035	6,7667	0,0002
	60	23,4181	20,4028	6,7664	0,0002
	120	23,4169	20,4016	6,7660	0,0002
	300	23,4141	20,3988	6,7651	0,0002
	$1800 \pm 30$	23,0611	20,0458	6,6480	0,0002
4	0	18,3218	15,3145	5,0924	0,0002
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	15	18,3214	15,3141	5,0923	0,0002
3,0073	30	18,3208	15,3135	5,0921	0,0002
	60	18,3200	15,3127	5,0918	0,0002
	120	18,3187	15,3114	5,0914	0,0002
	300	18,3161	15,3088	5,0905	0,0002
	$1800 \pm 30$	18,0834	15,0761	5,0132	0,0002

**Tabla 85.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_S \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	14,2312	11,2257	3,7351	0,0001
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	15	14,2308	11,2253	3,7349	0,0001
3,0055	30	14,2303	11,2248	3,7348	0,0001
	60	14,2295	11,2240	3,7345	0,0001
	120	14,2281	11,2226	3,7340	0,0001
	300	14,2247	11,2192	3,7329	0,0001
	$1800 \pm 30$	13,9056	10,9001	3,6267	0,0001
2	0	12,5833	9,5814	3,1918	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	15	12,5827	9,5808	3,1916	0,0001
3,0019	30	12,5822	9,5803	3,1914	0,0001
	60	12,5813	9,5794	3,1911	0,0001
	120	12,5797	9,5778	3,1906	0,0001
	300	12,5758	9,5739	3,1893	0,0001
	$1800 \pm 30$	12,4238	9,4219	3,1386	0,0001
3	0	12,2292	9,2267	3,0730	0,0001
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (g)$	15	12,2288	9,2263	3,0729	0,0001
3,0025	30	12,2285	9,2260	3,0728	0,0001
	60	12,2280	9,2255	3,0726	0,0001
	120	12,2270	9,2245	3,0723	0,0001
	300	12,2247	9,2222	3,0715	0,0001
	$1800 \pm 30$	12,1491	9,1466	3,0463	0,0001
4	0	11,0706	8,0615	2,6790	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	15	11,0703	8,0612	2,6789	0,0001
3,0091	30	11,0699	8,0608	2,6788	0,0001
	60	11,0692	8,0601	2,6786	0,0001
	120	11,0682	8,0591	2,6782	0,0001
	300	11,0633	8,0542	2,6766	0,0001
	$1800 \pm 30$	10,8980	7,8889	2,6217	0,0001

**Tabla 86.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagacillo en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_S \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	34,3772	31,2406	9,9600	0,0003
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	15	34,3769	31,2403	9,9599	0,0003
3,1366	30	34,3764	31,2398	9,9598	0,0003
	60	34,3755	31,2389	9,9595	0,0003
	120	34,3740	31,2374	9,9590	0,0003
	300	34,3702	31,2336	9,9578	0,0003
	$1800 \pm 30$	33,3983	30,2617	9,6479	0,0003
2	0	33,1617	30,0902	9,7966	0,0003
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	15	33,1613	30,0898	9,7965	0,0003
3,0715	30	33,1608	30,0893	9,7963	0,0003
	60	33,1600	30,0885	9,7960	0,0003
	120	33,1586	30,0871	9,7956	0,0003
	300	33,1550	30,0835	9,7944	0,0003
	$1800 \pm 30$	32,0317	28,9602	9,4287	0,0003
3	0	35,3620	32,3309	10,6664	0,0004
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (g)$	15	35,3617	32,3306	10,6663	0,0004
3,0311	30	35,3612	32,3301	10,6661	0,0004
	60	35,3603	32,3292	10,6658	0,0004
	120	35,3587	32,3276	10,6653	0,0004
	300	35,3546	32,3235	10,6640	0,0004
	$1800 \pm 30$	34,5056	31,4745	10,3839	0,0003
4	0	33,6396	30,6182	10,1338	0,0003
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	15	33,6391	30,6177	10,1336	0,0003
3,0214	30	33,6386	30,6172	10,1334	0,0003
	60	33,6379	30,6165	10,1332	0,0003
	120	33,6364	30,6150	10,1327	0,0003
	300	33,6328	30,6114	10,1315	0,0003
	$1800 \pm 30$	33,1373	30,1159	9,9675	0,0003

**Tabla 87.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando ceniza de caña de azúcar en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	t ± 1(s)	S <sub>ST</sub> ± 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> ± 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	11,9321	8,7872	2,7941	0,0001
S <sub>0(1)</sub> ± 0.0001(g)	15	11,9315	8,7866	2,7939	0,0001
3,1449	30	11,9311	8,7862	2,7938	0,0001
	60	11,9302	8,7853	2,7935	0,0001
	120	11,9287	8,7838	2,7930	0,0001
	300	11,9252	8,7803	2,7919	0,0001
	1800 ± 30	11,5713	8,4264	2,6794	0,0001
2	0	11,1291	8,0741	2,6429	0,0001
S <sub>0(2)</sub> ± 0.0001(g)	15	11,1287	8,0737	2,6428	0,0001
3,0550	30	11,1282	8,0732	2,6426	0,0001
	60	11,1270	8,0720	2,6422	0,0001
	120	11,1252	8,0702	2,6416	0,0001
	300	11,1221	8,0671	2,6406	0,0001
	1800 ± 30	10,8052	7,7502	2,5369	0,0001
3	0	10,9989	7,9370	2,5922	0,0001
S <sub>0(3)</sub> (g)	15	10,9984	7,9365	2,5920	0,0001
S <sub>0(3)</sub> ± 0.0001 (g)	30	10,9979	7,9360	2,5919	0,0001
	60	10,9972	7,9353	2,5916	0,0001
	120	10,9953	7,9334	2,5910	0,0001
	300	10,9920	7,9301	2,5899	0,0001
	1800 ± 30	10,6942	7,6323	2,4927	0,0001
4	0	11,8117	8,7656	2,8777	0,0001
S <sub>0(4)</sub> ± 0.0001(g)	15	11,8111	8,7650	2,8775	0,0001
3,0461	30	11,8107	8,7646	2,8773	0,0001
	60	11,8099	8,7638	2,8771	0,0001
	120	11,8083	8,7622	2,8765	0,0001
	300	11,8042	8,7581	2,8752	0,0001
	1800 ± 30	11,8500	8,8039	2,8902	0,0001

**Tabla 88.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando un material de tipo sintético (1) en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_s \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	56,3099	53,3354	17,931	0,001
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	15	56,3099	53,3354	17,931	0,001
2,9745	30	54,9762	52,0017	17,483	0,001
	60	53,9652	50,9907	17,143	0,001
	120	50,8053	47,8308	16,080	0,001
	300	49,4574	46,4829	15,627	0,001
	1800 $\pm$ 30	47,3260	44,3515	14,911	0,001
2	0	55,9807	52,9262	17,327	0,001
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	15	55,9807	52,9262	17,327	0,001
3,0545	30	54,6576	51,6031	16,894	0,001
	60	51,6994	48,6449	15,926	0,001
	120	48,6361	45,5816	14,923	0,000
	300	48,2787	45,2242	14,806	0,000
	1800 $\pm$ 30	40,7340	37,6795	12,336	0,000
3	0	54,7304	51,7271	17,223	0,001
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (g)$	15	54,7304	51,7271	17,223	0,001
3.0033	30	53,4411	50,4378	16,794	0,001
	60	52,7621	49,7588	16,568	0,001
	120	52,4703	49,4670	16,471	0,001
	300	47,6813	44,6780	14,876	0,000
	1800 $\pm$ 30	47,2324	44,2291	14,727	0,000
4	0	57,6909	54,6926	18,241	0,001
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	15	57,6909	54,6926	18,241	0,001
2,9983	30	55,9806	52,9823	17,671	0,001
	60	54,6973	51,6990	17,243	0,001
	120	50,5976	47,5993	15,875	0,001
	300	49,6863	46,6880	15,571	0,001
	1800 $\pm$ 30	46,0985	43,1002	14,375	0,000

