



## GENERADOR TERMOELÉCTRICO PORTÁTIL MEDIANTE EL EFECTO SEEBECK - PELTIER

*Avance Proyecto "Generador termoelectrico portátil mediante el efecto Seebeck-Peltier"*

**Miguel Orlando Durán Rangel, Angélica Juliana Mora Rangel,  
Daniela Alejandra González Suárez<sup>1</sup> y Edgar Quintanilla Piña<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Estudiantes Investigadores, Cuarto semestre Ingeniería Ambiental.  
migueldisena@hotmail.com, julimr08@hotmail.com, haidysuarez@hotmail.com

<sup>2</sup>Ingeniero Metalúrgico y estudiante de Maestría en Sistemas Energéticos Avanzados, Docente Grupo de investigación en Ingeniería Ambiental, Universidad Libre Seccional Socorro, Campus Universitario Majavita, quintanillapiñaedgar@hotmail.com

*Recepción artículo noviembre de 2015. Aceptación artículo junio 23 de 2017*

EL CENTAURO. ISSN: 2027-1212

### RESUMEN

**Figura 1.** Prototipo Termo generador



Las baterías de uso común, al ser desechadas en espacios abiertos se oxidan y con el paso del tiempo se deteriora su envoltura liberando componentes tóxicos como el Zinc, Cadmio y Magnesio a los suelos cercanos y a los cuerpos de agua superficiales o subterráneos. La construcción de un dispositivo portátil, que genere electricidad sin utilizar procesos electroquímicos se considera un impacto benéfico para el medio ambiente, la mayoría de las baterías que se emplean actualmente, utilizan metales como: (Zn), (Ni), (Cd) y (Mg), los cuales se convierten en un problema de contaminación de suelos y fuentes hídricas.

Este proyecto buscó la construcción de un equipo que mediante un delta de temperatura y la aplicación del efecto Seebeck-Peltier se produjera energía eléctrica, para esto se realizó el diseño y construcción de un

prototipo que funcionaba con agua caliente, hielo y una placa Peltier, se le hicieron pruebas de funcionamiento y utilizando un multímetro se midieron las cantidades de voltaje y amperaje producidos; encontrando que el diferencial térmico utilizado no fue el suficiente para generar la electricidad requerida, pues, se produjeron voltajes mínimos los cuales no tenían viabilidad comercial.

Las eficiencias obtenidas equivalen a menos del 1% en función de la cantidad de energía requerida y la cantidad producida.

### Palabras clave

Baterías, efecto Seebeck – Peltier, electricidad, electroquímicos, generador, prototipo, termoelectrico.

**ABSTRACT**

The batteries of common use, when discarded in open spaces are oxidized with the passage of the time its envelope is deteriorated releasing toxic components like Zinc, Cadmium and Magnesium to the near soils and to the bodies of superficial or subterranean water. The construction of a portable device, which generates electricity without using electrochemical processes is considered a beneficial impact on the environment, most of the batteries that are currently used, employ metals like: (Zn), (Ni), (Cd) and (Mg) which become a problem of contamination of soils and water sources.

This project sought the construction of a device that, using a temperature delta and the application of the effect Seebeck-Peltier, produced electric energy. For this, the design and construction of a prototype, that worked with hot water, ice and a Peltier plate was realized. Functional tests were done and using a multimeter the amounts of voltage and amperage produced were measured; finding that the thermal differential used was not enough to generate the required enough electricity, since, minimum voltages were produced which had no commercial viability.

The efficiencies obtained are equivalent to less than 1% depending on the amount of energy required and the quantity produced.

**Keywords**

Batteries, Seebeck - Peltier effect, electricity, electrochemicals, generator, prototype, thermoelectric.

