

# Determinación de los niveles óptimos del Seguro de Depósitos del Ecuador a partir de su función de distribución de pérdidas esperadas y de la estimación de las probabilidades de riesgo alto de las entidades financieras

Andrea Bayancela Espinel  
Coordinación y edición: Eugenio Paladines y David Villamar

Corporación del Seguro de Depósitos, Fondo de Liquidez y Fondo de Seguros Privados

Quito, Diciembre, 2016

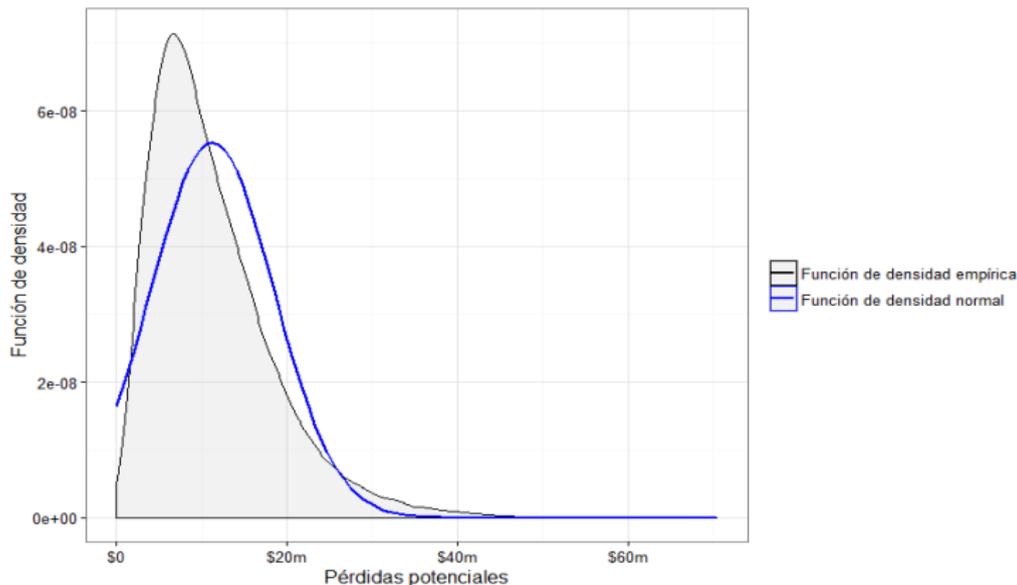


# Contenido

- 1 Introducción
- 2 Marco teórico
- 3 Datos y resultados
- 4 Conclusiones
- 5 Recomendaciones

- Las autoridades procuran la estabilidad y sostenibilidad de los sistemas financieros para reducir la probabilidad de que ocurra la liquidación forzosa de una entidad financiera.
- El establecimiento de un Seguro de Depósitos es uno de los principales mecanismos de seguridad financiera.
- Un enfoque alternativo para cuantificar el nivel de riesgo asumido por las entidades financieras es utilizar modelos de riesgo crediticio.
- Determinar los niveles óptimos del Seguro de Depósitos del Sector Financiero Privado, usando modelos de riesgo crediticio para estimar las probabilidades de que las entidades presenten riesgo alto de liquidación forzosa y la función de distribución de las pérdidas.

- Riesgo de crédito: probabilidad de que una entidad financiera incurra en pérdidas debido a la falta de pago de un deudor, sea de un préstamo u otra línea de financiamiento.
- Dos grupos de modelos de riesgo de crédito según el tipo de  $p_i$ : 1) observaciones directas de valores de incumplimiento, 2)  $p_i$  tomada de datos financieros e información macroeconómica.
- Del modelo de riesgo de crédito se obtiene la función de densidad de pérdidas y la pérdida esperada de la cartera.
- Por incumplimiento se entiende la probabilidad de que una entidad financiera pase a una calificación de riesgo alto.



Asimetría de la distribución empírica, presencia de colas densas.

