

# Análisis econométrico en la gravedad de un derrame petrolero y su contaminación ambiental. Caso de estudio: Campo Sacha - Ecuador

## Econometric analysis of the gravity of oil spill and its environmental pollution. Case of study: Campo Sacha – Ecuador

VIZUETE, Ricardo A. [1](#); LASCANO, Alexandra V. [2](#) & MORENO, Rodrigo R. [3](#)

Recibido: 05/03/2019 • Aprobado: 27/05/2019 • Publicado 03/06/2019

### Contenido

[1. Introducción](#)

[2. Metodología](#)

[3. Resultados](#)

[4. Conclusiones](#)

[Referencias bibliográficas](#)

#### RESUMEN:

El objetivo del estudio fue conocer la relación que guardan los impactos ambientales tanto directos como indirectos con la gravedad del derrame de petróleo ocurrido en el campo Sacha, Ecuador. Para la investigación se emplearon datos cuantitativos proporcionados por la empresa "CONSORCIO ARCOIL-GPOWER" desde enero 2014. Cuando se aplicaron los datos en el primer modelo propuesto se evidenció que la variable "impacto directo" guardaba una relación negativa, mientras la otra variable "impacto indirecto" resultó ser positiva y significativa para el modelo.

**Palabras clave:** Derrame de petróleo, gravedad del derrame, impacto ambiental directo e indirecto.

#### ABSTRACT:

The objective of the study was to know the relationship between environmental impacts, both direct and indirect, with the severity of the oil spill in the Sacha field, Ecuador. For the research, quantitative data provided by the company "CONSORCIO ARCOIL-GPOWER" was used since January 2014. When the data was applied in the first proposed model, it was evidenced that the variable "direct impact" had a negative relationship, while the other variable "indirect impact" proved to be positive and significant for the model.

**Keywords:** Spills, severity of spill, direct and indirect impact, oil

## 1. Introducción

La explotación de petróleo y la producción de sus subproductos, así como las instalaciones para el transporte del crudo o de sus procesados, emplean grandes extensiones delicadas de terreno (Serrano, Torrado y Pérez, 2013) afectando al medio ambiente de forma particular y directa mediante la emisión de gases a la atmósfera, desechos sólidos a los suelos y desechos en general a los afluentes hídricos, los cuales son altamente contaminantes (Yáñez y Cedeño, 2017) afectando así el frágil equilibrio del ecosistema compuesto por zonas de un elevado valor ecológico para la nación y el mundo en general (Aldáz, Olvera, y Antón, 2017). En resumen, la contaminación proveniente de la actividad petrolera es un problema de alcance mundial que precisa la atención de investigadores y científicos, donde puedan mostrar a la sociedad los efectos adversos de la práctica industrial asociada al petróleo. Para el presente caso de estudio se plantea la hipótesis: la gravedad del derrame petrolero depende de los impactos ambientales directos e indirectos, es decir, se realiza un análisis del derrame petrolero y la contaminación ambiental generada desde una perspectiva econométrica. Consecuentemente, se realizarán diferentes pruebas de contrastes para evidenciar si el modelo econométrico propuesto es

viable para la investigación. Además, se aplicarán proyecciones gráficas con el software econométrico de Gretl buscando comprobar si los derrames petroleros ocurridos son relevantes con las predicciones del software mencionado. Para el desarrollo propuesto se plantean diferentes variables determinadas como: gravedad del derrame (fallas técnicas, deterioro y desperfectos en tuberías de petróleo), impactos directos (contaminación del petróleo en instalaciones de empresas petroleras y afectación del suelo en las mismas) e indirectos (afectaciones a ríos, pantanos y áreas verdes) con la finalidad de conocer si las variables propuestas guardan significancia con el derrame petrolero.

## **1.1. Antecedentes**

Dentro de la investigación denominada: "El derrame de petróleo en Quintero, V región de Chile. Una mirada desde las organizaciones sociales", se identifica como un hecho habitual que existan derrames de petróleo causando impactos ambientales. En el estudio realizado se planteó conocer cómo se desarrollaron los actores sociales con respecto a la catástrofe mediante una metodología cualitativa. Como resultados se evidenció que el derrame de petróleo tuvo efectos en diferentes direcciones: actuó como facilitador de la creación de nuevas organizaciones lo que significó el resurgimiento de antiguas disputas, además, se pudo ver la dinámica de la trama relacional entre la comunidad, autoridades y el parque industrial (Saravia, Armingol, & Garland, 2016).