**Tabla 89.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando un material de tipo sintético (2) en su estado natural como material sorbente y gasoil como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_S \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	33,5576	30,4500	9,7986	0,0003
$S_{0(1)} \pm 0.0001 (g)$	15	33,5576	30,4500	9,7986	0,0003
3,1076	30	32,9988	29,8912	9,6187	0,0003
	60	32,3883	29,2807	9,4223	0,0003
	120	29,8634	26,7558	8,6098	0,0003
	300	27,5788	24,4712	7,8746	0,0003
	1800 $\pm$ 30	26,1878	23,0802	7,4270	0,0002
2	0	33,0903	29,9573	9,5619	0,0003
$S_{0(2)} \pm 0.0001 (g)$	15	33,0903	29,9573	9,5619	0,0003
3,1330	30	32,8310	29,6980	9,4791	0,0003
	60	32,2710	29,1380	9,3004	0,0003
	120	31,0787	27,9457	8,9198	0,0003
	300	28,3514	25,2184	8,0493	0,0003
	1800 $\pm$ 30	27,1618	24,0288	7,6696	0,0002
3	0	31,8713	28,8631	9,5948	0,0003
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (g)$	15	31,8713	28,8631	9,5948	0,0003
3,0082	30	30,8809	27,8727	9,2656	0,0003
	60	30,5677	27,5595	9,1615	0,0003
	120	30,0384	27,0302	8,9855	0,0003
	300	28,0355	25,0273	8,3197	0,0003
	1800 $\pm$ 30	26,0348	23,0266	7,6546	0,0002
4	0	31,1650	28,1108	9,2040	0,0003
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	15	31,1650	28,1108	9,2040	0,0003
3,0542	30	29,8840	26,8298	8,7846	0,0003
	60	28,9428	25,8886	8,4764	0,0003
	120	27,6684	24,6142	8,0591	0,0003
	300	26,0374	22,9832	7,5251	0,0002
	1800 $\pm$ 30	25,0006	21,9464	7,1856	0,0002

**Tabla 90.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_S \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	5,5010	2,4731	0,80900	0,00004
$S_{0(1)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	5,2392	2,2113	0,72336	0,00004
3,0279	60	5,0185	1,9906	0,65116	0,00004
	120	4,8496	1,8217	0,59591	0,00004
	300	4,6926	1,6647	0,54455	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,5784	1,5505	0,50720	0,00004
2	0	5,4556	2,4276	0,80172	0,00004
$S_{0(2)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	5,1521	2,1241	0,70149	0,00004
3,0280	60	4,9798	1,9518	0,64458	0,00004
	120	4,8093	1,7813	0,58828	0,00004
	300	4,6386	1,6106	0,53190	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,4687	1,4407	0,47579	0,00004
3	0	5,5870	2,5417	0,83463	0,00004
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	5,3696	2,3243	0,76324	0,00004
3,0453	60	5,2421	2,1968	0,72137	0,00004
	120	5,0186	1,9733	0,64798	0,00004
	300	4,6942	1,6489	0,54146	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,5337	1,4884	0,48875	0,00004
4	0	5,6455	2,6140	0,86228	0,00004
$S_{0(4)} \pm 0.0001(\text{g})$	30	5,2994	2,2679	0,74811	0,00004
3,0315	60	5,0819	2,0504	0,67636	0,00004
	120	4,7864	1,7549	0,57889	0,00004
	300	4,6109	1,5794	0,52100	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,4659	1,4344	0,47317	0,00004

**Tabla 91.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{\text{ST}} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_{\text{S}} \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{\text{CS}} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	5,4800	2,4028	0,78084	0,00004
$S_{0(1)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	5,3050	2,2278	0,72397	0,00004
3,0772	60	5,1278	2,0506	0,66639	0,00004
	120	4,9118	1,8346	0,59619	0,00004
	300	4,6390	1,5618	0,50754	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,4716	1,3944	0,45314	0,00004
2	0	5,3973	2,3239	0,75613	0,00004
$S_{0(2)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	5,2262	2,1528	0,70046	0,00004
3,0734	60	5,0433	1,9699	0,64095	0,00004
	120	4,8591	1,7857	0,58102	0,00004
	300	4,5784	1,5050	0,48969	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,4299	1,3565	0,44137	0,00004
3	0	5,6195	2,5995	0,86076	0,00004
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	5,0558	2,0358	0,67411	0,00004
3,0200	60	4,8830	1,8630	0,61689	0,00004
	120	4,7010	1,6810	0,55662	0,00004
	300	4,5304	1,5104	0,50013	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,3889	1,3689	0,45328	0,00004
4	0	5,4201	2,3631	0,77301	0,00004
$S_{0(4)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	5,1717	2,1147	0,69176	0,00004
3,0570	60	4,9476	1,8906	0,61845	0,00004
	120	4,7240	1,6670	0,54531	0,00004
	300	4,5461	1,4891	0,48711	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,4198	1,3628	0,44580	0,00004

**Tabla 92.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de guacuco de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_S \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	5,6956	2,6283	0,85688	0,00004
$S_{0(1)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	5,0804	2,0131	0,65631	0,00004
3,0673	60	4,8289	1,7616	0,57432	0,00004
	120	4,6823	1,6150	0,52652	0,00004
	300	4,4945	1,4272	0,46530	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,2943	1,2270	0,40003	0,00004
2	0	5,3398	2,2693	0,73907	0,00004
$S_{0(2)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	5,1176	2,0471	0,66670	0,00004
3,0705	60	4,9480	1,8775	0,61146	0,00004
	120	4,7319	1,6614	0,54108	0,00004
	300	4,5245	1,4540	0,47354	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,3004	1,2299	0,40055	0,00004
3	0	5,2522	2,2014	0,72158	0,00004
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	5,0392	1,9884	0,65176	0,00004
3,0508	60	4,8416	1,7908	0,58699	0,00004
	120	4,6683	1,6175	0,53019	0,00004
	300	4,4865	1,4357	0,47060	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,2996	1,2488	0,40934	0,00004
4	0	5,2222	2,1452	0,69717	0,00004
$S_{0(4)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	4,9498	1,8728	0,60864	0,00004
3,077	60	4,8642	1,7872	0,58083	0,00004
	120	4,7440	1,6670	0,54176	0,00004
	300	4,5437	1,4667	0,47667	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,3429	1,2659	0,41141	0,00004

**Tabla 93.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_S \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	11,0752	8,0686	2,6836	0,0001
$S_{0(1)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	9,6911	6,6845	2,2233	0,0001
3,0066	60	8,7330	5,7264	1,9046	0,0001
	120	8,0475	5,0409	1,6766	0,0001
	300	7,4553	4,4487	1,4796	0,0001
	$1800 \pm 30$	6,9162	3,9096	1,30034	0,00005
2	0	11,9092	8,8576	2,9026	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	9,7173	6,6657	2,1843	0,0001
3,0516	60	8,9829	5,9313	1,9437	0,0001
	120	8,1620	5,1104	1,6747	0,0001
	300	7,7022	4,6506	1,5240	0,0001
	$1800 \pm 30$	7,1312	4,0796	1,3369	0,0001
3	0	11,1256	8,1021	2,6797	0,0001
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	8,4072	5,3837	1,7806	0,0001
3,0235	60	7,4183	4,3948	1,4536	0,0001
	120	6,4245	3,4010	1,12486	0,00005
	300	5,7154	2,6919	0,89033	0,00004
	$1800 \pm 30$	10,2040	7,1805	2,3749	0,0001
4	0	11,3144	8,2948	2,7470	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	10,3352	7,3156	2,4227	0,0001
3,0196	60	10,6941	7,6745	2,5416	0,0001
	120	6,2375	3,2179	1,06567	0,00005
	300	8,5797	5,5601	1,8413	0,0001
	$1800 \pm 30$	7,9860	4,9664	1,6447	0,0001

**Tabla 94.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_S \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	11,4421	8,4231	2,7900	0,00010
$S_{0(1)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	10,2423	7,2233	2,3926	0,0001
3,0190	60	9,5024	6,4834	2,1475	0,0001
	120	8,7044	5,6854	1,8832	0,0001
	300	7,4931	4,4741	1,4820	0,0001
	1800 $\pm$ 30	6,3776	3,3586	1,11249	0,00005
2	0	11,4714	8,4307	2,7726	0,00010
$S_{0(2)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	9,9371	6,8964	2,2680	0,0001
3,0407	60	9,0682	6,0275	1,9823	0,0001
	120	8,4348	5,3941	1,7740	0,0001
	300	7,5524	4,5117	1,4838	0,0001
	1800 $\pm$ 30	6,4327	3,3920	1,11553	0,00005
3	0	10,5528	7,5343	2,4960	0,0001
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	9,6151	6,5966	2,1854	0,0001
3,0185	60	8,9933	5,9748	1,9794	0,0001
	120	8,1342	5,1157	1,6948	0,0001
	300	7,2944	4,2759	1,4166	0,0001
	1800 $\pm$ 30	6,2195	3,2010	1,06047	0,00005
4	0	11,5672	8,5150	2,7898	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	10,1370	7,0848	2,3212	0,0001
3,0522	60	9,3315	6,2793	2,0573	0,0001
	120	8,5134	5,4612	1,7893	0,0001
	300	7,5948	4,5426	1,4883	0,0001
	1800 $\pm$ 30	6,5612	3,5090	1,14966	0,00005