**1. INTRODUCCIÓN****1.1. Descripción del problema**

Las baterías de uso común, al ser desechadas en espacios abiertos se oxidan y con el paso del tiempo se deteriora su envoltura liberando componentes tóxicos como el Zinc, Cadmio y Magnesio a los suelos cercanos y a los cuerpos de agua superficiales o subterráneos. (Arévalo & Castañeda, 2012)

Otras causas de considerable importancia que contribuyen a la liberación de esos componentes son los incendios de los basureros o la quema intencional de basura, lo cual representa un aporte significativo de esos contaminantes al aire. (Castro & Díaz, 2007)

Al hacer contacto con cualquier fuente de agua, el litio puede ser consumido por los humanos generando problemas de salud como hipertiroidismo y daños en los riñones. (Los Andes, 2011)

En Colombia se evidencia la generación de residuos; los cuales, en una cantidad poco representativa, contaminan las fuentes hídricas y pueden ocasionar distintos problemas a la salud y al medio ambiente porque su generación está aumentando a través del tiempo; entre estos residuos se encuentran los montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos que contienen componentes como acumuladores y otras baterías, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos etc. (IDEAM, 2011)

Igualmente, en el país se producen 11.000 toneladas de residuos de pilas anualmente; de las cuales, 8.000 toneladas corresponden a pilas de Zinc (Zn) y Carbón (C), 2.000 toneladas a pilas alcalinas y el resto corresponde a pilas secundarias y de botón. De 2002 a 2008 se produjeron 77.000 Tm de pilas con las cuales se ha descargado al ambiente 14.000 Tm de Zinc (Zn), 13000 Tm de Cromo (Cr), 100 Tm de Níquel (Ni), 30 Tm de Plomo (Pb), 350 Kg de Mercurio (Hg) y 350 Kg de Litio (Li). (Valencia, y otros, 2009)

"En los últimos 12 o 15 años, en Colombia han salido del mercado unos 130.000 aparatos electrónicos que no han tenido una disposición adecuada y podrían haber sido llevados a basureros a cielo abierto o a los ríos" (Molano, 2011)

**1.2. Antecedentes**

(Blancarte, 2001) realizó estudios del efecto seebeck en un módulo de 71 pares termoeléctricos en serie del semiconductor Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> en circuitos abiertos y cerrados.

(Cid & Rodríguez, 2011) construyeron una estructura flotante que sumergida en un río y en pareja con otra estructura de color negra generaban la diferencia de temperatura necesaria para producir energía eléctrica, en dicha investigación encontraron que al hacer circuitos en serie o en paralelo se varia el resultado entre cantidad de intensidad de corriente y cantidad de energía.

(BIEL, 2013) desarrolló termo generadores portátiles para la electrificación de hogares rurales utilizando placas Peltier, demostrando que la generación

termoeléctrica a partir del calor residual de estufas hogareñas se podía convertir en una opción sustentable más económica que las habituales.

(Strand, 1968) expuso la fabricación de una termopila que aplicaba el efecto seebeck-Peltier con motivos didácticos generando que un motor de juguete funcionara con una pila que transformaba el calor enlatado en electricidad

(Mastbergen, Willson, & Joshi, 2005) generadores termoeléctricos utilizando el calor emitido por las estufas de cocina

(Estados Unidos Patente nº US 2004/0094192 A1, 2004) Diseña un generador que, por medio de un colector y un dispositivo de refrigeración termoeléctrico, el calor se dirige a un convertidor de voltaje y luego a una batería para poder usarlo.

(Estados Unidos Patente nº US3458356A, 1966) Mediante el uso de diferenciales de temperatura y de presión mantenidos entre una zona de reacción, en la que se encuentran metales alcalinos fundidos, son convertidos a una forma iónica en la zona de mayor presión, los iones resultantes pasan por un electrolito sólido y son convertidos a su forma elemental en la zona de menor presión.

(Estados Unidos Patente nº 4,042,757, 1977) Diseñan un generador termoeléctrico compuesto de tubos internos y externos de metal, y entre ellos se encuentra una solución de sodio que con el movimiento entre los tubos se evaporará adhiriéndose a un electrolito de tubo de cerámica.

### 1.3. Pregunta problema

¿Cuánta es la eficiencia de una máquina que genere electricidad manipulando la energía térmica como solución a las necesidades energéticas de las personas que viven en lugares que no cuentan con disponibilidad de este recurso?

### 1.4. Justificación

Durante muchos años las baterías utilizadas para brindar electricidad a los diferentes tipos de electrodomésticos han sido fabricadas a base de Cadmio, Litio y Níquel; metales que son extraídos de diferentes fuentes naturales, generando una gran demanda en su explotación y por consiguiente la destrucción de distintos ecosistemas, además de esto, cuando dichas baterías terminan su vida útil son desechadas de manera inapropiada produciendo la contaminación de suelos y fuente hídricas.

