

## Evaluación de la probabilidad de ocurrencia de derrames de petróleo en la plataforma marítima continental argentina

### Introducción

La actual exploración de la plataforma marítima continental argentina con vistas a una futura explotación de gas natural y petróleo genera preocupación por la posible alteración de los ecosistemas marítimos y costeros, en particular por la posibilidad de derrames de petróleo. A la fecha, las empresas involucradas en la exploración no han presentado los estudios de impacto ambiental correspondientes, lo que incrementa la preocupación.

El estudio que se presenta aquí evalúa la probabilidad de ocurrencia de derrames de petróleo para distintas capacidades de producción. Los resultados obtenidos podrían contribuir a disparar la aplicación del principio precautorio establecido en la Ley General del Ambiente No. 25.675.

### Metodología utilizada

En primer lugar se realizó un análisis de los registros y estadísticas históricas de derrames en el offshore de Estados Unidos según el Bureau of Safety and Environmental Enforcement (BSEE, 2016)<sup>1</sup>. A continuación se presentan gráficos con un resumen de estas estadísticas.

En la Figura 1 se muestran los derrames de petróleo ocurridos en plataformas offshore en los Estados Unidos en el período comprendido entre 1964 y 2015, expresado en barriles de petróleo (bbl), sin incluir el incidente en el Golfo de México de la Plataforma Deepwater Horizon ocurrido en 2010.

<sup>1</sup>BSEE, 2016. 2016 Update of Occurrence Rates of Offshore Oil Spills. Bureau of Safety and Environmental Enforcement. (<https://www.bsee.gov/sites/bsee.gov/files/osrr-oil-spill-response-research/1086aa.pdf>) Ultima consulta 20/10/2020.

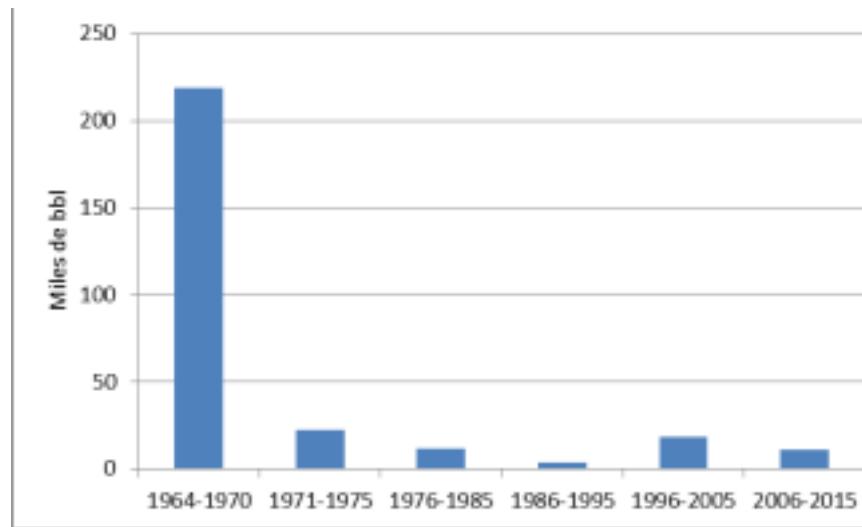


Figura 1. Derrames de petróleo en el offshore EU entre 1964 y 2015 expresados en barriles de petróleo (bbl)

La Figura 2 muestra el ratio entre los derrames ocurridos y la producción total de petróleo para cada período. El ratio se muestra en barriles de petróleo derramado por cada mil millones de barriles producidos en el mismo período. Este gráfico tampoco incluye el incidente de Deepwater Horizon de 2010 cuya magnitud fue de más de 4,9 millones de barriles derramados, el más grande de la historia (sin contar los derrames intencionales en el Golfo de Pérsico durante la Guerra del Golfo en la década del 90), por lo que distorsiona las estadísticas al considerarlo.