**Tabla 95.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando tusa de maíz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_S \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	16,7483	13,7292	4,5474	0,0002
$S_{0(1)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	15,1552	12,1361	4,0198	0,0001
3,0191	60	14,2036	11,1845	3,7046	0,0001
	120	13,6308	10,6117	3,5149	0,0001
	300	13,0245	10,0054	3,3140	0,0001
	1800 $\pm$ 30	11,8555	8,8364	2,9268	0,0001
2	0	16,3535	13,2953	4,3474	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	14,9135	11,8553	3,8766	0,0001
3,0582	60	14,1353	11,0771	3,6221	0,0001
	120	13,6068	10,5486	3,4493	0,0001
	300	13,0507	9,9925	3,2675	0,0001
	1800 $\pm$ 30	11,9155	8,8573	2,8963	0,0001
3	0	17,0853	14,0427	4,6154	0,0002
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	16,5760	13,5334	4,4480	0,0001
3,0426	60	16,0194	12,9768	4,2650	0,0001
	120	15,2460	12,2034	4,0108	0,0001
	300	13,9827	10,9401	3,5956	0,0001
	1800 $\pm$ 30	12,7055	9,6629	3,1759	0,0001
4	0	15,8540	12,8417	4,2631	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	14,2988	11,2865	3,7468	0,0001
3,0123	60	13,1692	10,1569	3,3718	0,0001
	120	12,6475	9,6352	3,1986	0,0001
	300	12,0169	9,0046	2,9893	0,0001
	1800 $\pm$ 30	10,9406	7,9283	2,6320	0,0001

**Tabla 96.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_S \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	12,5242	9,4755	3,1081	0,0001
$S_{0(1)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	10,8613	7,8126	2,5626	0,0001
3,0487	60	10,1145	7,0658	2,3177	0,0001
	120	9,4518	6,4031	2,1003	0,0001
	300	8,7883	5,7396	1,8826	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,0888	5,0401	1,6532	0,0001
2	0	11,8259	8,8040	2,9134	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	10,5262	7,5043	2,4833	0,0001
3,0219	60	9,8519	6,8300	2,2602	0,0001
	120	9,3353	6,3134	2,0892	0,0001
	300	8,7237	5,7018	1,8868	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,1797	5,1578	1,7068	0,0001
3	0	12,2715	9,2646	3,0811	0,0001
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	10,0387	7,0318	2,3386	0,0001
3,0069	60	9,3417	6,3348	2,1068	0,0001
	120	8,9746	5,9677	1,9847	0,0001
	300	8,3618	5,3549	1,7809	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,7942	4,7873	1,5921	0,0001
4	0	13,5245	10,4918	3,4596	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	11,5157	8,4830	2,7972	0,0001
3,0327	60	10,5012	7,4685	2,4627	0,0001
	120	9,3711	6,3384	2,0900	0,0001
	300	8,7242	5,6915	1,8767	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,1752	5,1425	1,6957	0,0001

**Tabla 97.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco marrón de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_S \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	9,4474	6,4089	2,1092	0,0001
$S_{0(1)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	8,5929	5,5544	1,8280	0,0001
3,0385	60	7,9040	4,8655	1,6013	0,0001
	120	7,3328	4,2943	1,4133	0,0001
	300	6,7778	3,7393	1,2306	0,0001
	1800 $\pm$ 30	5,4648	2,4263	0,79851	0,00004
2	0	9,3800	6,3565	2,1024	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	8,0501	5,0266	1,6625	0,0001
3,0235	60	7,6390	4,6155	1,5265	0,0001
	120	7,0774	4,0539	1,3408	0,0001
	300	6,6556	3,6321	1,2013	0,0001
	1800 $\pm$ 30	5,9708	2,9473	0,97480	0,00005
3	0	10,0594	7,0060	2,2945	0,0001
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	8,7038	5,6504	1,8505	0,0001
3,0534	60	7,9181	4,8647	1,5932	0,0001
	120	7,3592	4,3058	1,4102	0,0001
	300	6,9069	3,8535	1,2620	0,0001
	1800 $\pm$ 30	6,5705	3,5171	1,15185	0,00005
4	0	9,3382	6,2837	2,0572	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	8,1765	5,1220	1,6769	0,0001
3,0545	60	7,5891	4,5346	1,4846	0,0001
	120	7,1604	4,1059	1,3442	0,0001
	300	6,7498	3,6953	1,2098	0,0001
	1800 $\pm$ 30	5,9929	2,9384	0,96199	0,00005

**Tabla 98.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco verde de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_S \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	27,7571	24,7543	8,2437	0,0003
$S_{0(1)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	24,1411	21,1383	7,0395	0,0002
3,0028	60	22,3864	19,3836	6,4552	0,0002
	120	20,3591	17,3563	5,7800	0,0002
	300	18,5834	15,5806	5,1887	0,0002
	$1800 \pm 30$	11,2326	8,2298	2,7407	0,0001
2	0	25,3982	22,3644	7,3717	0,0002
$S_{0(2)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	23,2759	20,2421	6,6722	0,0002
3,0338	60	20,6279	17,5941	5,7994	0,0002
	120	18,6928	15,6590	5,1615	0,0002
	300	17,0370	14,0032	4,6157	0,0002
	$1800 \pm 30$	12,6376	9,6038	3,1656	0,0001
3	0	23,0885	20,0860	6,6898	0,0002
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	19,5220	16,5195	5,5019	0,0002
3,0025	60	17,2749	14,2724	4,7535	0,0002
	120	15,7513	12,7488	4,2461	0,0001
	300	14,4166	11,4141	3,8015	0,0001
	$1800 \pm 30$	11,2181	8,2156	2,7363	0,0001
4	0	26,7429	23,7279	7,8700	0,0003
$S_{0(4)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	22,3482	19,3332	6,4123	0,0002
3,0150	60	20,6304	17,6154	5,8426	0,0002
	120	19,1640	16,1490	5,3562	0,0002
	300	17,2203	14,2053	4,7115	0,0002
	$1800 \pm 30$	11,0212	8,0062	2,6555	0,0001

**Tabla 99.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_S \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	42,8494	39,7785	12,9534	0,0004
$S_{0(1)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	39,2694	36,1985	11,7876	0,0004
3,0709	60	37,2271	34,1562	11,1225	0,0004
	120	35,6458	32,5749	10,6076	0,0003
	300	34,5813	31,5104	10,2610	0,0003
	1800 $\pm$ 30	32,8273	29,7564	9,6898	0,0003
2	0	41,7143	38,6929	12,8063	0,0004
$S_{0(2)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	38,6433	35,6219	11,7899	0,0004
3,0214	60	37,0018	33,9804	11,2466	0,0004
	120	35,3431	32,3217	10,6976	0,0004
	300	34,2264	31,2050	10,3280	0,0003
	1800 $\pm$ 30	32,7215	29,7001	9,8299	0,0003
3	0	44,8458	41,7950	13,6997	0,0005
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	40,8724	37,8216	12,3973	0,0004
3,0508	60	38,9622	35,9114	11,7711	0,0004
	120	37,1954	34,1446	11,1920	0,0004
	300	36,0616	33,0108	10,8204	0,0004
	1800 $\pm$ 30	33,6906	30,6398	10,0432	0,0003
4	0	44,9718	41,9470	13,8677	0,0005
$S_{0(4)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	39,6107	36,5859	12,0953	0,0004
3,0248	60	36,5424	33,5176	11,0809	0,0004
	120	34,7799	31,7551	10,4982	0,0003
	300	33,5451	30,5203	10,0900	0,0003
	1800 $\pm$ 30	34,4396	31,4148	10,3857	0,0003