Por otro lado, en la investigación realizada por la empresa pública: EP Petro-Ecuador denominada "Derrames de petróleo en Ecuador", señala que durante los años 2000-2014 se han registrado un total de 539 derrames de petróleo en el oriente ecuatoriano. Según el Ministerio del Ambiente de Ecuador, los derrames producidos se deben a diferentes factores, por ejemplo: el 28% se produce por corrosión, el 26% por atentados, el 17.8% por fallas mecánicas, el 14.5% sin dato de causa, el 11.8% por fallas humanas y por último, el 1.5% por desastres naturales (EP Petro Ecuador, 2014). Cronológicamente, el país experimentó varios eventos inesperados asociados al derrame de petróleo, teniendo su origen en diversos factores. En el año 2013, se produjo un derrame de petróleo representado por un total de 11.400 barriles de crudo vertido, donde se vio afectado el Rio Coca ubicado en la Amazonía ecuatoriana. Otro derrame registrado se produjo en el año 2014 a consecuencia de un deslizamiento de tierra donde se vio afectado el Rio Parahuaico y 200 familias del sector. En este acontecimiento, el total del derrame de petróleo fue de 2.000 barriles. Para EP Petro-Ecuador, durante el análisis realizado de este periodo, los eventos descritos fueron los más significativos de la empresa (Sepúlveda, Arboleda, Pérez y Quirama, 2018). La Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) en su primera publicación aborda diferentes temas de interés, entre ellos: "Fiscalización en campos petroleros". ARCH como entidad pública se encarga de realizar seguimientos y verificación de los tanques y conductos por donde se transporta el petróleo. Además, de realizar seguimiento, ARCH cumple con diferentes funciones de fiscalización y evaluación de los cumplimientos de normas técnicas establecidas con la finalidad de prevenir, y en su defecto, evitar futuros derrames petroleros. Dentro de sus registros, en los últimos años la empresa Petro-Ecuador presenta al menos 1000 derrames de petróleo, lo que transformado a datos cuantitativos se expresa como, un derrame de petróleo cada tres días en los últimos años (Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, 2017).

### **Derrame petrolero**

Se conoce como derrame petrolero al incidente surgido por falencias en la tubería o conductos del petróleo, producido por desastres naturales (sismos o deslices de tierra), o por la mano del hombre (atentados) causando la rotura de la tubería y como efecto inmediato el derrame del petróleo que genera daños irreparables en el medio ambiente. La empresa petrolera encargada de la explotación/producción/distribución de crudo y sus derivados incurrirá en gastos para las diferentes reparaciones de las líneas de distribución afectadas, teniendo en cuenta siempre la evaluación técnica del daño, la mano de obra y la limpieza de los daños en el medio ambiente (TryEngineering, 2015).

### **Contaminación por derrame de petrolero**

La explotación de petróleo y sus derivados se debe ejecutar bajo estrictas normas de control, minimizando al máximo posibles puntos de contaminación, efecto de la ruptura de tuberías o el inadecuado tratamiento de desechos producto de la extracción y refinación del mineral fósil (Aldáz, Olvera, y Antón, 2017). Las fuentes principales de contaminación de los suelos por petróleo se asocian a la rotura de oleoductos, la dispersión de los derrames crónicos, los derrames de aguas residuales derivadas de los procesos de separación que se realizan en las instalaciones petroleras e, incluso, derrames de lodos de perforación y de labores de mantenimiento de los pozos petroleros (Arias, Rivera, y Trujillo, 2017). Cuando existe una contaminación por derrame de petróleo, la biodiversidad de la zona es la más afectada, derivando consecuencias graves en el hábitat tanto de personas como de animales. La destrucción de los ecosistemas frágiles es un hecho irrefutable, diferentes especies mueren y a pesar del paso del tiempo tales ecosistemas no pueden recuperar su equilibrio de forma fácil (Marzialetti, 2011).

## **Contaminación ambiental**

Las actividades relacionadas a la exploración hidrocarburífera ocasionan diversos cambios adversos, e incluso daños irreparables en el ambiente donde se desarrollan dichas actividades, con riesgos para la salud y la propia industria (Álvaro, Arocena, Martínez, y Nudelman, 2017). A partir de esto, se puede argumentar que la contaminación ambiental proveniente de la industria hidrocarburífera incide en el aire, el agua, el suelo, de forma radioactiva, lumínica, sonora y visual, evidenciando de forma clara cuatro clases de contaminación ambiental: contaminación física (efectos nocivos a la salud), química-biológica, psicosocial y sociocultural (Estrada, Gallo y Nuñez, 2016). La contaminación ambiental se ha convertido en un tema de interés para la sociedad actual, donde han surgido nuevos profesionales especializados que buscan proponer nuevas alternativas, soluciones oportunas y efectivas para resolver dichos problemas ambientales. Tales profesionales deben mostrar conocimientos de responsabilidad social para establecer programas de educación ambiental y eliminación de la contaminación por medio de campañas de socialización y concientización a los individuos relacionados e involucrados con la actividad petrolera (Domínguez, 2015).