Figura: función de densidad de las pérdidas

$$X_{n,t} = \sqrt{\rho_t} * Y_t + \sqrt{1 - \rho_t} * \epsilon_{n,t}$$

Donde:

- $X_{n,t}$  representa las pérdidas.
- $Y_t$  es el riesgo sistemático común que afecta a todas las entidades financieras (estado de la economía).
- $\epsilon_{n,t}$  es el factor idiosincrático, particular para cada entidad financiera.
- $\rho$  definido como  $Corr(X_{n,t}, X_{m,t})$  es el coeficiente de correlación entre cada par de entidades financieras, que para este modelo se asume el mismo entre ellas.

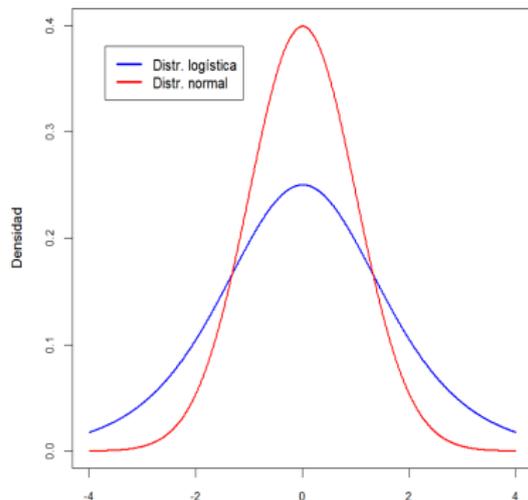


Figura: funciones de densidad de las distribuciones normal y logística

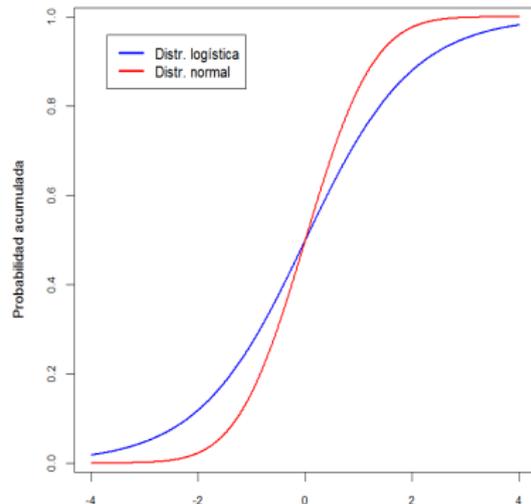


Figura: funciones de distribución acumulada logística y normal

$$Y_i = \begin{cases} 0 & \text{si } Y_i^* > 0 \\ 1 & \text{si } Y_i^* \leq 0 \end{cases}$$

Donde:  $Y_i^* = \beta X_i + \mu_i$ ,  $Y_i^*$  no es observable.

$p_i$  es  $F(\beta' X_i)$  se resuelve por el método razón de verosimilitud.

$$p_i = F(\beta' X_i) = \frac{\exp(\beta' X_i)}{1 + \exp(\beta' X_i)}$$

- Capacidad predictiva del modelo:

Tabla cruzada que contrasta los valores observados de la variable respuesta, con los valores estimados por el modelo para cada categoría.

- Especificación del modelo (pseudo  $R^2$ ):

$R^2$  **Mc Fadden**: índice de la razón de verosimilitud. Compara la verosimilitud del modelo incluyendo todos los predictores, versus el modelo considerando únicamente el intercepto.

$$R^2_{McFadden} = 1 - \frac{L_\beta}{L_\alpha}$$

Proceso iterativo que implica la elección de las variables de predicción mediante un procedimiento automático basado en un criterio específico para la selección del modelo. La selección puede ser: 1) hacia delante, o 2) hacia atrás.

### **Criterio de información de Akaike (AIC):**

$$AIC = -2 \ln L + 2k$$

Sea  $L$  el valor máximo de la función de verosimilitud y  $k$  el número de parámetros estimados en el modelo.