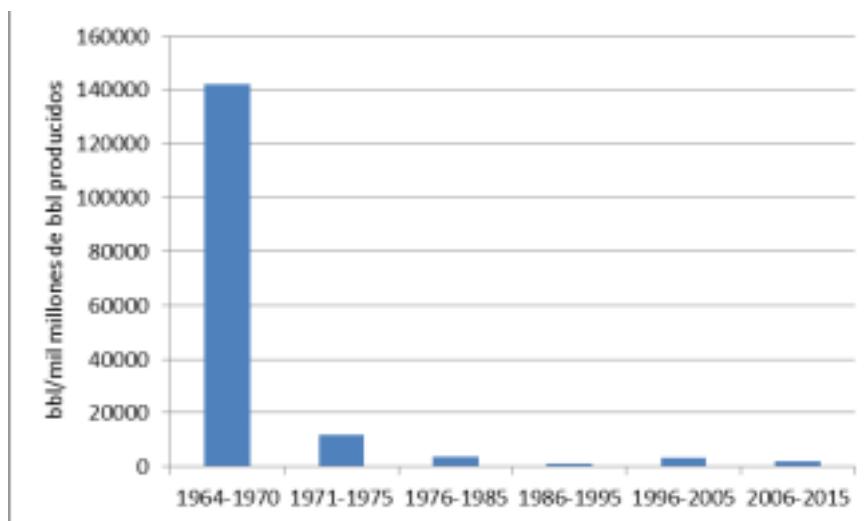


Figura 2. Barriles derramados por cada mil millones de barriles producidos en EU entre 1964 y 2015

Las Figuras 3 y 4 muestran los mismos datos, pero incluyendo el incidente de Deepwater Horizon (DWH).

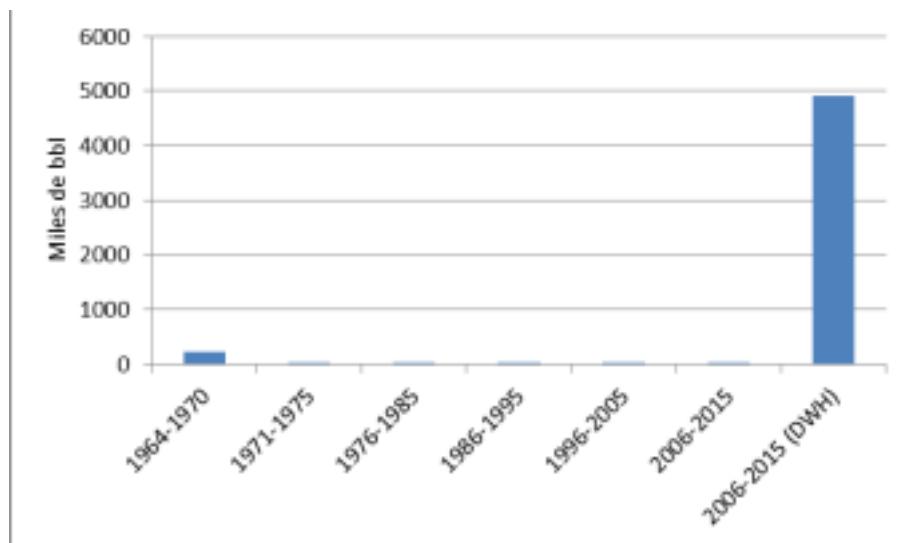


Figura 3. Derrames de petróleo en el offshore EU entre 1964 y 2015 expresados en barriles de petróleo (bbl) incluyendo el incidente de Deepwater Horizon (2010)

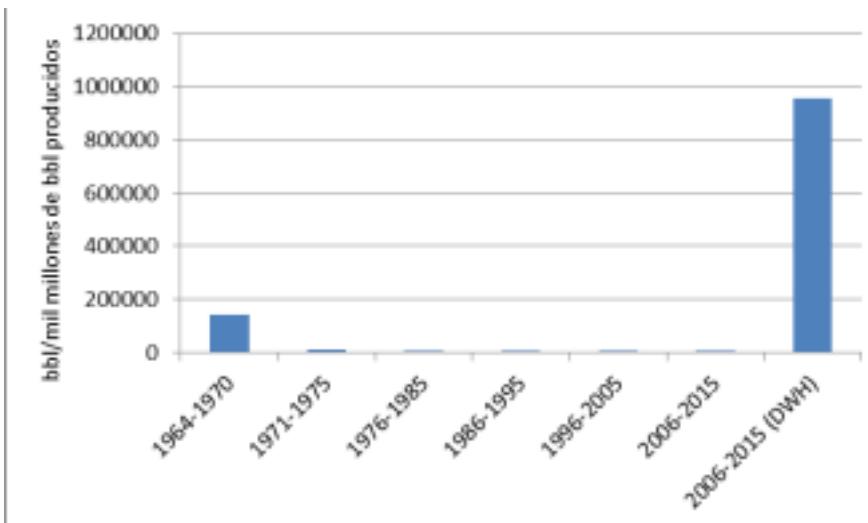


Figura 4. Barriles derramados por cada mil millones de barriles producidos en EU entre 1964 y 2015 considerando el incidente de Deepwater Horizon (2010)