## **Gravedad de derrame**

La gravedad de derrame petrolero se da por diferentes causas entre ellas: deficiencia de mantenimiento, tuberías desgastadas por el tiempo y desastres naturales. Si existe un derrame de petróleo, se genera afectaciones graves que en ocasiones son irrecuperables sobre todo si se trata de ecosistemas frágiles y únicos. Con respecto a las poblaciones cercanas en donde existen conductos de petróleo y surge derrames, esta población se encuentra expuesta a contraer enfermedades y presentar daños irreversibles en su salud, convirtiéndose en un problema para el sector de salud pública (Tanguila & Santi, 2004).

## **Impactos directos petroleros**

La actividad petrolera causa impactos ambientales cuyo origen radica en las características técnicas de la explotación del recurso; es decir, la obtención del crudo. Los impactos directos están compuestos por el producto (petróleo) y los subproductos (aguas de formación) convirtiéndose en los contaminantes directos de una zona o lugar de donde se extrae el recurso (Guillaume, 2003). Ciertamente se puede evaluar por diferentes métodos los impactos petroleros directos, ya que se produce la pérdida parcial o total de un recurso no renovable teniendo como resultados un impacto ambiental de proporciones variables (Vílchez & Ulloa, 2015).

## **Impactos indirectos petroleros**

Los impactos petroleros indirectos se encuentran relacionados con los derrames de petróleo en el medio ambiente, es decir, en ecosistemas frágiles de faunas, carreteras, ríos o poblaciones. Como efectos de impactos directos existe una gravedad por el derrame, pérdida de hábitat causada por los derrames, además si el derrame reincide en el mismo sector se le conoce como factor estresante (Henkel, Sigel, & Taylor, 2012).

## **Métodos de limpieza derrame de petróleo**

Para la remediación ambiental y limpieza de derrames en sectores calificados como delicados ambientalmente, existen empresas privadas que se encargan de realizar dichos procesos de remediación, además tienen una secuencia de procesos para descontaminar el área afectada, contando con maquinaria específica (usando equipos modernos - tractores, camiones, grúas, bombas de presión lateral, alta y ultra alta para succionar las manchas de aceite. De esta mezcla de aceite y agua, el aceite puede separarse fácilmente usando unidades como separadores de aceite por gravedad) para realizar dichas actividades. Pero es necesario mencionar que existen voluntarios públicos quienes pueden ayudar acelerar la limpieza del derrame petrolero con otras herramientas más convencionales (Balaji, Antonette, & Monica, 2018).

---

## **2. Metodología**

Esta investigación tiene un enfoque cualitativo, es decir para la investigación se emplearon datos cuantificables, proporcionados por la empresa "CONSORCIO ARCOIL-GPOWER", la misma que se encarga del tratamiento de derrames de petróleo. Dichos procedimientos incluyen un registro de las diferentes actividades ejecutadas, especificando en ella que tipo de limpieza se realizó al momento que se registró un derrame de petróleo. Por otro lado, cabe señalar que para el sustento de la investigación fue necesario recolectar información bibliográfica de varios artículos científicos.

En primera instancia, la empresa "CONSORCIO ARCOIL-GPOWER" proporcionó información desde enero 2014, datos que fueron sometidos a un procesamiento riguroso de depuración, dejando de lado la información innecesaria para posteriormente plantear la metodología idónea para el presente estudio. Bajo este contexto, con los datos cualitativos se establecieron las variables dicotómicas para la aplicación de un modelo econométrico de regresión lineal simple, buscando la existencia de incidencia

entre las variables dependientes e independientes planteadas.

## 2.1. Teorías econométricas para desarrollo de modelos de regresión lineal simple

### Modelo de regresión lineal múltiple

Para el modelo de regresión lineal simple se plantea comparar variables dependientes e independientes, por lo tanto, la regresión puede ser positiva o negativa al evaluar la relación entre dos variables. A continuación, se presenta el siguiente modelo econométrico de regresión lineal simple:

En donde:  $Y$  es la variable dependiente, mientras que  $\beta_1$  es el intercepto del modelo en la gráfica de los residuos,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  son variables independientes del modelo y por último  $u$  es representado por el error de la perturbación. La regresión puede ser utilizada para analizar el comportamiento de las variables de entrada (o regresora) y salida (o respuesta) estableciendo predicciones y estimaciones (Carrasquilla et al., 2016).

### Contraste de heterocedasticidad de White

Con el contraste de White se puede detectar la existencia de heteroscedasticidad de los modelos de regresión lineal a la vez se puede corregir con el fin de que el modelo sea homocedastico seguidamente se puede estimar un modelo con el fin establecer e identificar si existe relación entre las variables de estudio (Omega, 2015).

### Contraste de especificación Reset de Ramsey

El contraste de especificación Reset de Ramsey es una prueba general de especificación para los modelos de regresión lineal. El contraste reset de Ramsey puede verificar si las combinaciones no lineales de los valores ajustados ayudan a explicar la variable de respuesta, en la cual se emplea la ecuación: . Además, si las combinaciones no lineales de las variables explicativas tienen algún poder de explicación sobre la variable de respuesta, el modelo está mal especificado (López, 2011).