### **Criterio de información de Bayes (BIC):**

$$BIC = -2 \ln L + k \ln N$$

$L$  es el valor máximo de la función de verosimilitud,  $k$  es el número de parámetros libres que se estima y  $N$  el número de datos observados.

$$EL_p = \sum_{i=1}^n EXP_i * p_i * LGD_i$$

- **EXP:** exposición del sistema de Seguro de Depósitos para cada entidad, se define como el monto de sus depósitos cubiertos.
- **LGD:** pérdida dado el incumplimiento,  $1 - RR$ ,  $RR$  es la tasa de recuperación. El Comité de Supervisión de Basilea propone un  $LGD$  de 75 %, considerando el escenario que asume el mayor porcentaje de pérdidas.
- **p:** probabilidad de incumplimiento. Pueden ser estimadas a través de modelos *logit*.

$$X_{n,t} = \sqrt{\rho_t} * Y_t + \sqrt{1 - \rho_t} * \epsilon_{n,t}$$

El crédito  $i$  se asume en incumplimiento cuando la variable latente  $X_i$  toma un valor menor al límite de crédito especificado. Se generan  $m$  iteraciones, con  $m$  valores aleatorios para la variable *Threshold*, definida como un número aleatorio que representa el límite para determinar si la entidad cae o no en incumplimiento.

$$X_i < Threshold$$

- $Y_t$ , número aleatorio proveniente de una distribución normal estándar.
- $\epsilon_{n,t}$ , número aleatorio específico para la entidad  $i$ , proveniente de una función de densidad normal estándar.

## Valor en riesgo -VaR

$$VaR_\alpha = \inf[x \mid F_L(x) \geq \alpha] = F_L^{-1}(\alpha)$$

Cuantil de la función de distribución empírica ( $F_L$ ) que deja un área de cola de  $1 - \alpha$  a su derecha.

## Valor en riesgo condicional -TVaR

$$TVaR_\alpha(L) = \frac{1}{1 - \alpha} \int_\alpha^1 VaR_\lambda(L) d\lambda = E(L \mid L > VaR_\alpha(L))$$

Mide la pérdida esperada promedio de una cartera en un horizonte de tiempo determinado, considerando únicamente los casos en los que las pérdidas son mayores que el VaR.

Información referente a bancos privados, sociedades financieras y mutua-  
 listas, periodicidad mensual desde enero de 2007 hasta junio de 2016.

Criterio	Variable	Fórmula
Calidad de activos	Morosidad de cartera (MC)	$\frac{\text{Cartera improductiva}}{\text{Cartera bruta}}$
	Improductividad de activos (IA)	$\frac{\text{Activos improductivos}}{\text{Activo total}}$
	Cobertura de cartera (CC)	$\frac{\text{Provisiones de cartera}}{\text{Cartera improductiva}}$
Liquidez	Liquidez corriente (LC)	$\frac{\text{Activo corriente}}{\text{Pasivo corriente}}$
Solvencia	Apalancamiento del activo (AA)	$\frac{\text{Pasivo total}}{\text{Activo total}}$
	Patrimonio técnico constituido sobre Activos y contingentes ponderados por riesgo (PTAC)	$\frac{\text{Patrimonio técnico constituido}}{\text{Activos y contingentes ponderados por riesgo}}$
Rentabilidad	Rentabilidad (R)	$\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Total ingresos}}$
	Rentabilidad del capital (RC)	$\frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Patrimonio promedio}}$
	Margen operativo (MO)	$\frac{\text{Margen operacional}}{\text{Total ingresos}}$

**Cuadro:** variables explicativas financieras

## Variables macroeconómicas

- Media móvil de la variación mensual del Índice de Actividad Económica Coyuntural (IDEAC).
- Tasa de interés activa mensual (TI).
- Variación mensual del precio del petróleo (PP).