La Figura 5 muestra la cantidad de derrames, es decir cantidad de eventos, ocurridos en la Unión Europea entre 1964 y 2015, diferenciados por tamaño del derramen, se consideran derrames menores a los de menos de 999 bbl y mayores a los derrames iguales o mayores a 1.000 bbl.

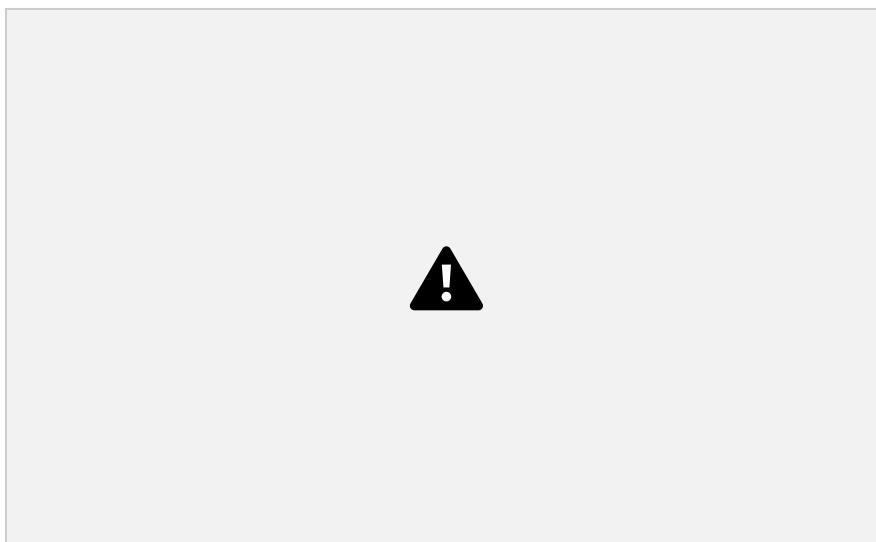


Figura 5. Cantidad de derrames por tamaño, menor de 999 bbl y mayor o igual a 1.000 bbl

A continuación se analiza la probabilidad de ocurrencias de derrames en la plataforma marítima continental argentina a partir de una función de probabilidades de Poisson (Anderson and Labelle, 2000)<sup>2</sup>, en función de la cantidad de petróleo producido. La distribución de Poisson se utiliza cuando los sucesos son impredecibles o de ocurrencia aleatoria.

La probabilidad de que ocurran “n” derrames con un nivel de producción “t” está dada por:

$$P(n, \lambda) = \frac{\lambda^n e^{-\lambda}}{n!}$$

Donde  $\lambda$ , llamado ratio de derrames, es la relación histórica del número de derrames sobre la producción.

Se ha demostrado que la probabilidad de ocurrencias de derrames sigue una probabilidad de Poisson ya que cumple con las siguientes características:

- $P(0) = 1$  para  $t = 0$ . Es decir la probabilidad de que no haya derrames es 100% si no hay producción.
- El proceso tiene incrementos independientes (el número de derrames ocurridos para cualquier intervalo dado no depende de los intervalos anteriores o siguientes).
- El número de eventos en cualquier intervalo de longitud  $t$  debe tener una distribución de Poisson con una media de  $\lambda t$  (este proceso debe tener incrementos estacionarios).

<sup>2</sup>Anderson and Labelle, 2000. Update of Comparative Occurrence Rates for Offshore Oil Spills. Spill Science & Technology Bulletin, Vol.6, No.5/6, pp. 303-321, 2000.

Noviembre 2020

4



donde el número de derrames que ocurren en cualquier intervalo depende solo de la longitud del intervalo).

Al no contar con estadísticas de derrames en Argentina, se consideran los datos presentados anteriormente para la Unión Europea para elaborar el ratio de derrames  $\lambda$ . En las Tablas 1 y 2 se muestran los valores de  $\lambda$  para derrames menores ( $<1000$  bbl) y mayores ( $\geq 1000$  bbl).