### Contraste de normalidad de los residuos

Mediante el contraste de normalidad de los residuos se analiza los supuestos del modelo generalmente aceptado, que son los errores o residuos del mismo, siendo el caso, que se distribuyen en la recta de la regresión, en forma normal, con una media de cero como se puede evidenciar en la fórmula: (Pedrosa, Basterretxea, Basteiro, y García, 2014). Por otra parte, no se realizan contrastes de normalidad de los residuos, la razón, la mayoría de las veces no se dispone de muestras significativamente grandes (mayor de 50 datos para comprobar la normalidad de los residuos) que son necesarias para realizar este tipo de contrastes mencionados (Gujarati y Porter, 2013).

### Primeras Diferencias

Las primeras diferencias (d) surgen cuando la regresión de un modelo econométrico no es significativa entre las variables, es decir, las variables son débiles. Al agregar las primeras diferencias en las variables de estudio se reduce la multicolinealidad; además, las variables independientes y dependientes son más significantes para el modelo econométrico (Wooldridge, 2010). Con respecto al modelo econométrico planteado en la investigación se evidenció que no existía relación entre las variables. Por ende, se aplicó las primeras diferencias entre las variables con la finalidad de que sean significantes. Por otro lado, se debe considerar también que las variables de estudio son series temporales estacionarias, en función de que los datos proporcionados para la investigación fueron obtenidos de forma semanal.

### Series temporales estacionarias

Las series de tiempo estacionarias se establecen a lo largo del tiempo, es decir, cuando la media y la varianza son constantes en un tiempo determinado. Esto se refleja gráficamente donde los valores de la serie oscilen alrededor de una media constante y la variabilidad con respecto a esa media también permaneciendo constante en el tiempo (Villavicencio, 2010).

---

## 3. Resultados

Una vez depurado la información innecesaria se estableció el modelo econométrico, recordando que los datos obtenidos son estacionarios (semanalmente) por ende, son series temporales estacionarias. Es necesario resaltar que se utilizaron 166 datos para el modelo, teniendo en consideración el modelo econométrico planteado previamente:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_1 + \beta_3 X_2 + u_i$$

En donde:  $Y$  es la gravedad del derrame,  $\beta_1$  es el intercepto del modelo, mientras que  $\beta_2$  son impactos

directos y  $\beta_3$  impactos indirectos y por último representa los errores. En primera instancia se ejecutó el modelo evidenciándose que las variables son débiles (esto se ve reflejado en R-cuadrado corregido que representa el 10.4% pero la variable impactos indirectos es significativa a diferencia de la otra variable que no lo es) para la investigación (Ver tabla 1).

**Tabla 1**  
Modelo de regresión lineal múltiple

<b>Variable dependiente: Gravedad del derrame</b>					
<b>Variables indeptes.</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Desv. Típica</b>	<b>Estadístico t</b>	<b>valor p</b>	
constante	0.0213148	0.0400543	0.5321	0.5953	
Impactos directos	-0.0161925	0.0429624	-0.3769	0.7067	
Impactos indirectos	0.169919	0.0367785	4.62	<0.0001	***
Media de la vble. dep.	0.042169		D.T. de la vble. dep.	0.201582	
Suma de cuad. residuos	5.928434		D.T. de la regresión	0.190711	
R-cuadrado	0.115795		R-cuadrado corregido	0.104946	

En la tabla 1, se evidencio que el modelo econométrico no es bueno; por lo cual, se procede aplicar las diferencias en el software Gretl con la finalidad de mejorar los datos (impactos directos e impactos indirectos) y obtener nuevos resultados para mejorar el modelo y seguidamente, interpretarlos.

**Tabla 2**  
Modelo de regresión lineal múltiple aplicando diferencias

<b>Variable dependiente: Gravedad del derrame</b>					
<b>Variables indeptes.</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Desv. Típica</b>	<b>Estadístico t</b>	<b>valor p</b>	
Const	0.0213148	0.0610233	0.5321	1.5953	
d_ Impactos directos	0.0446555	0.0979954	0.8941	1.3124	
d_ Impactos indirectos	0.486807	0.0942585	10.133	<0.0001	***
Media de la vble. dep.	0.042169	D.T. de la vble. dep.		0.493756	
Suma de cuad. residuos	17.681754	D.T. de la regresión		0.460065	
R-cuadrado	0.276272	R-cuadrado corregido		0.255059	

Después de haber realizado las diferencias (gravedad del derrame, impactos directos e impactos indirectos) en la tabla 2, se destaca que los valores de las variables independientes y constante mejoraron evidenciándose lo siguiente: el valor del coeficiente es del 48% (en la tabla 1 fue de 16%) de la variable "d\_ Impactos indirectos" por tanto, en la misma variable se evidencia que es significativa para la gravedad del derrame (derrames de petróleo en el medio ambiente bien sea en ecosistemas frágiles de faunas, carreteras, ríos o poblaciones). Mientras la variable "d\_ Impactos directos" no es significativa en el modelo con referencia a la tabla 1, dado que no existe relevancia por sus valores negativos, se puede entender que los impactos directos (Petróleo, subproductos, aguas de formación contaminantes directos que se da en el punto de extracción del crudo) no inciden en la gravedad del derrame.