Un generador portátil que aproveche la temperatura para producir electricidad y que no contenga ninguno de los metales actualmente utilizados en dichos elementos, evitará que se continúen explotando los

recursos naturales para producirlos, además de prevenir la contaminación por metales pesados de suelos y fuentes hídricas.

Este generador brindará la electricidad necesaria para los dispositivos electrónicos aportando una solución para las personas que necesitan moverse constantemente o que habitan en lugares retirados de los cascos urbanos.

## 1.5. Objetivo general

Desarrollar un generador que transforme la diferencia de temperatura en electricidad suficiente para ser utilizada como fuente de energía de algunos electrodomésticos de manera amigable con el ambiente.

## 1.6. Objetivos específicos

1. Determinar la cantidad de electricidad generada por la termo batería
2. Identificar el comportamiento del voltaje respecto de la diferencia de temperatura
3. Establecer el comportamiento de la eficiencia respecto al delta de temperatura
4. Evaluar la eficiencia térmica del prototipo respecto al paso del tiempo.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Localización

Este proyecto se realizó en el municipio de Socorro, Santander, Colombia ubicado a 264 Km de la capital de la República y a 121 Km de Bucaramanga, con una altura de 1230 msnm.

### 2.2. Tipo de investigación

Investigación cuantitativa: se midió la cantidad de electricidad producida por el termo generador en función de la diferencia de temperaturas presentes en el sistema.

Investigación exploratoria: se realizaron consultas y recopilación de información para proponer un modelo de prototipo.

### 2.3. Definición de variables e indicadores

Tabla 1. Variables cuantitativas y su clasificación

Tipo de variable	Variable	Unidad
Dependiente	Voltaje	(v)
	Energía Potencia Eléctrica	(Watt)
	Eficiencia térmica	%
Independiente	Delta de Temperatura	K
	Tiempo	S
Intervinientes	Temperatura Ambiente	K

## 2.4. Técnicas de investigación

La técnica utilizada fue la de observación directa de tipo estructurada y la toma de mediciones *In Situ*.

## 2.5. Análisis estadístico

Se realizó mediante el cálculo de promedios de los datos obtenidos y gráficas de comparación.

## 2.6. Materiales

Se utilizaron los siguientes materiales para la construcción del prototipo:

- Placas Peltier
- Contenedores de aluminio
- Tela de felpa
- Espuma de poliuretano
- Recipientes de barro

**Figura 2.** Aislamiento con Tela de Felpa.



## 2.7. Población y Muestra

El estudio se realizó con 2 litros de agua a 273.15 K y 2 litros de agua a 291.5K, efectuando pruebas durante 5 días con el prototipo, hasta que se alcanzaba el equilibrio térmico, registrando los datos en tablas de Excel para su posterior análisis

## 2.8. Equipos de medición

Para la medición de la temperatura, voltajes y resistencias se utilizó un multímetro Uni-t Modelo Ut33 y para calcular el tiempo se utilizó una tablet Samsung Galaxy Note Modelo Gt N8000 con la aplicación Chrono Master.

**Figura 3.** Multímetro Uni-t



## 2.9. Procedimiento

Para la construcción del dispositivo se cubrieron 2 contenedores de aluminio con 2 capas de tela de algodón como se observa en la figura 2, y se introdujeron en los contenedores de barro, llenando el espacio vacío con espuma de poliuretano, se hicieron perforaciones de 4x8 cm en cada uno de los contenedores de barro, para ubicar una placa Peltier dentro de estas perforaciones como se ve en la figura 4.

**Figura 4.** Ubicación de las Placas Peltier.



Después de unir los 2 contenedores y asegurarse que las placas Peltier estuvieran haciendo contacto con las fuentes de calor se procedió a introducir 2 litros de agua a 291.5K en un contenedor de aluminio y en el otro se agregaron 2 litros de agua a 343.15K.

