



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CENTRO CENTROAMERICANO DE POBLACIÓN
ESCUELA DE ECONOMÍA

Eficiencia en las Áreas Salud en el período 2004-2010

Yanira Xirinachs Salazar

Conversatorios Centro Centroamericano de Población
4 de setiembre, 2013
San José, Costa Rica



Antecedentes

- Los procesos de rendición de cuentas muestra la importancia del uso eficiente de los recursos en el Sector Público.
- Algunos problemas asociados al Sector Salud (Costa Rica no es la excepción):
 - Sostenibilidad Financiera
 - Cobertura de servicios
 - Nuevas tecnologías sanitarias
- La Reforma del Sector Salud iniciada en 1993 enfatiza en la Atención Primaria eficaz y eficiente.



Objetivo

- Estimar las medidas de eficiencia técnica en el primer nivel de atención en salud de Costa Rica en el período 2004-2010 de forma que permitan establecer un ordenamiento (*ranking*) de las áreas de salud para cada año durante el período evaluado.



Eficiencia

- La eficiencia hace referencia a la capacidad de relacionar de forma deseable los *inputs* empleados por una unidad productiva con los *outputs* obtenidos.
- Una unidad de producción será catalogada como eficiente si obtiene el máximo rendimiento de los factores productivos

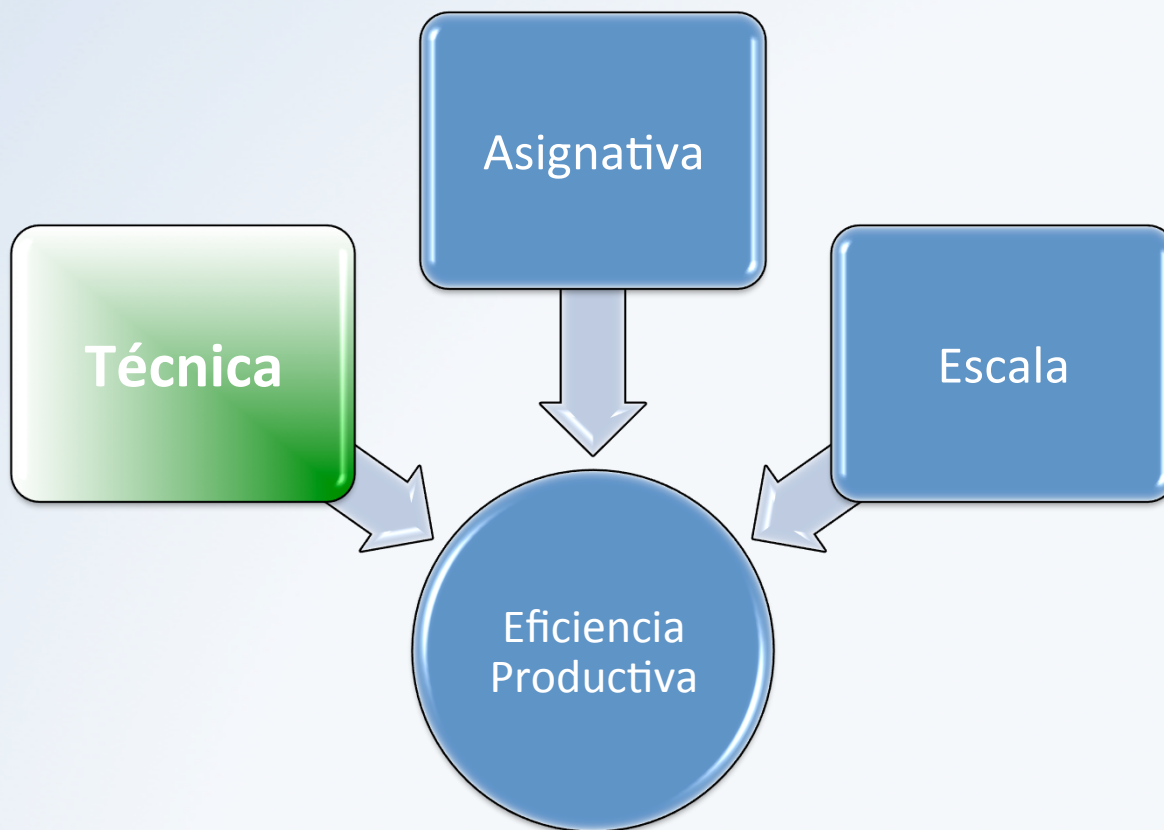
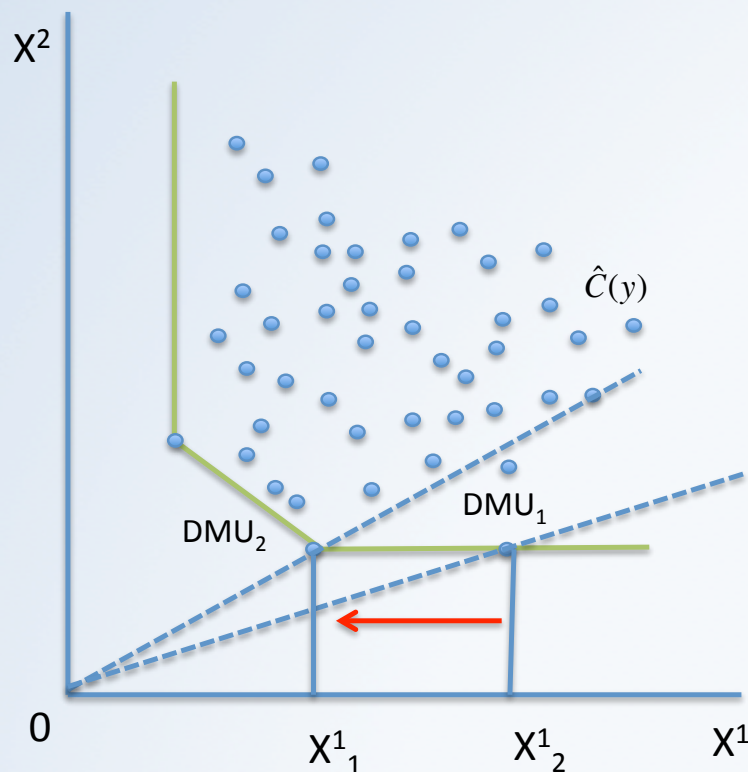