Seguidamente para evidenciar si el modelo econométrico propuesto es el correcto se procedió a realizar diferentes pruebas de contrastes (Heterocedasticidad de White, contraste de especificación Reset y normalidad de los residuos) en donde se evidenciará si el conjunto de variables propuestas y las

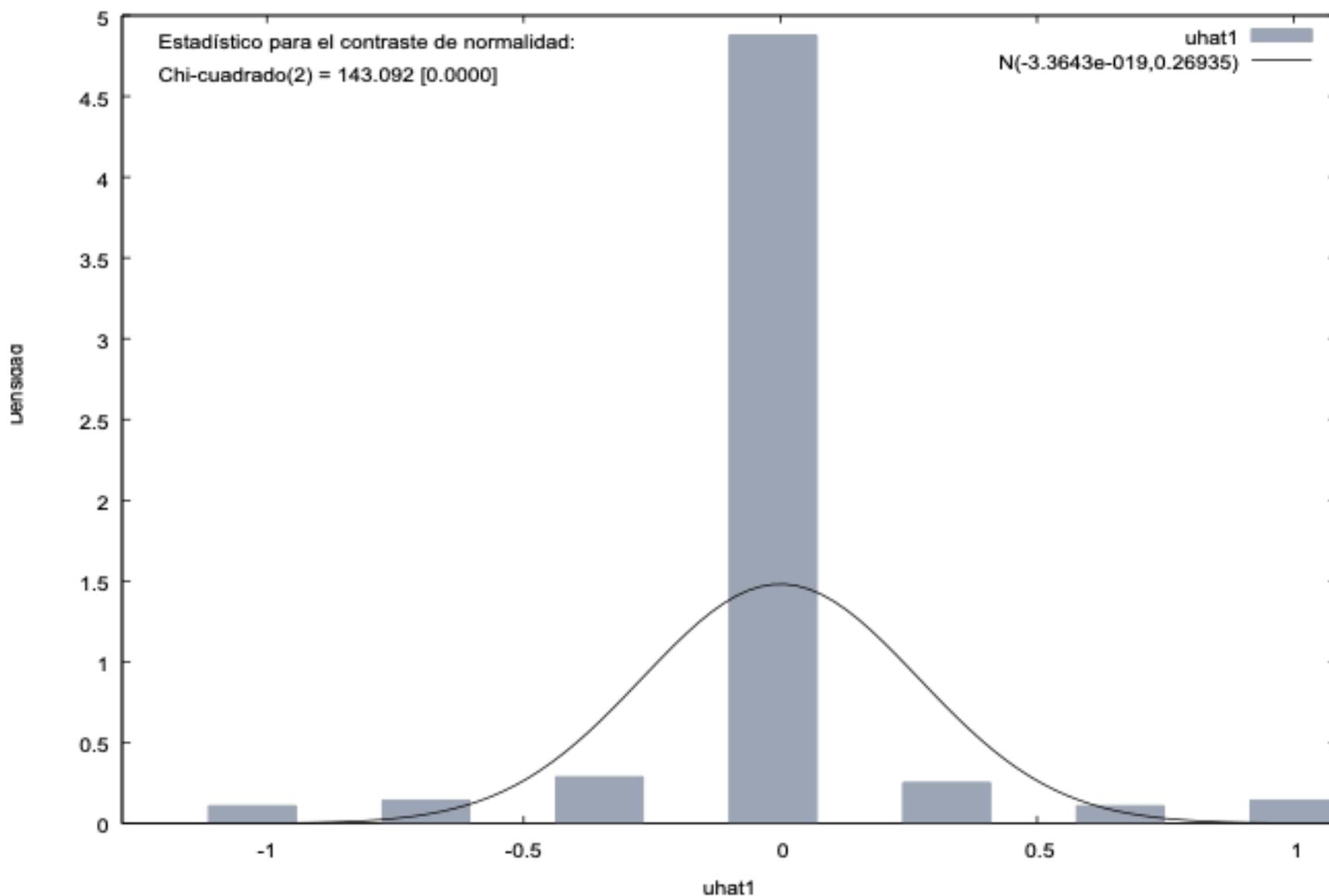
diferencias realizadas son buenas, a la vez que se garantiza el estudio de investigación al realizar los contrastes mencionados.

Contraste de heterocedasticidad de White - Hipótesis nula: No hay heterocedasticidad estadística de contraste:  $LM = 13.7444$  con valor  $p = P(\text{Chi-cuadrado}(5) > 13.7444) = 0.0173175$ . Mediante el contraste de heteroscedasticidad de White se evidencia con un valor probabilístico del 0.01731, y se comprueba la no heterocedasticidad. En conclusión, el modelo econométrico propuesto para la investigación es el correcto.