*Tabla 1. Ratio de derrames ( $\lambda$ ) en cantidad de eventos por cada mil millones de barriles de petróleo producido para derrames mayores o iguales a 1000 bbl.*

|                          | 2006-2015 |      |      |      |                     |
|--------------------------|-----------|------|------|------|---------------------|
| 1964-1970                | 1.54      | 1.87 | 3.22 | 3.53 | 5.34                |
| 1971-1975                | 2.0       | 3.1  |      |      | 5.14                |
| 1976-1985 (incl. DWH)    |           |      |      |      | $\lambda$           |
| 1986-1995                | 5.8       | 1.1  | 0.6  | 0.0  | 0.6                 |
| 1996-2005                | 0.2       |      |      |      |                     |
| Derrames $\geq 1000$ bbl | 9         | 2    | 2    | 0    | 3                   |
|                          |           |      |      |      | Producción (MMbbl)  |
| $\geq 1000$ bbl          |           |      |      |      | 1.54 1.87 3.22 3.53 |

El promedio para  $\lambda$  en este caso es de 1,4 y la mediana 0,6.

*Tabla 2. Ratio de derrames ( $\lambda$ ) en cantidad de eventos por cada mil millones de barriles de petróleo producido para derrames menores a 1000 bbl.*

|                       | 2006-2015 |           |                |       |                     |
|-----------------------|-----------|-----------|----------------|-------|---------------------|
| 1964-1970             | 1.54      | 1.87      | 3.22           | 3.53  | $\lambda$           |
| 1971-1975             | 2.0       | 3.1       |                |       |                     |
| 1976-1985 (incl. DWH) |           |           |                |       |                     |
| 1986-1995             | 5.8       | 1.1       | 0.6            | 0.0   | 0.6                 |
| 1996-2005             | 0.2       |           |                |       |                     |
| Derrames $<1000$ bbl  | 11        | 721       | 671            | 286   | 401                 |
|                       |           |           |                |       | 334                 |
|                       |           |           |                |       | Producción (MMbbl)  |
| $<1000$ bbl           |           |           |                |       | 1.54 1.87 3.22 3.53 |
| 5.34                  | 5.14      | $\lambda$ | ( $<1000$ bbl) | 7.1   | 385.6               |
|                       |           |           |                | 208.4 | 81.0                |
|                       |           |           |                | 75.1  | 65.0                |

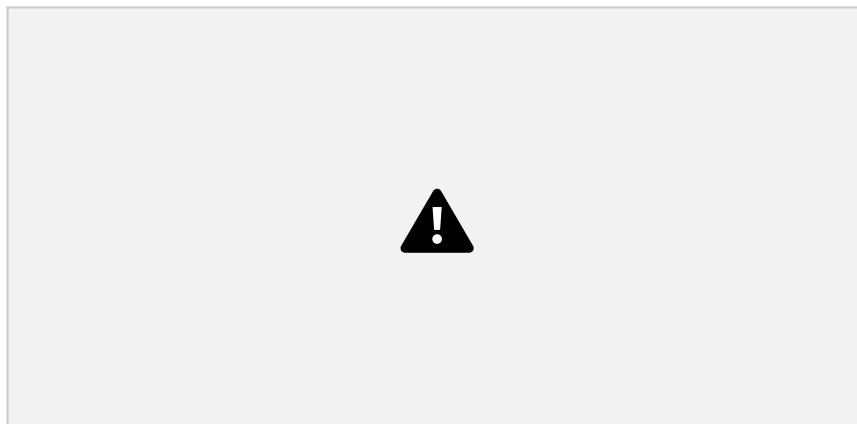
En este caso el promedio para  $\lambda$  es 137 y la mediana 78,1.

Considerando los escenarios de reservas y explotación de reservas offshore (2025-2050) del documento Pampa Azul<sup>3</sup>, se toman estos escenarios como niveles de producción posibles.

<sup>3</sup>Baruj y Drucaruff, 2016. CIECTI (Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación). Estimaciones del potencial económico del océano en la Argentina.



*Tabla 3. Escenarios de reservas y explotación de petróleo*



La Figura 6 muestra la distribución de probabilidades de ocurrencia de “n” derrames  $\geq 1.000$  bbl para cada nivel de producción. El área debajo de cada curva suma 100%.