Por último, se procedió a la toma de temperatura de cada uno de los contenedores, temperatura ambiente, resistencia eléctrica y de voltaje generado por las placas Peltier, los datos se tomaron cada hora en un periodo de 13 horas y fueron registrados en una hoja de Excel, en donde se calcularon: la intensidad eléctrica, promedios, potencia y eficiencia del dispositivo.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Determinar la cantidad de electricidad generada por el prototipo

Tabla 2. Promedios diarios

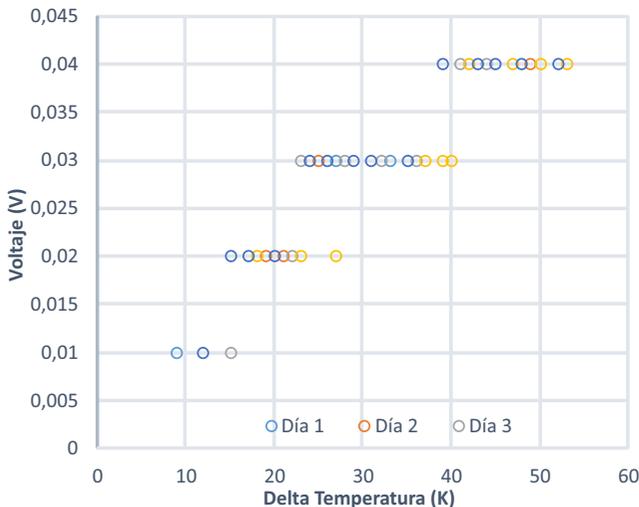
TEMP. AMBIENTE PROMEDIO							
			26.4				
DÍA	DELTA TEMP. (K)	VOLTAJE (V)	RES. (OHM)	INT. (A)	POT. ELEC. (WATT)	EFICIENCIA (%)	TIEMPO (HORAS)
1	33.00	0.03	20.00	0.0015	0.000049	0.00035	13
2	33.21	0.03	20.00	0.0015	0.000049	0.00035	13
3	31.50	0.03	20.00	0.0015	0.000049	0.00035	13
4	35.64	0.03	20.00	0.0015	0.000049	0.00035	13
5	31.14	0.03	20.00	0.0015	0.000049	0.00035	13

En la tabla 2 se presentan los promedios de la toma de datos diaria, donde se puede evidenciar que el comportamiento del prototipo durante las pruebas fue constante, obteniendo los mismos resultados de forma diaria, en el rango de diferencia de temperatura encontrado, entre 31.14 y 35.64 Kelvin, el prototipo produjo 0.03 Voltios y 0.0015 Amperios, una eficiencia promedio de 0.00035% en un tiempo de funcionamiento de 13 horas.

#### 3.2. Comportamiento del voltaje respecto de la diferencia de temperatura

En la figura 5 se demuestra que cuanto mayor sea el delta de temperatura entre los contenedores, mayor será el voltaje que se genere en las placas Peltier, además, el comportamiento de estas variables en los diferentes días del estudio fue constante, obteniendo los mismos valores en el rango de trabajo, con deltas de temperatura de 52 Kelvin, 0.04 Voltios.

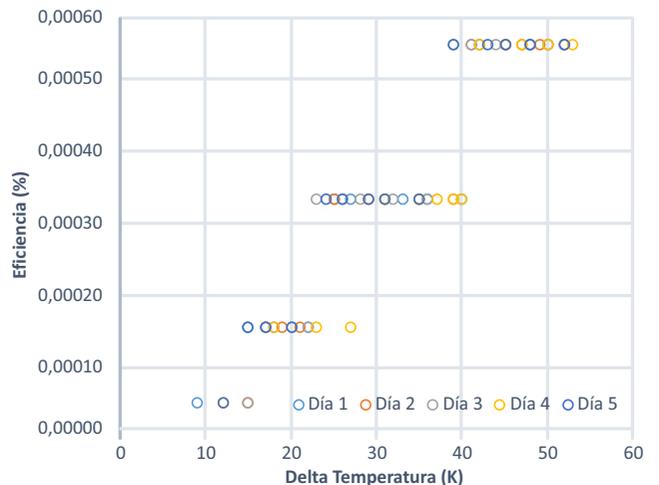
Figura 5. Comportamiento del voltaje respecto al Delta de temperatura