Contraste de especificación RESET - Hipótesis nula: La especificación es adecuada estadístico de contraste:  $F(2, 160) = 7.93259$  con valor  $p = P(F(2, 160) > 7.93259) = 0.000519052$ . Con la aplicación del contraste de especificación Reset se evidencia un valor estadístico del 0.000519 teniendo como resultado que la hipótesis nula es correcta para el modelo econométrico planteado.

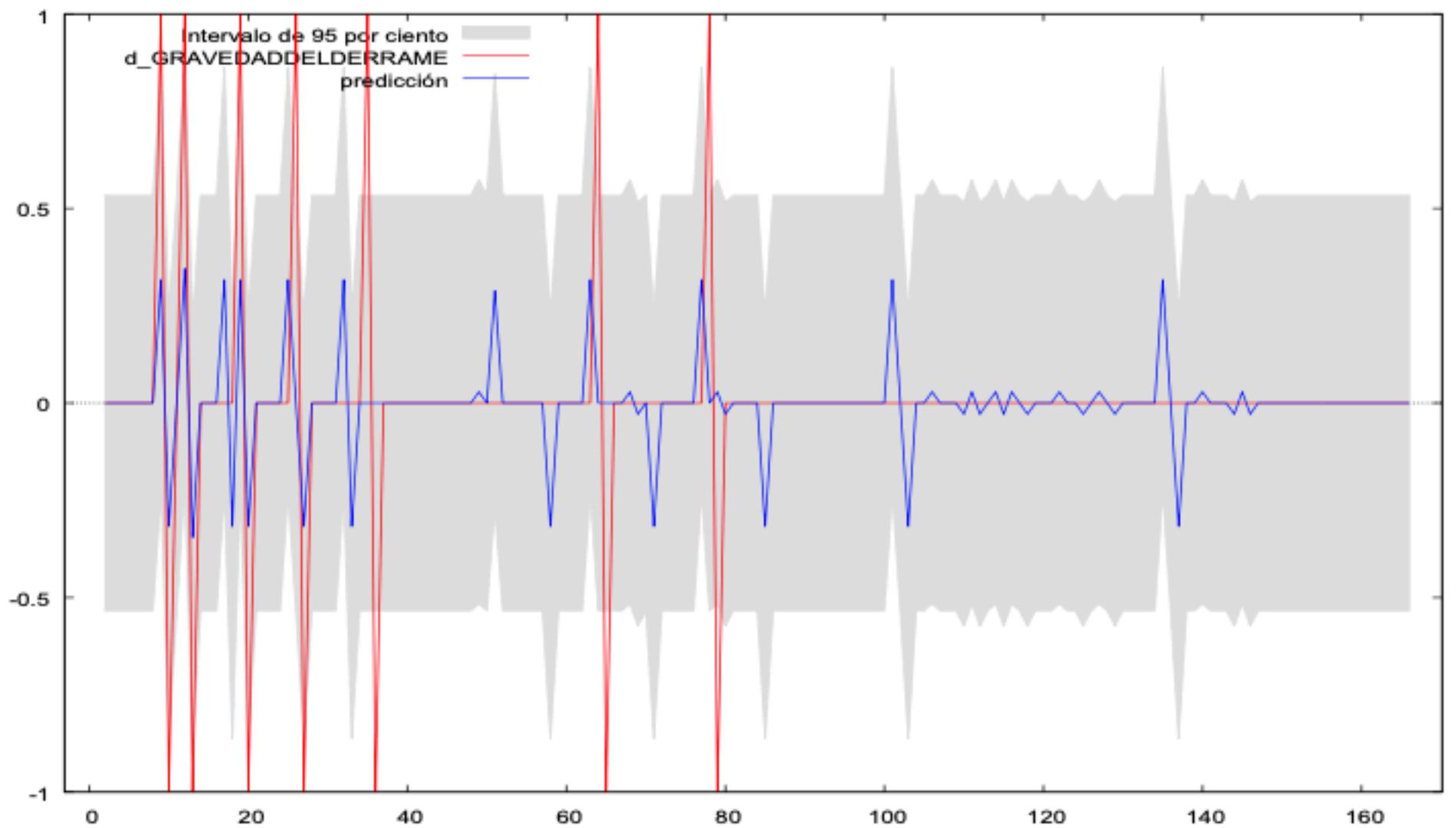
Contraste de normalidad de los residuos - Hipótesis nula: el error se distribuye normalmente estadístico de contraste:  $\text{Chi-cuadrado}(2) = 143.092$  con valor  $p = 8.47031e-032$ . Con el modelo planteado se aplica el contraste de normalidad de los residuos en donde se evidencia un valor de probabilidad estadístico de  $8.47031e-032$  teniendo como resultado que la hipótesis nula de los errores se distribuye normalmente (Ver figura 1). Por otro lado, en el software econométrico se estimó el valor del coeficiente de determinación corregido evidenciándose el 0.255059, es decir, que la variable gravedad del derrame (Y1) es explicada en un 25.5% por d\_ Impactos indirectos (X2) es significativa mientras que d\_ Impactos directos (X1) no es explicada, determinándose como variable no significativa.