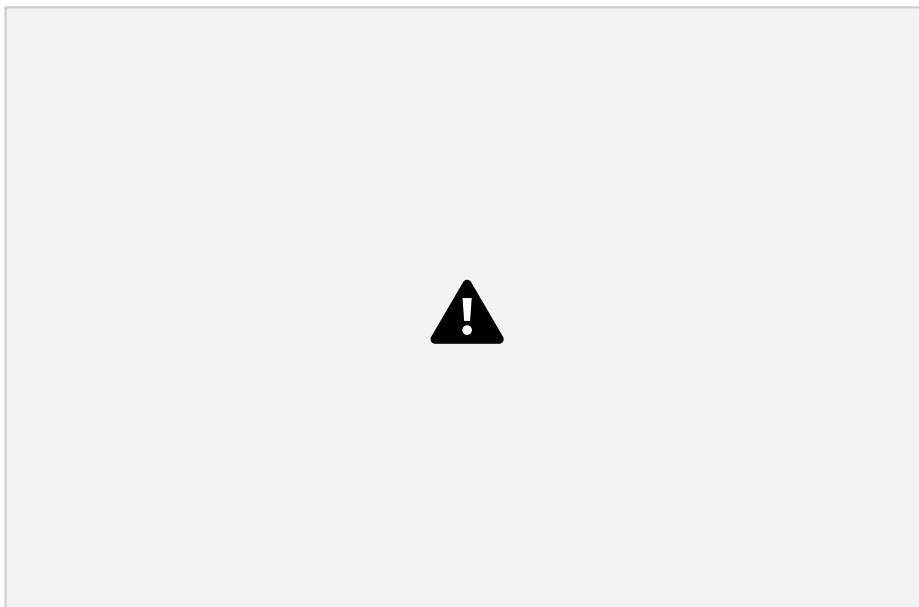


Figura 6. Probabilidad de ocurrencia de  $n$  derrames  $\geq 1.000\text{bbl}$  para cada nivel de producción.

Para un nivel de producción menor, de hasta 300 millones de barriles, la cantidad de derrames probables de dimensiones mayores a 1000 bbl se mueve entre 0 y 3 eventos, pero al aumentar el nivel de producción llegando hasta 10000 millones de barriles la cantidad de derrames posibles es de entre 0 y 13.

Es decir, por ejemplo, para un nivel de producción anual de 10.000 millones de barriles, la máxima producción planteada para el “Escenario Alto” la probabilidad de que ocurra una cantidad “n” de derrames se distribuye de la siguiente manera:

Noviembre 2020  6

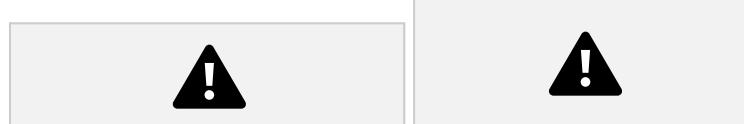


Tabla 4. Distribución de probabilidades de ocurrencia de derrames para una producción de 10000 millones de barriles

| Cantidad n de derrames | Probabilidad de ocurrencia | Probabilidad de ocurrencia acumulada |
|------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| 20                     | 0.00                       | 0.00                                 |
| 19                     | 0.00                       | 0.00                                 |
| 18                     | 0.00                       | 0.00                                 |
| 17                     | 0.01                       | 0.01                                 |
| 16                     | 0.03                       | 0.04                                 |
| 15                     | 0.08                       | 0.12                                 |

|    |       |        |
|----|-------|--------|
| 14 | 0.20  | 0.32   |
| 13 | 0.47  | 0.79   |
| 12 | 1.03  | 1.82   |
| 11 | 2.10  | 3.92   |
| 10 | 3.90  | 7.82   |
| 9  | 6.59  | 14.41  |
| 8  | 10.03 | 24.43  |
| 7  | 13.56 | 38.00  |
| 6  | 16.05 | 54.05  |
| 5  | 16.28 | 70.33  |
| 4  | 13.77 | 84.10  |
| 3  | 9.31  | 93.41  |
| 2  | 4.72  | 98.13  |
| 1  | 1.60  | 99.73  |
| 0  | 0.27  | 100.00 |

En la Figura 7 se muestra la distribución de probabilidad acumulada de derrames para cada nivel de producción.