## Variable dependiente

Variable que puede ser binaria o multinomial y corresponde al nivel de riesgo otorgado a las entidades financieras mediante la metodología CAMEL.

Categoría	Nivel de riesgo	Calificación
1	Bajo	$0 > y \leq 2$
2	Medio bajo	$2 > y \leq 3$
3	Medio	$3 > y \leq 4$
4	Medio alto	$4 > y \leq 5$
5	Alto	$5 > y \leq 6$

Cuadro: niveles de riesgo

$$\log \left( \frac{p}{1-p} \right) = \beta_0 + \beta_1 MC_t + \beta_2 IA_t + \beta_3 CC_t + \beta_4 MO_t + \beta_5 PTAC_t \\ + \beta_6 LC_t + \beta_7 AA_t + \beta_8 R_t + \beta_9 RC_t + \beta_{10} IDEAC_t \\ + \beta_{11} TI_t + \beta_{12} PP_t + \mu_t$$

- MC: morosidad de la cartera; IA: improductividad de activos.
- CC: cobertura de la cartera; MO: margen operativo.
- PTAC: patrimonio técnico constituido sobre activos y contingentes ponderados por riesgo; LC: liquidez corriente.
- AA: apalancamiento del activo; R: rentabilidad.
- RC: rentabilidad del capital; IDEAC: variación del Índice de Actividad Económica Coyuntural.
- TI: tasa de interés activa; PP: variación del precio del petróleo.

El análisis exploratorio y la estimación del modelo se presenta a continuación para una entidad en particular. Sin embargo, el análisis se realizó para todas las entidades financieras incluidas en el estudio.

Variables	MC	IA	CC	LC	MO	PTAC	R	RC	PP	IDEAC	TI	AA
MC	1.00	0.66	-0.87	0.16	0.06	0.33	0.26	0.27	-0.51	-0.64	0.62	-0.50
IA		1.00	-0.33	-0.29	-0.46	-0.23	-0.32	-0.18	-0.49	-0.77	0.05	0.15
CC			1.00	-0.36	-0.22	-0.57	-0.46	-0.42	0.39	0.41	-0.75	0.72
LC				1.00	0.39	0.85	0.31	0.25	-0.03	-0.16	0.36	-0.65
MO					1.00	0.57	0.88	0.72	-0.06	0.26	0.30	-0.61
PTAC						1.00	0.61	0.47	-0.21	-0.16	0.49	-0.92
R							1.00	0.75	-0.16	0.22	0.49	-0.73
RC								1.00	0.08	0.16	0.45	-0.56
PP									1.00	0.54	-0.03	0.24
IDEAC										1.00	-0.07	0.13
TI											1.00	-0.70
AA												1.00

**Cuadro:** matriz de correlaciones de las variables independientes

	<i>Variable dependiente:</i>
	Nivel de riesgo
IA	54.936*** (9.505) <sup>†</sup>
PTAC	-96.596*** (17.286)
CC	-9.971*** (2.566)
R	-33.325*** (8.813)
Observaciones	114
<i>Nota:</i>	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