**Figura 1**  
Normalidad de los residuos



Finalmente, dentro de la figura 2, se presentan los resultados en donde se aprecia los 166 datos semanales con un intervalo estadístico del 95%. Se evidencia que la diferencia gravedad del derrame es superior a la comprobación de la predicción realizada por el software econométrico. Por lo tanto, los picos altos de color rojo demuestran que una gravedad de derrame de petróleo causa grandes daños considerando que está determinada por los impactos directos e indirectos.

**Figura 2**  
Comprobación de predicción



### 3.1. Discusión de resultados

Dentro de los resultados se evidencio que el primer modelo aplicado en primera instancia en el software Gretl los datos obtenidos no eran relevantes. Seguidamente se realizó las diferencias a las variables de estudio en donde se comprobó que el impacto indirecto si incide y es significativo (Ver tabla 2) en la gravedad del derrame petrolero mientras que el impacto directo (Contaminación en: plantas de extracción, vías, suelo en el punto de origen, emisiones de gases) no incide con los derrames. Por ende, los impactos indirectos surgen por derrames pero estos causan daños como: impactos visuales (daños y pérdidas en su totalidad del entorno como bosques o vida silvestre), contaminación en áreas vegetales, ríos o lagos (Hester, Willis, Rouhani, Steinhoff, & Baker, 2016). El derrame de petróleo surge a consecuencia de varios factores entre ellos: deficiencia en la mano de obra, mano de obra no cualificada, conductos deteriorados o mal ensamblados, y desastres naturales (movimientos de tierras o sismos inesperados) siendo los principales factores para que existan los impactos indirectos que afectan a entornos como áreas verdes o poblaciones de un lugar determinado teniendo en cuenta que causan afectaciones que pueden ser irremediables (Chang, Stone, Demes, & Piscitelli, 2014).

## 4. Conclusiones

La gravedad del derrame petrolero si depende de los impactos, en especial del impacto indirecto, comprobando dicho impacto tanto en el primer como en el segundo modelo econométrico realizado. Además, en el primer modelo planteado se evidenció que el impacto directo no era significativo teniendo resultados negativos en los coeficientes, por lo que se procedió a realizar las diferencias buscando la mejora de dichos datos. Pese a que R corregido es del 25% mediante los contrastes propuestos, se comprobó que el modelo econométrico propuesto es viable; es decir, se llegó a la comprobación de la hipótesis planteada, en donde: la gravedad del derrame petrolero si depende de los impactos indirectos a excepción de los directos que no depende conforme a los resultados obtenidos de la tabla 2.

Los impactos directos como indirectos están relacionados con la contaminación del medio ambiente, pero ambos se enfocan en diferentes aspectos tales como: los directos están relacionados en las plantas de extracción del petróleo y contaminación del suelo, mientras que, los indirectos están enfocados con la contaminación del medio ambiente como hábitats, ecosistemas frágiles los cuales pueden ser únicos en su ubicación y región. En conclusión, no es fácil recuperar el ambiente afectado por el derrame. Existen familias que sufren las consecuencias a corto y largo plazo, pues la salud de las personas que se encuentran dentro de ese medio puede empeorar a consecuencia de los constantes derrames petroleros.

## Referencias bibliográficas

Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero. (2017). La Revista Hidrocarburífera del Ecuador. Análisis Del Control Hidrocarburífero Ecuador, I, 1-22.