**Tabla 100.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz de tamaño de partícula 250  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$  como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(\text{s})$	$S_{ST} \pm 0,0001 (\text{g})$	$S_S \pm 0,0001 (\text{g})$	CS ( $\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}}$ )	$S_{CS} (\text{g}_{\text{gasoil}}/\text{g}_{\text{sorbente}})$
1	0	14,5875	11,5357	3,7800	0,0001
$S_{0(1)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	12,5443	9,4925	3,1105	0,0001
3,0518	60	11,2045	8,1527	2,6714	0,0001
	120	10,5208	7,4690	2,4474	0,0001
	300	9,8649	6,8131	2,2325	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,2233	6,1715	2,0223	0,0001
2	0	12,6293	9,5703	3,1286	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	11,2071	8,1481	2,6636	0,0001
3,0590	60	10,7140	7,6550	2,5025	0,0001
	120	10,2246	7,1656	2,3425	0,0001
	300	9,5691	6,5101	2,1282	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,0485	5,9895	1,9580	0,0001
3	0	13,8441	10,7944	3,5395	0,0001
$S_{0(3)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	12,3294	9,2797	3,0428	0,0001
3,0497	60	11,3665	8,3168	2,7271	0,0001
	120	10,6466	7,5969	2,4910	0,0001
	300	10,0144	6,9647	2,2837	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,4706	6,4209	2,1054	0,0001
4	0	14,2010	11,1181	3,6064	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001 (\text{g})$	30	12,0305	8,9476	2,9023	0,0001
3,0829	60	11,0467	7,9638	2,5832	0,0001
	120	10,6080	7,5251	2,4409	0,0001
	300	9,8455	6,7626	2,1936	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,2290	6,1461	1,9936	0,0001

**Tabla 101.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	5,4756	2,4306	0,79823	0,00004
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	5,0863	2,0413	0,67038	0,00004
3,0303	60	4,7918	1,7468	0,57366	0,00004
	120	4,6299	1,5849	0,52049	0,00004
	300	4,4967	1,4517	0,47675	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,3614	1,3164	0,43232	0,00004
2	0	5,5898	2,5434	0,83489	0,00004
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	5,1194	2,0730	0,68048	0,00004
3,0464	60	4,8363	1,7899	0,58755	0,00004
	120	4,6672	1,6208	0,53204	0,00004
	300	4,5262	1,4798	0,48575	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,3924	1,3460	0,44183	0,00004
3	0	5,1258	2,0966	0,69213	0,00004
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	4,6613	1,6321	0,53879	0,00004
3,0292	60	4,4749	1,4457	0,47725	0,00004
	120	4,3499	1,3207	0,43599	0,00004
	300	4,2573	1,2281	0,40542	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,1676	1,1384	0,37581	0,00004
4	0	5,4354	2,3904	0,78502	0,00004
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	30	5,0114	1,9664	0,64578	0,00004
3,0450	60	4,7125	1,6675	0,54762	0,00004
	120	4,5593	1,5143	0,49731	0,00004
	300	4,4414	1,3964	0,45859	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,3577	1,3127	0,43110	0,00004

**Tabla 102.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	5,3913	2,3263	0,75899	0,00004
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	4,8961	1,8311	0,59742	0,00004
3,0650	60	4,6744	1,6094	0,52509	0,00004
	120	4,5321	1,4671	0,47866	0,00004
	300	4,4354	1,3704	0,44711	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,3201	1,2551	0,40949	0,00004
2	0	4,9157	1,8477	0,60225	0,00004
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	4,6323	1,5643	0,50988	0,00004
3,068	60	4,4064	1,3384	0,43625	0,00004
	120	4,3399	1,2719	0,41457	0,00004
	300	4,2687	1,2007	0,39136	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,2231	1,1551	0,37650	0,00003
3	0	5,2640	2,1881	0,71137	0,00004
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	4,8063	1,7304	0,56257	0,00004
3,0759	60	4,5720	1,4961	0,48639	0,00004
	120	4,3962	1,3203	0,42924	0,00004
	300	4,3026	1,2267	0,39881	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,2713	1,1954	0,38863	0,00003
4	0	4,7914	1,7464	0,57353	0,00004
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	30	4,4954	1,4504	0,47632	0,00004
3,0450	60	5,3568	2,3118	0,75921	0,00004
	120	5,2823	2,2373	0,73475	0,00004
	300	4,1918	1,1468	0,37662	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,1323	1,0873	0,35708	0,00003

**Tabla 103.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de guacuco de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	4,8691	1,8223	0,59810	0,00004
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	4,4898	1,4430	0,47361	0,00004
3,0468	60	5,2776	2,2308	0,73218	0,00004
	120	5,1753	2,1285	0,69860	0,00004
	300	4,0239	0,9771	0,32070	0,00003
	1800 $\pm$ 30	3,9497	0,9029	0,29634	0,00003
2	0	5,0954	2,0223	0,65807	0,00004
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	4,7578	1,6847	0,54821	0,00004
3,0731	60	4,6493	1,5762	0,51290	0,00004
	120	4,5734	1,5003	0,48820	0,00004
	300	4,4132	1,3401	0,43607	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,2721	1,1990	0,39016	0,00003
3	0	4,7340	1,6585	0,53926	0,00004
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	4,3168	1,2413	0,40361	0,00004
3,0755	60	4,2147	1,1392	0,37041	0,00003
	120	4,3170	1,2415	0,40367	0,00004
	300	4,1050	1,0295	0,33474	0,00003
	1800 $\pm$ 30	4,0103	0,9348	0,30395	0,00003
4	0	5,0553	2,0210	0,66605	0,00004
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	30	4,7294	1,6951	0,55865	0,00004
3,0343	60	4,5464	1,5121	0,49834	0,00004
	120	4,4247	1,3904	0,45823	0,00004
	300	4,3074	1,2731	0,41957	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,2069	1,1726	0,38645	0,00004

**Tabla 104.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	10,5189	7,4917	2,4748	0,0001
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	8,9571	5,9299	1,9589	0,0001
3,0272	60	8,2696	5,2424	1,7318	0,0001
	120	7,9914	4,9642	1,6399	0,0001
	300	7,5796	4,5524	1,5038	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,2284	4,2012	1,3878	0,0001
2	0	10,3585	7,3015	2,3884	0,0001
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	9,5437	6,4867	2,1219	0,0001
3,0570	60	8,9322	5,8752	1,9219	0,0001
	120	8,5197	5,4627	1,7869	0,0001
	300	8,0987	5,0417	1,6492	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,8517	4,7947	1,5684	0,0001
3	0	11,0847	7,9872	2,5786	0,0001
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	9,5591	6,4616	2,0861	0,0001
3,0975	60	8,8930	5,7955	1,8710	0,0001
	120	8,5526	5,4551	1,7611	0,0001
	300	8,2545	5,1570	1,6649	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,9559	4,8584	1,5685	0,0001
4	0	10,4564	7,4281	2,4529	0,0001
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	30	9,0270	5,9987	1,9809	0,0001
3,0283	60	8,5827	5,5544	1,8342	0,0001
	120	8,3737	5,3454	1,7651	0,0001
	300	7,9293	4,9010	1,6184	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,6298	4,6015	1,5195	0,0001

**Tabla 105.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	9,9334	6,8911	2,2651	0,0001
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	8,3299	5,2876	1,7380	0,0001
3,0423	60	7,6484	4,6061	1,5140	0,0001
	120	7,3538	4,3115	1,4172	0,0001
	300	6,9544	3,9121	1,28590	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,2231	3,1808	1,04552	0,00005
2	0	10,7775	7,7484	2,5580	0,0001
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	8,7432	5,7141	1,8864	0,0001
3,0291	60	8,0629	5,0338	1,6618	0,0001
	120	7,5603	4,5312	1,4959	0,0001
	300	7,0436	4,0145	1,32530	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,3417	3,3126	1,09358	0,00005
3	0	10,9401	7,8821	2,5775	0,0001
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	8,2142	5,1562	1,6861	0,0001
3,0580	60	7,9261	4,8681	1,5919	0,0001
	120	7,4808	4,4228	1,4463	0,0001
	300	7,1154	4,0574	1,32681	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,6660	3,6080	1,17985	0,00005
4	0	9,5179	6,4615	2,1141	0,0001
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	30	8,3150	5,2586	1,7205	0,0001
3,0564	60	7,8671	4,8107	1,5740	0,0001
	120	7,5280	4,4716	1,4630	0,0001
	300	7,1433	4,0869	1,33716	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,4407	3,3843	1,10728	0,00005

**Tabla 106.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando tusa de maíz de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	13,9412	10,9091	3,5979	0,0001
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	12,4422	9,4101	3,1035	0,0001
3,0321	60	11,8738	8,8417	2,9160	0,0001
	120	11,3347	8,3026	2,7382	0,0001
	300	10,9045	7,8724	2,5964	0,0001
	1800 $\pm$ 30	10,4071	7,3750	2,4323	0,0001
2	0	14,5159	11,4495	3,7338	0,0001
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	13,1952	10,1288	3,3031	0,0001
3,0664	60	12,5403	9,4739	3,0896	0,0001
	120	12,1796	9,1132	2,9719	0,0001
	300	11,7670	8,7006	2,8374	0,0001
	1800 $\pm$ 30	11,3017	8,2353	2,6856	0,0001
3	0	14,2004	11,1607	3,6716	0,0001
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	12,7011	9,6614	3,1784	0,0001
3,0397	60	11,0507	8,0110	2,6355	0,0001
	120	11,5874	8,5477	2,8120	0,0001
	300	11,0991	8,0594	2,6514	0,0001
	1800 $\pm$ 30	10,5130	7,4733	2,4586	0,0001
4	0	16,1708	13,0990	4,2643	0,0001
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	30	14,5016	11,4298	3,7209	0,0001
3,0718	60	13,8844	10,8126	3,5199	0,0001
	120	13,5687	10,4969	3,4172	0,0001
	300	13,2291	10,1573	3,3066	0,0001
	1800 $\pm$ 30	10,7767	7,7049	2,5083	0,0001