<sup>†</sup> Estos valores corresponden al error estándar del coeficiente

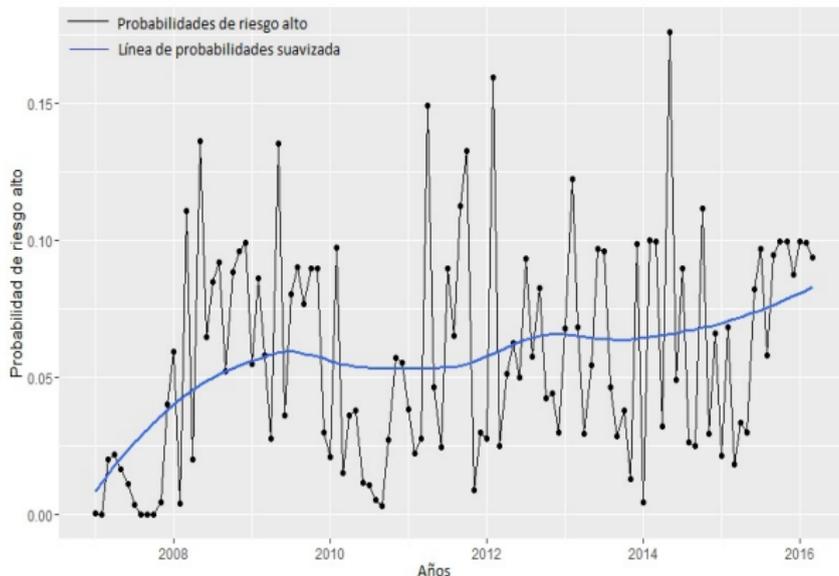
**Cuadro:**  $X_1$ : modelo logit con variable dependiente multinomial

	1	2	3	4	5
1	0.14	0.01	0.00	0.00	0.00
2	0.03	0.05	0.06	0.00	0.00
3	0.00	0.05	0.33	0.03	0.00
4	0.00	0.00	0.03	0.22	0.01
5	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04

**Cuadro:** validación cruzada: nivel de riesgo CAMEL vs. nivel de riesgo predicho por el modelo

Indicador	Valor
Log-likelihood fitted model	-56.33
Log-likelihood intercept-only	-160.74
G2	208.83
McFadden	0.65
Maximum likelihood	0.84
Cragg y Uhler	0.89

**Cuadro:** pseudo  $R^2$



Alta  
variabilidad  
Media: 0.06  
Máx.: 0.18

Figura: probabilidades de riesgo alto

Entidades	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
$X_1$	1.000	0.548	0.298	-0.041	-0.206	0.569	-0.094	0.298
$X_2$		1.000	0.158	-0.387	-0.401	0.756	-0.315	0.417
$X_3$			1.000	0.518	0.402	0.308	0.378	0.062
$X_4$				1.000	0.726	-0.189	0.710	-0.167
$X_5$					1.000	-0.171	0.764	-0.310
$X_6$						1.000	-0.080	0.380
$X_7$							1.000	-0.257
$X_8$								1.000

**Cuadro:** matriz de correlaciones: entidades con probabilidad de riesgo alto

- **Exposición al riesgo:**  $EXP_i$ , monto de depósitos cubiertos de las entidades financieras.
- **Pérdida dado el incumplimiento:**  $LGD$ , porcentaje no recuperable de las pérdidas (75 %).
- **Riesgo sistémico:**  $Y_t$  número aleatorio para cada iteración, proveniente de una distribución normal estándar.
- **Riesgo idiosincrático:**  $\epsilon_{n,t}$  números aleatorios distintos para cada entidad dentro de cada iteración, provenientes de una distribución normal estándar.
- **N**= 1, 000 eventos con **M**= 2, 000 iteraciones.

$$\sum_{i=1}^n EXP_i * p_i * LGD_i = \text{US\$ } 928,748 \text{ miles (3.52 \% DA, 12.10 \%DC)}$$