- Aldáz, M., Olvera, M., & Antón, C. (2017). Análisis de regresión logística sobre variables que intervienen en la contaminación del aire producida por extracción de petróleo. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 731-741.
- Álvaro, S., Arocena, L., Martínez, M., & Nudelman, N. (2017). BIODEGRADACIÓN AEROBIA DE FRACCIONES DE HIDROCARBUROS PROVENIENTES DE LA ACTIVIDAD PETROLERA EN UN SUELO DE LA REGIÓN PATAGONIA NORTE, ARGENTINA. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 247-257.
- Arias, A., Rivera, M., & Trujillo, A. (2017). FITOTOXICIDAD DE UN SUELO CONTAMINADO CON PETRÓLEO FRESCO SOBRE *Phaseolus vulgaris* L. (LEGUMINOSAE). *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 411-419.
- Balaji, N., Antonette, K., & Monica, M. (2018). *Experimental Study On Oil Spill Recovery*, 7(5), 127-134.
- Carrasquilla, A., Chacón, A., Núñez, K., Gómez, O., Valverde, J., & Guerrero, M. (2016). Regresión lineal simple y múltiple: aplicación en la predicción de variables naturales relacionadas con el crecimiento microalgal. *Revista Tecnología En Marcha*, 29(8), 33. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i8.2983>
- Chang, S., Stone, J., Demes, K., & Piscitelli, M. (2014). Synthesis, part of a Special Feature on Vulnerability and Adaptation to Oil Spills Consequences of oil spills: a review and framework for informing planning. *Ecology and Society*, 19(2), 26. <https://doi.org/10.5751/ES-06406-190226>
- Domínguez, M. (2015). La contaminación ambiental, un tema con compromiso social. *Scielo*, 10, 2.
- EP Petro Ecuador. (2014). Derrames de Petróleo. Rendición de Cuentas EP Petro Ecuador, 11.
- Estrada, A., Gallo, M., & Nuñez, E. (2016). Contaminación ambiental, su influencia en el ser humano, en especial: el sistema reproductor femenino. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3), 80-86.
- Guillaume, F. (2003). Petróleo y desarrollo sostenible en Ecuador 1. Las reglas de juego.
- Gujarati, D., & Porter, D. (2013). *Econometría*. Mc Graw Hill (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Henkel, J., Sigel, B., & Taylor, C. (2012). Large-Scale Impacts of the Deepwater Horizon Oil Spill: Can Local Disturbance Affect Distant Ecosystems through Migratory Shorebirds? *BioScience*, 62(7), 676-685. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.7.10>
- Hester, M., Willis, J., Rouhani, S., Steinhoff, M., & Baker, M. (2016). Impacts of the Deepwater Horizon oil spill on the salt marsh vegetation of Louisiana. *Environmental Pollution*, 216, 361-370. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.065>
- López, A. (2011). Ampliación del modelo lineal básico, 1-71. Retrieved from [http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/2954/mod\\_resource/content/1/T\\_1C%2CA\\_668/Presentaciones/T5.pdf?forcedownload=1](http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/2954/mod_resource/content/1/T_1C%2CA_668/Presentaciones/T5.pdf?forcedownload=1)
- Marzioletti, P. (2011). Monitoreo de derrames de hidrocarburos en cuerpos de agua mediante técnicas de sensado remoto. *CONAE*, 150.
- Omega Beta Gamma. (2015). Detección de la Multicolinealidad y Heteroscedasticidad. *Aplicaciones en Eviews - Stata*, 1-26.
- Pedrosa, I., Basterretxea, J., Basteiro, J., & García, E. (2014). Goodness of fit test for symmestric distributions, wich statistical should I Use?, (1), 245-254. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy13-5.pbad>
- Saravia, P., Armingol, K., & Garland, B. (2016). El derrame de petróleo en Quintero, V región de Chile. *Una mirada desde las organizaciones sociales*, 23(2), 179-206.
- Sepúlveda Aguirre, J., Arboleda Jaramillo, C. A., Pérez Sánchez, E. O. y Quirama, U. (2018). Análisis de los factores críticos de vigilancia para la competitividad de una empresa de base tecnológica. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (55), 2-21.
- Serrano, M., Torrado, L., & Pérez, D. (2013). Impacto de los derrames de crudo en las propiedades mecánicas de suelos arenosos. *Revista científica General José María Córdova*, 11(12), 233-244.
- Tanguila, A., & Santi, S. (2004). Informe Yana Curi Impacto de la actividad petrolera en la salud de poblaciones rurales de la Amazonía ecuatoriana. Quito.
- TryEngineering. (2015). Soluciones para derrames de petróleo, 1-14.
- Vílchez, O., & Ulloa, M. (2015). Evaluación del impacto ambiental por presencia de hidrocarburos en el fundo Los Clavelitos, 91-108.
- Villavicencio, J. (2010). Introducción a Series de Tiempo. *Metodología de Series de Tiempo*, 4.
- Wooldridge, J. (2010). *Introducción a la Econometría 4ta. Edición*. Distrito Federal.
- Yáñez, A., & Cedeño, C. (2017). Análisis descriptivo de la afectación del sistema de vida de los habitantes de la parroquia de Dayuma causada por la industria petrolera en la Amazonía ecuatoriana. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 1180 - 1197.

1. Ingeniero Bioquímico. Maestría en gestión de proyectos ambientales, productivos y sociales. Técnico Docente en la Catedra de Biología en la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Técnica de Ambato. Email: [ricardovizuite@hotmail.com](mailto:ricardovizuite@hotmail.com)

2. Ingeniera en Alimentos, Maestría en Producción Más Limpia. Docente en la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato. Email: [av.lascano@uta.edu.ec](mailto:av.lascano@uta.edu.ec)

3. Ingeniero Industrial. Maestría en ingeniería industrial y productividad. Docente en la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Email: [rodrigo.moreno@esPOCH.edu.ec](mailto:rodrigo.moreno@esPOCH.edu.ec)

---

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 40 (Nº 18) Año 2019

[\[Índice\]](#)

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]