**Tabla 107.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	11,4075	8,3375	2,7158	0,0001
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	9,6179	6,5479	2,1329	0,0001
3,0700	60	9,0572	5,9872	1,9502	0,0001
	120	8,4217	5,3517	1,7432	0,0001
	300	7,9433	4,8733	1,5874	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,4975	4,4275	1,4422	0,0001
2	0	12,0871	9,0194	2,9401	0,0001
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	10,1687	7,1010	2,3148	0,0001
3,0677	60	9,2928	6,2251	2,0292	0,0001
	120	8,8109	5,7432	1,8721	0,0001
	300	8,3325	5,2648	1,7162	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,0219	4,9542	1,6149	0,0001
3	0	11,6279	8,5508	2,7789	0,0001
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	10,0038	6,9267	2,2510	0,0001
3,0771	60	9,3672	6,2901	2,0442	0,0001
	120	8,6766	5,5995	1,8197	0,0001
	300	8,2367	5,1596	1,6768	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,9571	4,8800	1,5859	0,0001
4	0	12,8053	9,7459	3,1855	0,0001
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	30	10,6870	7,6276	2,4932	0,0001
3,0594	60	9,6127	6,5533	2,1420	0,0001
	120	8,7373	5,6779	1,8559	0,0001
	300	8,2930	5,2336	1,7107	0,0001
	1800 $\pm$ 30	7,9807	4,9213	1,6086	0,0001

**Tabla 108.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco marrón de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	9,4602	6,4265	2,1184	0,0001
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	7,9969	4,9632	1,6360	0,0001
3,0337	60	7,5360	4,5023	1,4841	0,0001
	120	7,1695	4,1358	1,3633	0,0001
	300	6,7020	3,6683	1,20918	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,0723	3,0386	1,00162	0,00005
2	0	9,6850	6,6430	2,1838	0,0001
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	8,1234	5,0814	1,6704	0,0001
3,0420	60	7,7494	4,7074	1,5475	0,0001
	120	7,7399	4,6979	1,5444	0,0001
	300	6,9058	3,8638	1,27016	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,2451	3,2031	1,05297	0,00005
3	0	10,2682	7,2248	2,3739	0,0001
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	8,5154	5,4720	1,7980	0,0001
3,0434	60	7,7977	4,7543	1,5622	0,0001
	120	7,2480	4,2046	1,3815	0,0001
	300	6,8030	3,7596	1,23533	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,0715	3,0281	0,99497	0,00005
4	0	9,8798	6,8337	2,2434	0,0001
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	30	8,4281	5,3820	1,7669	0,0001
3,0461	60	7,8046	4,7585	1,5622	0,0001
	120	7,4028	4,3567	1,4303	0,0001
	300	6,9484	3,9023	1,28109	0,00005
	1800 $\pm$ 30	6,1154	3,0693	1,00762	0,00005

**Tabla 109.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de coco verde de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	20,5116	17,4561	5,7130	0,0002
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	15,3445	12,2890	4,0219	0,0001
3,0555	60	14,6046	11,5491	3,7798	0,0001
	120	14,0146	10,9591	3,5867	0,0001
	300	12,7964	9,7409	3,1880	0,0001
	1800 $\pm$ 30	10,6488	7,5933	2,4851	0,0001
2	0	22,0992	19,0893	6,3422	0,0002
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	17,3483	14,3384	4,7638	0,0002
3,0099	60	16,4359	13,4260	4,4606	0,0002
	120	15,5105	12,5006	4,1532	0,0001
	300	13,9996	10,9897	3,6512	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,1688	6,1589	2,0462	0,0001
3	0	21,5036	18,4554	6,0545	0,0002
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	16,1568	13,1086	4,3004	0,0001
3,0482	60	15,2922	12,2440	4,0168	0,0001
	120	14,6458	11,5976	3,8047	0,0001
	300	13,1457	10,0975	3,3126	0,0001
	1800 $\pm$ 30	10,2396	7,1914	2,3592	0,0001
4	0	21,8938	18,8261	6,1369	0,0002
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	30	17,5358	14,4681	4,7163	0,0002
3,0677	60	16,2004	13,1327	4,2810	0,0001
	120	15,0051	11,9374	3,8913	0,0001
	300	13,2366	10,1689	3,3148	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,0850	6,0173	1,9615	0,0001

**Tabla 110.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	43,8478	40,8123	13,4450	0,0004
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	36,4726	33,4371	11,0154	0,0004
3,0355	60	34,6796	31,6441	10,4247	0,0003
	120	33,2781	30,2426	9,9630	0,0003
	300	31,2152	28,1797	9,2834	0,0003
	1800 $\pm$ 30	22,5994	19,5639	6,4450	0,0002
2	0	40,9973	37,9325	12,3768	0,0004
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	35,3890	32,3242	10,5469	0,0003
3,0648	60	33,5056	30,4408	9,9324	0,0003
	120	31,5620	28,4972	9,2982	0,0003
	300	29,6690	26,6042	8,6806	0,0003
	1800 $\pm$ 30	22,1080	19,0432	6,2135	0,0002
3	0	40,8683	37,7801	12,2337	0,0004
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	35,4846	32,3964	10,4904	0,0003
3,0882	60	33,7309	30,6427	9,9225	0,0003
	120	31,9619	28,8737	9,3497	0,0003
	300	29,7474	26,6592	8,6326	0,0003
	1800 $\pm$ 30	19,4513	16,3631	5,2986	0,0002
4	0	42,2479	39,1983	12,8536	0,0004
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	30	35,9221	32,8725	10,7793	0,0004
3,0496	60	33,7709	30,7213	10,0739	0,0003
	120	31,2065	28,1569	9,2330	0,0003
	300	29,1035	26,0539	8,5434	0,0003
	1800 $\pm$ 30	18,6313	15,5817	5,1094	0,0002

**Tabla 111.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz de tamaño de partícula 500 $\mu$ m – 1 mm como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	t $\pm$ 1(s)	S <sub>ST</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> $\pm$ 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	13,7490	10,7286	3,5520	0,0001
S <sub>0(1)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	12,5225	9,5021	3,1460	0,0001
3,0204	60	11,9773	8,9569	2,9655	0,0001
	120	11,5126	8,4922	2,8116	0,0001
	300	11,0290	8,0086	2,6515	0,0001
	1800 $\pm$ 30	10,7663	7,7459	2,5645	0,0001
2	0	14,3241	11,3127	3,7566	0,0001
S <sub>0(2)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	13,0116	10,0002	3,3208	0,0001
3,0114	60	12,3048	9,2934	3,0861	0,0001
	120	11,8723	8,8609	2,9425	0,0001
	300	9,4371	6,4257	2,1338	0,0001
	1800 $\pm$ 30	11,1940	8,1826	2,7172	0,0001
3	0	14,1422	11,0732	3,6081	0,0001
S <sub>0(3)</sub> $\pm$ 0.0001 (g)	30	13,3993	10,3303	3,3660	0,0001
3,0690	60	13,0325	9,9635	3,2465	0,0001
	120	12,6440	9,5750	3,1199	0,0001
	300	12,1929	9,1239	2,9729	0,0001
	1800 $\pm$ 30	11,9318	8,8628	2,8878	0,0001
4	0	14,2759	11,2326	3,6909	0,0001
S <sub>0(4)</sub> $\pm$ 0.0001(g)	30	12,9481	9,9048	3,2546	0,0001
3,0433	60	12,0507	9,0074	2,9597	0,0001
	120	11,6643	8,6210	2,8328	0,0001
	300	11,3176	8,2743	2,7189	0,0001
	1800 $\pm$ 30	11,0839	8,0406	2,6421	0,0001