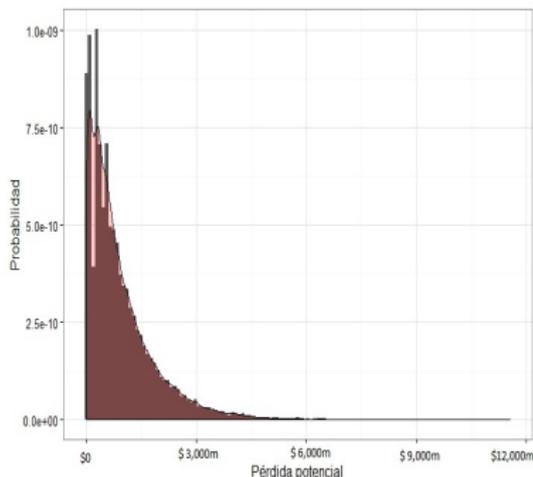


Figura: función de densidad empírica de las pérdidas

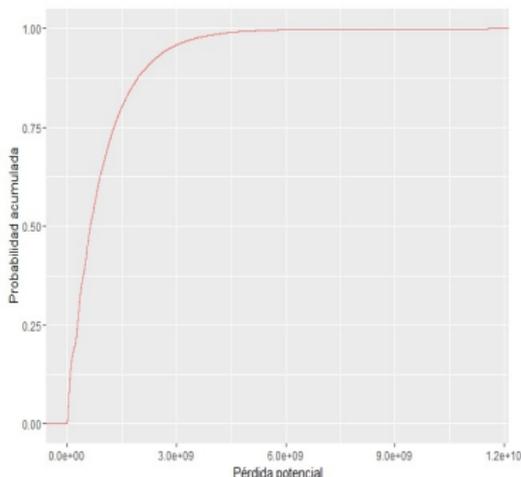
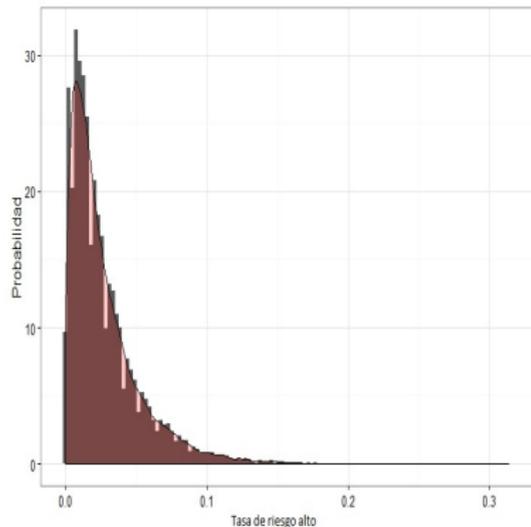
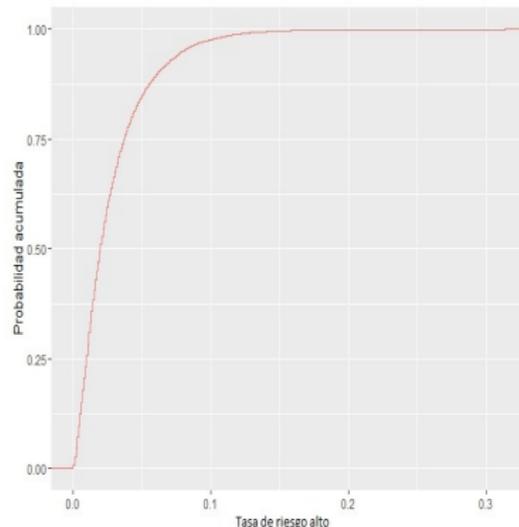


Figura: función de distribución empírica de las pérdidas



**Figura:** función de densidad empírica de las tasas de riesgo alto



**Figura:** función de distribución empírica de las tasas de riesgo alto

Nivel de confianza	Value at Risk			Tail Value at Risk		
	Valor <sup>a</sup>	%DA <sup>b</sup>	%DC <sup>c</sup>	Valor <sup>a</sup>	%DA <sup>b</sup>	%DC <sup>c</sup>
90 %	2,150,474	8.14	28.01	3,121,742	11.82	40.66
95 %	2,799,206	10.60	36.46	3,804,103	14.41	49.54
97.5 %	3,489,618	13.22	45.45	4,506,531	17.07	58.69
99 %	4,401,552	16.67	57.32	5,438,366	20.60	70.83

<sup>a</sup>Los valores están en miles de US\$

<sup>b</sup>Como porcentaje del total de depósitos asegurados del Sector Financiero Privado