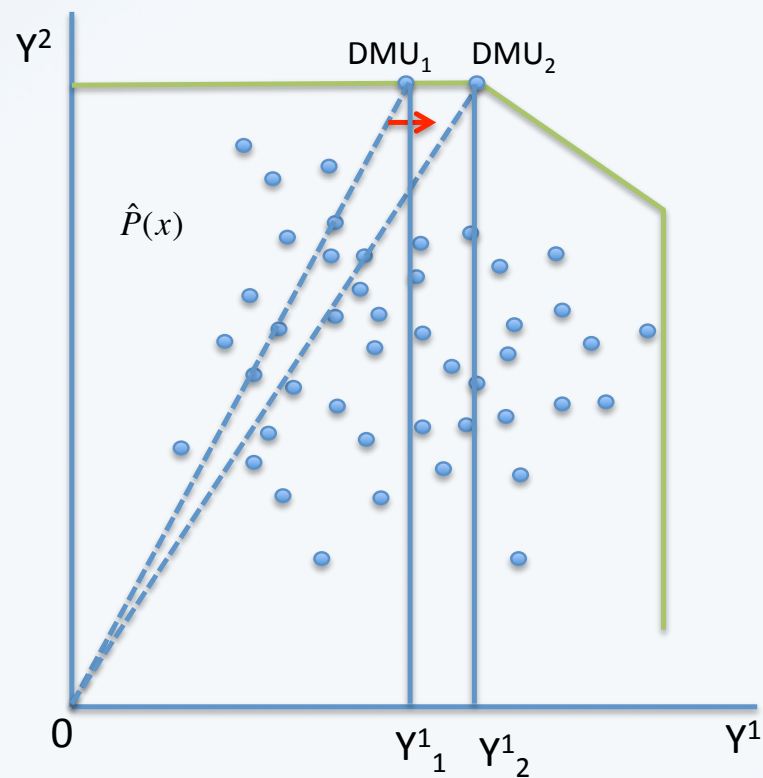
Figura 1: Eficiencia desde el análisis microeconómico