#### 3.3. Comportamiento de la eficiencia respecto de la diferencia de temperatura

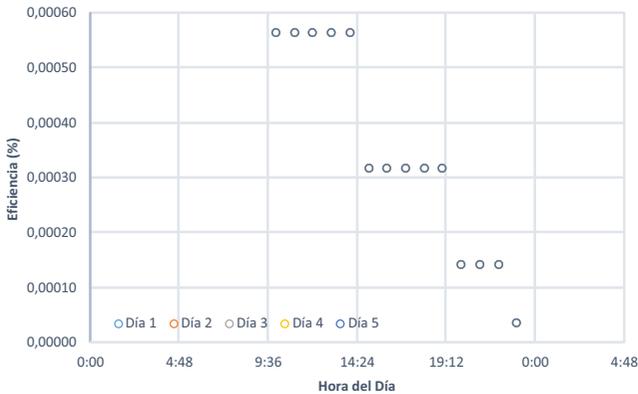
Dentro de la investigación se identificó un comportamiento directamente proporcional entre la diferencia de temperatura y la eficiencia del prototipo, de acuerdo a la figura 6 que muestra cómo incrementa la eficiencia del prototipo al aumentar el delta de temperatura, al igual que en la gráfica anterior, siendo una conducta constante durante los cinco días de toma de datos, encontrando además que la eficiencia máxima fue de 0.00056% obtenida con un delta de temperatura de 52 kelvin.

Figura 6. Comportamiento de la Eficiencia Respecto al Delta de Temperatura



### 3.4. Eficiencia térmica del prototipo respecto al paso del tiempo

**Figura 7.** Comportamiento de la Eficiencia Respecto al Tiempo



En cuanto a la eficiencia: se evidenció una disminución durante los 5 días de funcionamiento, como lo muestra la figura 7; en donde todas las series están superpuestas, esto se debe a que la tasa de disminución del diferencial térmico fue la misma en el tiempo de estudio, y como lo demostraron las gráficas anteriores al decrecer el delta de energía térmica, el voltaje y la eficiencia disminuirán también, debido a los factores de temperatura ambiente, el prototipo siempre buscará el equilibrio térmico, a pesar de las capas de aislamiento.

### 4. DISCUSIÓN

Según (Cid & Rodríguez, 2011), aplicando calor y frío a una placa Peltier se pudo conseguir una diferencia de potencial eléctrico, lo que se confirmó en este proyecto.

En los resultados obtenidos por (BIEL, 2013), mediante el uso de refrigerantes con una proporción de 100 litros a 5 de una olla caliente, se maximiza la generación termoeléctrica, en contraste a lo evidenciado en esta investigación, en donde, el refrigerante era agua al igual que el elemento que transmitía el calor y se encontraban en igual proporción, evidenciando bajo rendimiento en la producción de electricidad.

(Mastbergen, Willson, & Joshi, 2005) utilizaron un disipador de calor para mejorar la transferencia térmica entre la placa Peltier y lograron generar la electricidad necesaria para encender una pequeña luz LED, en los resultados obtenidos por los estudiantes investigadores la energía producida sin el disipador de energía era insuficiente para encender un bombillo de tipo LED.

### 5. CONCLUSIONES

Se comprobó que se puede construir un artefacto generador electricidad utilizando la energía térmica, pero su eficiencia es demasiado baja, produciendo 0.04 Voltios haciendo imposible el funcionamiento de algún electrodoméstico con dicho voltaje.

El comportamiento del voltaje respecto del diferencial térmico es directamente proporcional, permitiendo afirmar que para generar voltajes mucho más altos a los obtenidos en este proyecto se requiere de un diferencial térmico superior al utilizado en la investigación.

El comportamiento de la eficiencia respecto al delta de temperatura es directamente proporcional, al producirse más voltaje con una mayor diferencia térmica, la eficiencia del prototipo aumenta de forma proporcional al aumento.

El comportamiento de la eficiencia respecto al paso del tiempo es inversamente proporcional, esto se debe a la pérdida de energía del sistema, que busca el equilibrio térmico, afectando el delta de temperatura y con esto la generación de voltaje.

#### 5.1. Recomendaciones

1. Se sugiere que las placas Peltier tengan más contacto con los contenedores de frío y calor.
2. De acuerdo al desarrollo de esta fase de la investigación se puede construir un artefacto que transforme la energía térmica en electricidad.
3. Por el momento el dispositivo tiene un porcentaje de eficiencia de 0.00035%.
4. La diferencia de temperatura para conseguir la cantidad de voltaje más alta estuvo en un rango de 41° - 52°.
5. Se evidencia la necesidad de realizar algunas modificaciones al prototipo para que las placas Peltier tengan más contacto con los recipientes contenedores de frío y calor y de esta forma se produzca una cantidad mayor de voltaje.