**Tabla 112.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena fina en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_S \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	5,1576	2,1107	0,69274	0,00004
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	30	4,8605	1,8136	0,59523	0,00004
3,0469	60	4,6342	1,5873	0,52096	0,00004
	120	4,4665	1,4196	0,46592	0,00004
	300	4,3498	1,3029	0,42761	0,00004
	$1800 \pm 30$	4,1534	1,1065	0,36316	0,00003
2	0	4,7820	1,7359	0,56988	0,00004
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	30	4,5453	1,4992	0,49217	0,00004
3,0461	60	4,4198	1,3737	0,45097	0,00004
	120	4,2658	1,2197	0,40041	0,00004
	300	4,1161	1,0700	0,35127	0,00003
	$1800 \pm 30$	3,9735	0,9274	0,30445	0,00003
3	0	5,1342	2,0877	0,68528	0,00004
$S_{0(3)} \pm 0.0001(g)$	30	4,8048	1,7583	0,57715	0,00004
3,0465	60	4,5223	1,4758	0,48442	0,00004
	120	4,3370	1,2905	0,42360	0,00004
	300	4,2315	1,1850	0,38897	0,00004
	$1800 \pm 30$	4,1056	1,0591	0,34764	0,00003
4	0	5,4939	2,4244	0,78984	0,00004
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	30	4,8618	1,7923	0,58391	0,00004
3,0695	60	4,6236	1,5541	0,50630	0,00004
	120	4,4010	1,3315	0,43378	0,00004
	300	4,2530	1,1835	0,38557	0,00003
	$1800 \pm 30$	4,1406	1,0711	0,34895	0,00003

**Tabla 113.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando arena lavada en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_S \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	5,1436	2,0710	0,67402	0,00004
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	30	4,9664	1,8938	0,61635	0,00004
3,0726	60	4,7970	1,7244	0,56122	0,00004
	120	4,5419	1,4693	0,47819	0,00004
	300	4,3166	1,2440	0,40487	0,00004
	1800 $\pm$ 30	4,0845	1,0119	0,32933	0,00003
2	0	5,2096	2,1206	0,68650	0,00004
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	30	4,9897	1,9007	0,61531	0,00004
3,0890	60	4,7866	1,6976	0,54956	0,00004
	120	4,5971	1,5081	0,48822	0,00004
	300	4,3106	1,2216	0,39547	0,00003
	1800 $\pm$ 30	4,1046	1,0156	0,32878	0,00003
3	0	5,2245	2,1495	0,69902	0,00004
$S_{0(3)} \pm 0.0001(g)$	30	4,8646	1,7896	0,58198	0,00004
3,075	60	4,6350	1,5600	0,50732	0,00004
	120	4,4374	1,3624	0,44306	0,00004
	300	4,2548	1,1798	0,38367	0,00003
	1800 $\pm$ 30	4,1231	1,0481	0,34085	0,00003
4	0	5,2382	2,1573	0,70022	0,00004
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	30	4,9214	1,8405	0,59739	0,00004
3,0809	60	4,6620	1,5811	0,51319	0,00004
	120	4,4085	1,3276	0,43091	0,00004
	300	4,1685	1,0876	0,35301	0,00003
	1800 $\pm$ 30	4,0456	0,9647	0,31312	0,00003

**Tabla 114.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando germen de maíz desgrasado en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	t ± 1(s)	S <sub>ST</sub> ± 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> ± 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	11,1271	8,1099	2,6879	0,0001
S <sub>0(1)</sub> ± 0.0001(g)	30	9,2512	6,2340	2,0661	0,0001
3,0172	60	8,6686	5,6514	1,8731	0,0001
	120	8,3609	5,3437	1,7711	0,0001
	300	7,9801	4,9629	1,6449	0,0001
	1800 ± 30	7,0534	4,0362	1,3377	0,0001
2	0	11,7838	8,7436	2,8760	0,0001
S <sub>0(2)</sub> ± 0.0001(g)	30	9,8037	6,7635	2,2247	0,0001
3,0402	60	9,0934	6,0532	1,9911	0,0001
	120	8,5214	5,4812	1,8029	0,0001
	300	8,0741	5,0339	1,6558	0,0001
	1800 ± 30	7,6203	4,5801	1,5065	0,0001
3	0	11,3232	8,3001	2,7455	0,0001
S <sub>0(3)</sub> ± 0.0001(g)	30	10,0467	7,0236	2,3233	0,0001
3,0231	60	9,4150	6,3919	2,1143	0,0001
	120	9,1078	6,0847	2,0127	0,0001
	300	8,7978	5,7747	1,9102	0,0001
	1800 ± 30	7,8420	4,8189	1,5940	0,0001
4	0	11,8362	8,7757	2,8674	0,0001
S <sub>0(4)</sub> ± 0.0001(g)	30	10,1050	7,0445	2,3017	0,0001
3,0605	60	9,5028	6,4423	2,1050	0,0001
	120	9,0355	5,9750	1,9523	0,0001
	300	8,6043	5,5438	1,8114	0,0001
	1800 ± 30	8,2526	5,1921	1,6965	0,0001

**Tabla 115.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando impureza de maíz en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	t ± 1(s)	S <sub>ST</sub> ± 0,0001 (g)	S <sub>S</sub> ± 0,0001 (g)	CS (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )	S <sub>CS</sub> (g <sub>gasoil</sub> /g <sub>sorbente</sub> )
1	0	10,0958	7,0685	2,3349	0,0001
S <sub>0(1)</sub> ± 0.0001(g)	30	7,5772	4,5499	1,5029	0,0001
3,0273	60	7,2885	4,2612	1,4076	0,0001
	120	7,1487	4,1214	1,3614	0,0001
	300	6,5754	3,5481	1,17202	0,00005
	1800 ± 30	5,7524	2,7251	0,90017	0,00004
2	0	9,0858	6,0513	1,9942	0,0001
S <sub>0(2)</sub> ± 0.0001(g)	30	7,5905	4,5560	1,5014	0,0001
3,0345	60	7,0960	4,0615	1,3384	0,0001
	120	6,7981	3,7636	1,24027	0,00005
	300	6,4551	3,4206	1,12724	0,00005
	1800 ± 30	6,2190	3,1845	1,04943	0,00005
3	0	9,2876	6,2530	2,0606	0,0001
S <sub>0(3)</sub> ± 0.0001(g)	30	7,2467	4,2121	1,3880	0,0001
3,0346	60	6,8660	3,8314	1,2626	0,00005
	120	6,4850	3,4504	1,13701	0,00005
	300	6,1875	3,1529	1,03897	0,00005
	1800 ± 30	5,5319	2,4973	0,82293	0,00004
4	0	9,2336	6,2030	2,0468	0,0001
S <sub>0(4)</sub> ± 0.0001(g)	30	7,6651	4,6345	1,5292	0,0001
3,0306	60	7,1991	4,1685	1,3755	0,0001
	120	6,7922	3,7616	1,24121	0,00005
	300	6,3451	3,3145	1,09368	0,00005
	1800 ± 30	5,8217	2,7911	0,92097	0,00004

**Tabla 116.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando concha de café en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_S \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	13,8483	10,7691	3,4974	0,0001
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	30	11,7069	8,6277	2,8019	0,0001
3,0792	60	11,1762	8,0970	2,6296	0,0001
	120	10,7468	7,6676	2,4901	0,0001
	300	10,2297	7,1505	2,3222	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,9327	5,8535	1,9010	0,0001
2	0	13,7519	10,6907	3,4923	0,0001
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	30	11,3734	8,3122	2,7153	0,0001
3,0612	60	10,4234	7,3622	2,4050	0,0001
	120	9,8170	6,7558	2,2069	0,0001
	300	9,3317	6,2705	2,0484	0,0001
	1800 $\pm$ 30	9,0962	6,0350	1,9714	0,0001
3	0	13,8344	10,8109	3,5756	0,0001
$S_{0(3)} \pm 0.0001(g)$	30	11,7440	8,7205	2,8842	0,0001
3,0235	60	11,1034	8,0799	2,6724	0,0001
	120	10,5731	7,5496	2,4970	0,0001
	300	10,0919	7,0684	2,3378	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,8001	5,7766	1,9106	0,0001
4	0	13,5944	10,5400	3,4507	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	30	11,2966	8,2422	2,6985	0,0001
3,0544	60	10,4499	7,3955	2,4213	0,0001
	120	9,8048	6,7504	2,2100	0,0001
	300	9,2130	6,1586	2,0163	0,0001
	1800 $\pm$ 30	8,7105	5,6561	1,8518	0,0001