Eficiencia Técnica



Orientación *inputs*
Minimización de Costos



Orientación *outputs*
Maximización de la Producción

Figura 2: Eficiencia desde los *inputs* o los *outputs*



Estimación de la Frontera

Paramétricos

(AFE)

- Metodología Econométrica
- (+) Inferencia Estadística
- (-) Requiere definir una forma funcional de la Frontera

No Paramétricos

(DEA)

- Métodos de Programación Lineal
- (+) No requiere definir una forma funcional de la Frontera
- (-) No permite la inferencia Estadística



Análisis Envolverte de Datos (DEA)

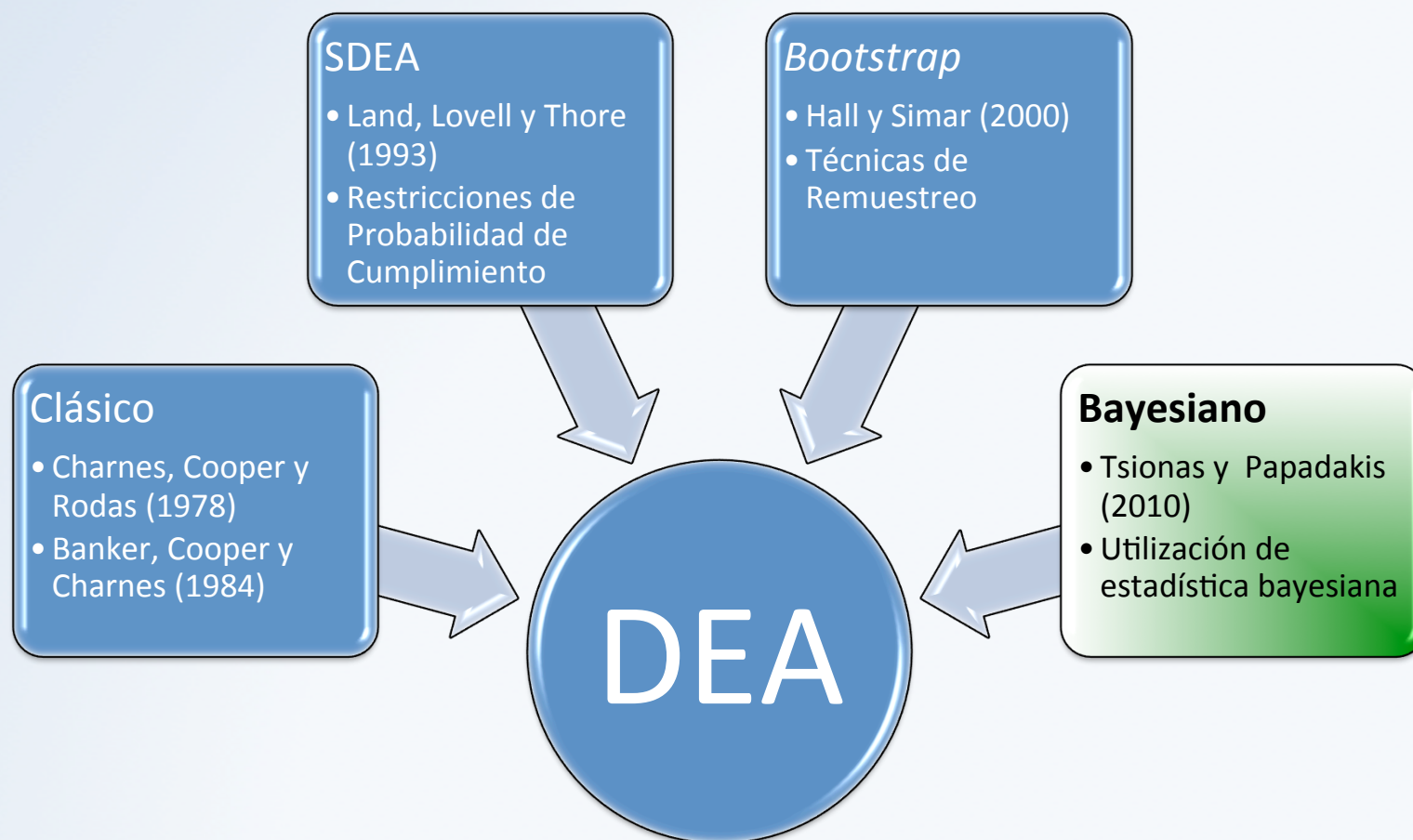


Figura 3: Modelos DEA de Estimación de Frontera



Estadística Bayesiana

- La estadística bayesiana es un modelo formal de aprendizaje en un ambiente incierto aplicado a la inferencia estadística.
- Se basa en el Teorema de Bayes, donde la distribución *a priori* (criterio del investigador) interactúa con la función de verosimilitud (información de los datos) para obtener una distribución *a posteriori*.



Estadística Bayesiana



Caso discreto	Caso continuo	Distribución
$P(\theta_i \mathcal{X})$	$\pi(\theta \bar{x})$	<i>A posteriori</i>
$f(\mathcal{X} \theta_i)$	$f(\mathcal{X} \theta_i)$	Verosimilitud
$P(\theta_i)$	$\pi(\theta)$	<i>A priori</i>
$1 / \sum_{i=1}^n f(\mathcal{X} \theta_i) * P(\theta_i)$	$1 / \int_{\theta} f(\mathcal{X} \theta) \pi(\theta) d\theta$	Predictiva

Tabla 1. Formulación Bayesiana



¿Por qué utilizar Estadística Bayesiana?