#### 5.2. Planes para el trabajo futuro

- Mejorar el contacto que tiene la placa Peltier con los contenedores de frío y calor.
- Utilizar un amplificador de voltaje buscando obtener más de 1 Voltio.
- Utilizar un alternador para convertir la corriente continua en alterna y poder pasarlo por un transformador y de esta forma obtener mucho más voltaje y de esta forma incrementar la eficiencia del termogenerador.

## 6. AGRADECIMIENTOS

- Ing. Jaime Alejandro Medina Rodríguez por su asesoría en la selección de materiales de aislamiento y conducción térmica.
- Ing. Jorge Alejandro Vesga Hernández por su asesoría en la parte de funcionamiento eléctrico.
- Jhon Jaime Mora López por su ayuda en el proceso de construcción del dispositivo.

## 7. REFERENCIAS

- Arévalo, C., & Castañeda, K. (2012). *Investigación de la presencia de litio por fotometría de llama en muestras de agua provenientes de la zona noreste de la isla chichiguanes del lago llapango*. El Salvador: Universidad de El Salvador.
- Bell, L. E. (12 de Septiembre de 2008). *www.sciencemag.org*. doi:10.1126/science.1158899
- BIEL. (2013). *Desarrollo de termogeneradores portátiles para electrificación de hogares rurales*. Obtenido de [www.biel.com.ar](http://www.biel.com.ar):  
[http://www.biel.com.ar/pdf/a6\\_%20desarrollo\\_de\\_termogeneradores\\_portatiles.pdf](http://www.biel.com.ar/pdf/a6_%20desarrollo_de_termogeneradores_portatiles.pdf)
- Blancarte, W. (2001). Instrumentación para el control de procesos industriales Efecto Peltier. Guadalajara. Obtenido de <http://descargas.cetronic.es/estudiopeltier.pdf>
- Castro, J., & Díaz, M. (2007). *La contaminación por pilas y baterías en México*. México.
- Chin-Kuang, L. (2004). *Estados Unidos Patente nº US 2004/0094192 A1*.
- Cid, S., & Rodríguez, F. (2011). Termoelectricidad. Aplicación de las placas Peltier a la generación de energía eléctrica en plataformas flotantes. Galicia.
- DiSalvo, F. J. (30 de Julio de 1999). *www.sciencemag.org*. doi:10.1126/science.285.5428.703
- Durán Rangel, M. O. (2014). *Termobatería mediante el efecto Seebeck-Peltier Fase I*. Socorro, Santander, Colombia.
- Hasegawa, N., & Hasegawa, M. (2002). *Estados Unidos Patente nº US 2002/0180042A1*.
- IDEAM. (2011). *Informe Nacional generación y manejo de residuos o desechos peligrosos en Colombia*. Bogotá.
- Jones, I. W., & England, C. (1977). *Estados Unidos Patente nº 4,042,757*.
- Kummer, J. T., & Weber, N. (1966). *Estados Unidos Patente nº US3458356A*.
- Los Andes. (08 de Abril de 2011). Obtenido de [www.losandes.com.ar/notas/2011/4/8/advierten-altos-niveles-litio-agua-cordillera-argentina-561037.asp](http://www.losandes.com.ar/notas/2011/4/8/advierten-altos-niveles-litio-agua-cordillera-argentina-561037.asp)
- Mastbergen, D., Willson, B., & Joshi, S. (2005). *Producing light from stoves using a thermoelectric generator*. Colorado.
- Molano, D. (26 de Abril de 2011). Gobierno busca controlar la contaminación que causan los desechos electrónicos. (B. COLPRENSA, Entrevistador)
- Strand, H. (1968). Diviértase con una termopila hecha en casa. *Mi mecánica popular*.
- Valencia, A., Suárez Castaño, R., Sánchez, A., Cardozo, E., Bonilla, M., & Buitrago, C. (2009). *Gestión de la contaminación ambiental: cuestión de responsabilidad*. Bogotá: dossier.