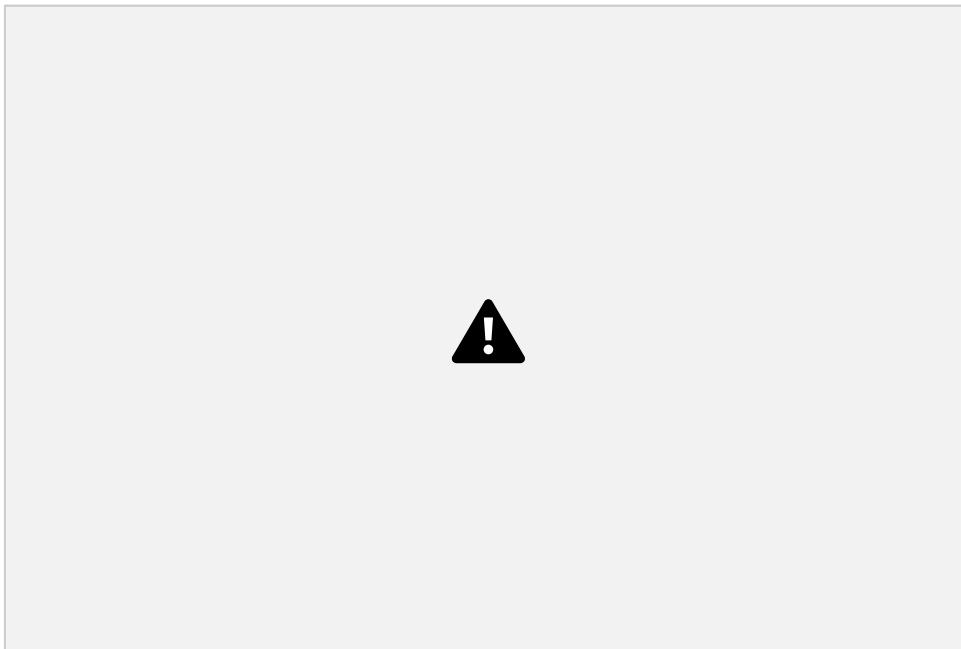


Figura 7. Distribución de probabilidades acumulada de ocurrencia de derrames mayores a 1.000 bbl para cada nivel de producción.

A medida que se aumenta el nivel de producción la distribución de probabilidades se desplaza hacia la izquierda, es decir la cantidad de que ocurran más cantidad de eventos (derrames) aumenta. Esto se puede leer de la siguiente manera, para una producción de 1.000 millones de barriles, por ejemplo, la probabilidad de que ocurra al menos un derrame mayor a 1.000 bbl es de casi el 100% y la probabilidad de que ocurran al menos 6 derrames mayores a 1.000 bbl es del 54%.

De la misma manera se realiza el análisis para derrames menores a 1.000 bbl. La Figura 8 muestra la distribución de probabilidades de ocurrencia de “n” derrames <1.000 bbl para cada nivel de producción. Nuevamente el área debajo de cada curva suma 100%.