**Tabla 117.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagazo de caña de azúcar en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_S \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	44,8284	41,7728	13,6709	0,0004
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	30	37,0372	33,9816	11,1211	0,0004
3,0556	60	34,7302	31,6746	10,3661	0,0003
	120	31,5774	28,5218	9,3343	0,0003
	300	29,1185	26,0629	8,5296	0,0003
	1800 $\pm$ 30	22,7902	19,7346	6,4585	0,0002
2	0	43,2858	40,2145	13,0936	0,0004
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	30	36,3620	33,2907	10,8393	0,0004
3,0713	60	34,0597	30,9884	10,0897	0,0003
	120	31,9425	28,8712	9,4003	0,0003
	300	29,7511	26,6798	8,6868	0,0003
	1800 $\pm$ 30	24,5274	21,4561	6,9860	0,0002
3	0	46,0746	42,9842	13,9090	0,0005
$S_{0(3)} \pm 0.0001(g)$	30	36,6181	33,5277	10,8490	0,0004
3,0904	60	34,3541	31,2637	10,1164	0,0003
	120	33,0113	29,9209	9,6819	0,0003
	300	30,2218	27,1314	8,7793	0,0003
	1800 $\pm$ 30	24,2979	21,2075	6,8624	0,0002
4	0	41,9171	38,8688	12,7510	0,0004
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	30	35,1184	32,0701	10,5207	0,0003
3,0483	60	32,6660	29,6177	9,7161	0,0003
	120	30,2533	27,2050	8,9246	0,0003
	300	28,1493	25,1010	8,2344	0,0003
	1800 $\pm$ 30	22,9418	19,8935	6,5261	0,0002

**Tabla 118.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando cascarilla de arroz en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_S \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	27,9247	24,8396	8,0515	0,0003
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	30	23,6369	20,5518	6,6616	0,0002
3,0851	60	22,1766	19,0915	6,1883	0,0002
	120	21,4643	18,3792	5,9574	0,0002
	300	20,4840	17,3989	5,6396	0,0002
	1800 $\pm$ 30	14,8933	11,8082	3,8275	0,0001
2	0	26,4730	23,3956	7,6024	0,0002
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	30	22,8450	19,7676	6,4235	0,0002
3,0774	60	22,0339	18,9565	6,1599	0,0002
	120	20,7174	17,6400	5,7321	0,0002
	300	19,6771	16,5997	5,3941	0,0002
	1800 $\pm$ 30	14,5880	11,5106	3,7404	0,0001
3	0	27,4991	24,4716	8,0831	0,0003
$S_{0(3)} \pm 0.0001(g)$	30	23,5866	20,5591	6,7908	0,0002
3,0275	60	21,9193	18,8918	6,2401	0,0002
	120	20,6273	17,5998	5,8133	0,0002
	300	19,6216	16,5941	5,4811	0,0002
	1800 $\pm$ 30	13,5918	10,5643	3,4894	0,0001
4	0	25,4133	22,3707	7,3525	0,0002
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	30	22,7310	19,6884	6,4709	0,0002
3,0426	60	21,8174	18,7748	6,1706	0,0002
	120	20,8675	17,8249	5,8584	0,0002
	300	19,8844	16,8418	5,5353	0,0002
	1800 $\pm$ 30	12,7020	9,6594	3,1747	0,0001

**Tabla 119.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando bagacillo en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_S \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	41,4445	38,3807	12,5272	0,0004
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	30	39,2586	36,1948	11,8137	0,0004
3,0638	60	38,0186	34,9548	11,4090	0,0004
	120	36,2470	33,1832	10,8307	0,0004
	300	34,4465	31,3827	10,2431	0,0003
	1800 $\pm$ 30	32,9166	29,8528	9,7437	0,0003
2	0	41,1967	38,1066	12,3318	0,0004
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	30	38,3804	35,2903	11,4204	0,0004
3,0901	60	37,0347	33,9446	10,9850	0,0004
	120	35,6546	32,5645	10,5383	0,0003
	300	34,2139	31,1238	10,0721	0,0003
	1800 $\pm$ 30	32,1008	29,0107	9,3883	0,0003
3	0	40,7572	37,6888	12,2829	0,0004
$S_{0(3)} \pm 0.0001(g)$	30	37,5761	34,5077	11,2462	0,0004
3,0684	60	35,8992	32,8308	10,6997	0,0004
	120	33,9469	30,8785	10,0634	0,0003
	300	31,8482	28,7798	9,3794	0,0003
	1800 $\pm$ 30	29,7789	26,7105	8,7050	0,0003
4	0	38,9853	35,9357	11,7837	0,0004
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	30	36,6284	33,5788	11,0109	0,0004
3,0496	60	34,3285	31,2789	10,2567	0,0003
	120	33,8766	30,8270	10,1085	0,0003
	300	31,1237	28,0741	9,2058	0,0003
	1800 $\pm$ 30	29,2064	26,1568	8,5771	0,0003

**Tabla 120.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando ceniza de caña de azúcar en su estado natural como material sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_S \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	17,4913	14,4662	4,7821	0,0002
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	30	16,0271	13,0020	4,2980	0,0001
3,0251	60	15,3765	12,3514	4,0830	0,0001
	120	14,2734	11,2483	3,7183	0,0001
	300	13,1243	10,0992	3,3385	0,0001
	$1800 \pm 30$	11,6851	8,6600	2,8627	0,0001
2	0	16,7402	13,7104	4,5252	0,0002
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	30	15,4979	12,4681	4,1152	0,0001
3,0298	60	14,8677	11,8379	3,9072	0,0001
	120	14,1600	11,1302	3,6736	0,0001
	300	13,2229	10,1931	3,3643	0,0001
	$1800 \pm 30$	11,8154	8,7856	2,8997	0,0001
3	0	17,7360	14,6677	4,7804	0,0002
$S_{0(3)} \pm 0.0001(g)$	30	16,7849	13,7166	4,4704	0,0001
3,0683	60	16,1644	13,0961	4,2682	0,0001
	120	15,1211	12,0528	3,9282	0,0001
	300	13,9350	10,8667	3,5416	0,0001
	$1800 \pm 30$	11,9781	8,9098	2,9038	0,0001
4	0	16,1274	13,1022	4,3310	0,0001
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	30	15,2598	12,2346	4,0442	0,0001
3,0252	60	14,7185	11,6933	3,8653	0,0001
	120	14,0728	11,0476	3,6519	0,0001
	300	12,9387	9,9135	3,2770	0,0001
	$1800 \pm 30$	11,0414	8,0162	2,6498	0,0001

**Tabla 121.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando un material de tipo sintético (1) en su estado natural como sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_S \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	107,4329	104,3506	33,855	0,001
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	30	97,6315	94,5492	30,675	0,001
3,0823	60	90,6152	87,5329	28,399	0,001
	120	81,4467	78,3644	25,424	0,001
	300	82,5504	79,4681	25,782	0,001
	$1800 \pm 30$	60,5373	57,4550	18,640	0,001
2	0	107,5444	104,4856	34,159	0,001
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	30	95,7290	92,6702	30,296	0,001
3,0588	60	88,1246	85,0658	27,810	0,001
	120	83,0530	79,9942	26,152	0,001
	300	80,9709	77,9121	25,471	0,001
	$1800 \pm 30$	59,8167	56,7579	18,556	0,001
3	0	107,7182	104,7202	34,930	0,001
$S_{0(3)} \pm 0.0001(g)$	30	102,0545	99,0565	33,041	0,001
2,9980	60	98,1621	95,1641	31,743	0,001
	120	93,7743	90,7763	30,279	0,001
	300	88,5676	85,5696	28,542	0,001
	$1800 \pm 30$	66,0648	63,0668	21,036	0,001
4	0	114,2307	111,2284	37,048	0,001
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	30	105,9583	102,9560	34,292	0,001
3,0023	60	99,2518	96,2495	32,059	0,001
	120	92,8583	89,8560	29,929	0,001
	300	87,4930	84,4907	28,142	0,001
	$1800 \pm 30$	65,3306	62,3283	20,760	0,001

**Tabla 122.** Capacidad de sorción calculada a partir de la cantidad de material sorbido por cantidad de sorbente pesado, utilizando un material de tipo sintético (2) en su estado natural como sorbente y aceite como sustrato.