<sup>c</sup>Como porcentaje del total de depósitos cubiertos del Sector Financiero Privado

**Figura:** medidas de riesgo VaR y TVaR

Categorías	Calificación	Rango de pérdida esperada	CAMEL	Nivel de riesgo
Con riesgo normal	A-1	1 %	$1 > y \leq 1.99$	Bajo
	A-2	2 %		
	A-3	3 %-5 %		
Con riesgo potencial	B-1	6 %-9 %	$2 > y \leq 2.99$	Medio Bajo
	B-2	10 %-19 %		
Deficientes	C-1	20 %-39 %	$3 > y \leq 3.99$	Medio
	C-2	40 %-59 %		
De dudoso recaudo	D	60 %-99 %	$4 > y \leq 4.99$	Medio Alto
Pérdida	E	100 %	$5 > y \leq 5.99$	Alto

**Cuadro:** provisión de pérdidas según el nivel de riesgo, Resol. No. 209-2016-F

Entidad financiera	Provisión (en miles de US\$)	% total provisiones	% depósitos cubiertos	% depósitos asegurados
Bancos	242,428.18	88.80	3.16	0.92
Sociedades Financieras	23,358.98	8.56	0.30	0.09
Mutualistas	7,209.98	2.64	0.09	0.03
<b>TOTAL</b>	<b>272,997.14</b>	<b>100.00</b>	<b>3.56</b>	<b>1.03</b>

Cuadro: provisión por tipo de entidad

## De las variables macroeconómicas:

- La *tasa de interés* tiene una relación positiva con el nivel de riesgo. La *variación del precio del petróleo* no resultó estadísticamente significativa, lo que podría explicarse en razón de políticas de liquidez contracíclicas o políticas internas de las entidades financieras.
- La *variación del Índice de Actividad Económica Coyuntural* sí resultó significativa para seis de las ocho entidades analizadas, pero la relación es distinta en cada modelo.

## De las variables financieras:

- *Cobertura de cartera, rentabilidad, y liquidez corriente*, en todos los casos en los que resultaron significativas, se relacionan negativamente con la probabilidad de riesgo alto.

- *Rentabilidad del capital, patrimonio técnico constituido sobre activos y contingentes ponderados por riesgo, e improductividad de activos* resultaron significativas solo para una de las ocho entidades analizadas.
- Las probabilidades de riesgo alto van desde 0 % a 17.6 %. Los valores llegan a niveles entre 10 % y 12 %.
- Los modelos presentan buena capacidad predictiva, con un error de clasificación promedio de 20 %, un mínimo de 5 % y máximo de 30 %.
- La función de densidad de las pérdidas muestra que a valores altos de pérdida, la probabilidad de ocurrencia tiende a cero. Asimetría hacia la derecha de la distribución y presencia de colas densas.

- Pérdida esperada: 12 % del total de DC y 4 % del total de DA (US\$ 928 millones).
- 90 % de confianza: VaR - 28 % del total de DC y 8 % del total de DA. TVaR - 41 % del total de DC y 12 % del total de DA.
- 99 % de confianza: VaR - 57 % del total de DC y 17 % del total de DA. TVaR - 71 % del total de DC y 21 % del total de DA.
- Valor provisionado para bancos: 89 % del total de provisiones. SF y mutualistas: 9 % y 3 % respectivamente. La pérdida esperada representaría 4.55 % del total de DA y 15.65 % del total de DC.

- Es importante que los administradores del Seguro de Depósitos conozcan la gama de posibles niveles óptimos para seleccionar aquel que se ajuste a sus necesidades y su posición frente al riesgo que desean asumir.
- Actualizar los resultados y revisar la metodología con periodicidad anual.
- Usar *filtro de Kalman* para predecir los valores de las variables explicativas para momentos del tiempo mayores a  $t$ .
- Aplicar esta metodología para el Sector Financiero Popular y Solidario.