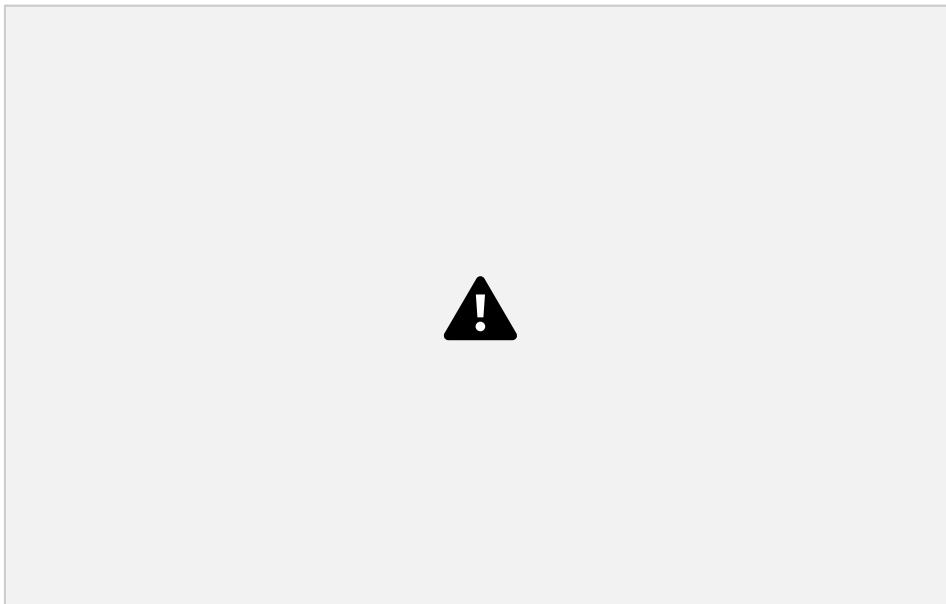
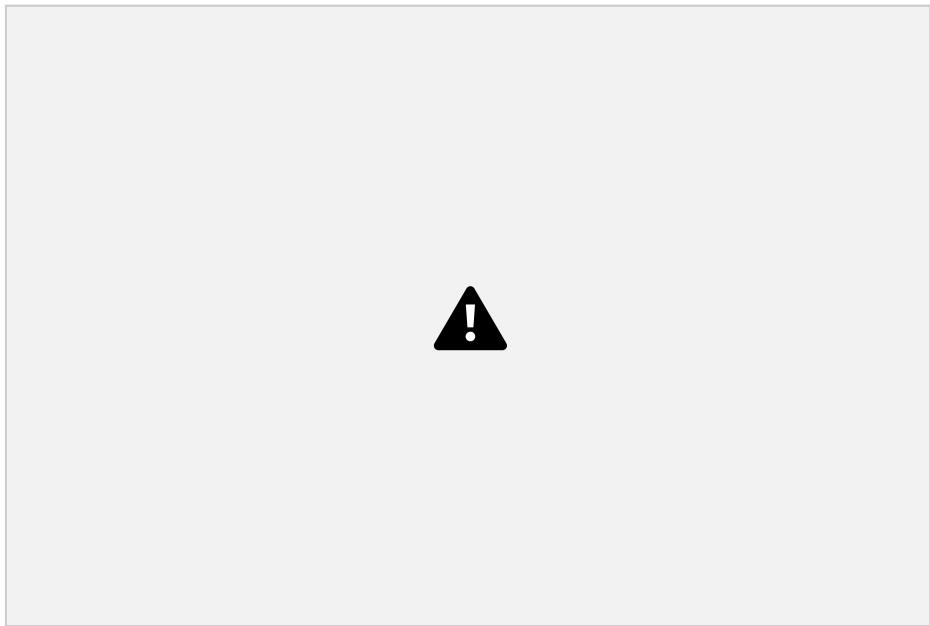


Figura 8. Probabilidad de ocurrencia de  $n$  derrames  $<1.000$  bbl para cada nivel de producción en miles de millones de petróleo.

De la Figura 8 se observa que para un nivel de producción de 1.350 millones de barriles ocurrirán entre 85 y 130 derrames menores a 1000 bbl.

En la Figura 9 se muestra la distribución de probabilidades acumulada de derrames  $<1.000$  bbl para cada nivel de producción. A medida que se aumenta el nivel de producción la curva de probabilidades se mueve hacia la izquierda, hacia un mayor número de eventos posibles. Se observa de que para una producción de 1.350 millones de barriles existe una probabilidad cercana al 100% de que ocurran el menos 80 derrames de menos de 1.000 bbl, y 50% de probabilidades de que esa cantidad de derrames llegue a los 100 eventos. Para producciones aún mayores la probabilidad de un número mayor de derrames aumenta ampliamente.



*Figura 9. Distribución de probabilidades acumulada de ocurrencia de derrames <1000 bbl para cada nivel de producción.*

## Consideraciones finales

La evaluación realizada muestra la probabilidad de ocurrencia de derrames para diferentes niveles de producción de petróleo offshore obtenida a partir de más de 50 años de datos estadísticos. Los resultados muestran que para algunos niveles de producción estimados para la plataforma argentina, la ocurrencia de derrames es del 100%, incluso de derrames de grandes cantidades mayores a 1.000 bbl.

Las probabilidades de derrames mostradas, llegando a la certeza de ocurrencia para ciertos casos, debería ser causal de aplicación del **principio precautorio** establecido en la Ley General del Ambiente No. 25.675, el cual establece que *“cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la ausencia de información o certeza científica no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos, para impedir la degradación del medio ambiente”*.