Número de réplica	$t \pm 1(s)$	$S_{ST} \pm 0,0001 (g)$	$S_S \pm 0,0001 (g)$	CS ( $g_{gasoil}/g_{sorbente}$ )	$S_{CS} (g_{gasoil}/g_{sorbente})$
1	0	57,4680	54,3663	17,528	0,001
$S_{0(1)} \pm 0.0001(g)$	30	51,9794	48,8777	15,7584	0,0005
3,1017	60	49,4231	46,3214	14,9342	0,0005
	120	47,3524	44,2507	14,2666	0,0005
	300	43,9217	40,8200	13,1605	0,0004
	$1800 \pm 30$	36,5726	33,4709	10,7911	0,0003
2	0	62,0190	58,9698	19,339	0,001
$S_{0(2)} \pm 0.0001(g)$	30	56,0442	52,9950	17,380	0,001
3,0492	60	52,7820	49,7328	16,3101	0,0005
	120	50,7031	47,6539	15,6283	0,0005
	300	48,8620	45,8128	15,0245	0,0005
	$1800 \pm 30$	39,9655	36,9163	12,1069	0,0004
3	0	50,6884	47,6813	15,8562	0,0005
$S_{0(3)} \pm 0.0001(g)$	30	48,4284	45,4213	15,1047	0,0005
3,0071	60	46,7719	43,7648	14,5538	0,0005
	120	45,7077	42,7006	14,1999	0,0005
	300	44,5862	41,5791	13,8270	0,0005
	$1800 \pm 30$	39,2120	36,2049	12,0398	0,0004
4	0	56,7374	53,6500	17,377	0,001
$S_{0(4)} \pm 0.0001(g)$	30	52,7973	49,7099	16,1009	0,0005
3,0874	60	51,2259	48,1385	15,5919	0,0005
	120	50,1268	47,0394	15,2359	0,0005
	300	48,5427	45,4553	14,7228	0,0005
	$1800 \pm 30$	40,7890	37,7016	12,2114	0,0004

## ENTREVISTAS REALIZADAS

### Anexo 2

#### ✓ Central el Palmar S.A. (entrevista escrita)

**1- ¿Qué tipo de residuos son generados en la planta debido al procesamiento de la caña de azúcar?**

Bagazo, cachaza, ceniza, tierra mesas de caña, melaza

**2- ¿Qué procedimiento realiza la empresa para eliminar los residuos generados por el procesamiento de la caña de azúcar?**

- Obtención de abono orgánico (FERBIPLANT) a base de cachaza, cenizas, tierra y bagacillo.
- Quema de bagazo para generación de energía en calderas bagaceras.

**3- En caso de ser reutilizados ¿en qué son usados?**

- Generación de energía.
- Obtención de abono orgánico.
- Regeneración de suelos.

**4- ¿Se genera algún costo por la eliminación de estos residuos?**

Costos de maquinaria pesada (retro-excavadoras, orugas, compactadoras, cernidoras, personal, etc.). COSTO aproximado: BsF. 2800 diarios.

**5-¿cuál es la cantidad en peso de residuos generada por mes o año?**

<b>Nombre del desecho</b>	<b>Tipo de desecho</b>	<b>Generador</b>	<b>Cantidad *</b>	<b>Almacenamiento temporal</b>	<b>Método de Minimización</b>
Bagazo	Residuo	Molienda	191.150 ton	NA	Rehúso como combustible de calderas
Cachaza	Residuo	Fabrica de azúcar	23.454 ton	-	Reciclaje
Ceniza	Residuo	Calderas y Planta de Fuerza CEPESA (generación de vapor)	19.115 ton	Laguna de cenizas	Reciclaje
Tierra mesas de caña	Residuo	Molienda	-	Patio	Reciclaje
Melaza	Residuo	Fabrica de azúcar	-	Almacenamiento en tanques exteriores	Reciclaje

\* Cantidades generadas en el año 2010.

### **Anexo 3**

✓ **Agrícola Santa clara 1945, C.A. (entrevista escrita)**

**1- ¿Qué tipo de residuos son generados en la planta por el procesamiento del café? ¿Entre ellos se encuentra la concha del café?**

Residuos naturales: concha de café, hojas, tallos, tierra.

**2- ¿Qué procedimiento realiza la empresa para eliminar los residuos generados por el procesamiento del café?**

El café es lavado a través de dos tanques mediante un procedimiento manual. El café junto con los residuos es sumergido en un tanque de agua, donde por diferencia de densidades los residuos flotan en el agua y el café se hunde, éste es mandado por presión a través de una bomba a otro tanque donde ocurre el mismo proceso, los residuos que flotan en el agua en ambos tanques son mandados mediante una tubería a la trilladora donde se muelen los residuos y estos son llevados mediante otra tubería a un patio grande donde son almacenados, por otro lado el café es mandado mediante la bomba a otra tubería donde sale el grano (café pergamino) y es empacado.

**3- En caso de ser reutilizados ¿en qué son usados?**

Los residuos son utilizados para reabono y para la industria de alimento de animales

**4- ¿Se genera algún costo por la eliminación de estos residuos?**

No

**5- ¿Cuál es la cantidad en peso de residuos generada al mes o año?**

En la tabla se resume la producción de café para la zafra 2010-2011, la cual fue recolectada durante cinco semanas

<b>CONCEPTO</b>	<b>Kg</b>	<b>Tn</b>	<b>BsF</b>	<b>REND. %</b>
Café recogido	141599,00	141,60	236442,00	100,00
Producción de lavado a	13800,00	13,80	23043,24	9,17
Producción de lavado b	7620,00	7,62	12723,88	5,96
<b>Desperdicio no café</b>	<b>120179,00</b>	<b>120,18</b>	<b>200674,89</b>	<b>84,87</b>

**Anexo 4****✓ Refinadora Venezolana de Maíz C.A. REMAVENCA (entrevista oral)**

**1- ¿Qué tipo de residuos son generados en la planta por el procesamiento del maíz?**

Impureza de maíz y torta (germen de maíz desgrasado)

**2- ¿Qué procedimiento realiza la empresa para eliminar los residuos generados por el procesamiento del maíz?**

Son reutilizados para alimento de animales

**4- ¿Se genera algún costo por la eliminación de estos residuos?**

No se obtuvo esta información

**5- ¿Cuál es la cantidad en peso de residuos generada al mes o año?**

No se obtuvo esta información

## Anexo 5

### Cálculos realizados

#### ✓ Capacidad de Sorción

La capacidad de sorción de los materiales fue determinada mediante el modelo de calculo propuesto por la norma ASTM f – 726 <sup>[4]</sup>. Los cuales fueron los siguientes:

$$\text{Capacidad de sorción de hidrocarburo (CS)} = S_S / S_0$$

Donde:

$S_0$  = peso inicial de sorbente seco

$S_{ST}$  = peso de la muestra sorbente al final de la prueba con hidrocarburo

$S_S = (S_{ST} - S_0)$  hidrocarburo neto sorbido

El error correspondiente a la capacidad de sorción se calculó por propagación de errores de la siguiente manera:

$$S_{CS} = CS \times \sqrt{\left(\frac{\sigma_{S_S}}{S_S}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{S_0}}{S_0}\right)^2}$$

✓ **Porcentaje de retención del hidrocarburo**

$$\% \text{ Retención} = \frac{CS_{(t=30 \text{ min})} \times 100}{CS_{(t=0 \text{ s})}}$$

El error correspondiente al % de retención se calculó por propagación de errores de la siguiente manera:

$$\text{error} = \% \text{ retención} \times \sqrt{\left(\frac{S_{CS(t=30 \text{ min})}}{CS_{(t=30 \text{ min})}}\right)^2 + \left(\frac{S_{CS(t=0 \text{ s})}}{CS_{(t=0 \text{ s})}}\right)^2 + \left(\frac{1}{100}\right)^2}$$

## Anexo 6

### Imágenes de los materiales probados en el trabajo y equipos utilizados



**Imagen 6.1.** Arena Lavada



**Imagen 6.2.** Arena fina



**Imagen 6.3.** Concha de Guacuco



**Imagen 6.4.** Concha de Guacuco molida



**Imagen 6.5.** Germen de maíz desgrasado



**Imagen 6.6.** Impureza de maíz



**Figura 6.7.** Concha de Café



**Figura 6.8.** Concha de coco marrón



**Figura 6.9.** Concha de coco verde



**Figura 6.10.** Bagazo de caña de azúcar



**Figura 6.11.** Cascarilla de arroz



**Figura 6.12.** Bagacillo



**Figura 6.13.** Ceniza de caña de azúcar



**Figura 6.14.** Almohadilla sorbente (St 1)



**Figura 6.15.** Material contenido dentro St 1



**Figura 6.16.** Boom Sorbente (St 2)



**Figura 6.17.** Material contenido dentro St 2



**Figura 6.18.** Tusa de maíz molida



**Figura 6.19.** Sistema de sorción usado en las pruebas con materiales residuales



**Figura 6.20.** Sistema de drenaje utilizado en los materiales St 1 y St 2



**Figura 6.21.** Pulverizadora de muestra Chaterbot



**Figura 6.22.** Pulverizadora de muestras BICO UD32



**Figura 6.23.** Agitador de tamices



**Figura 6.24.** Tamices utilizados



**Figura 6.25.** Microscopio electrónico Philips 505



**Figura 6.26.** Balanza analítica