- El análisis de la eficiencia depende no solo de los precios de los *inputs* y *outputs*, sino también de la capacidad de los gestores para realizar la mezcla de dichos *inputs* y *outputs*.
- Esto implica que el juicio de los expertos, sobre la capacidad de una DMU para alcanzar la eficiencia, es un factor que debe considerarse.
- La incorporación de métodos bayesianos permite realizar dicha incorporación.



Eficiencia en el Sector Salud



Es una variable *stock* que se deprecia con el paso del tiempo y para su recuperación o mejoramiento requiere de los servicios sanitarios.

Son aquellos bienes y servicios que los individuos consumen con el fin último de mejorar su salud.



Eficiencia en el Sector Salud

- El análisis de la Eficiencia permite obtener:
 - Mejores prácticas observadas
 - Competencia por comparación
- La organización de los Servicios Sanitarios responde a los niveles de complejidad
 - I Nivel: Atención Primaria
 - II Nivel: Atención Especializada
 - III Nivel: Atención Altamente Especializada



Sistema de Salud de Costa Rica



Costa Rica en el 2010

Población: 4.581.389

Esperanza de vida al nacer: 79.04 años

Tasa de Mortalidad General: 4.23/1000 hab.

Tasa de Mortalidad Infantil: 9.20 /1000 n.v.

Cobertura de Seguro de Salud: 88%

Gasto Sanitario: 10.9% PIB

Gasto *per cápita* en salud: 811US\$

Financiamiento público: 70%

Reforma del Sector Salud Ley 7374

- Enfocada a:
 - Extensión del modelo de atención primaria
 - Mejora en la eficiencia
 - Reestructuración de la oferta de servicios de salud



Reestructuración

A la luz de la ley 7374 (1993)

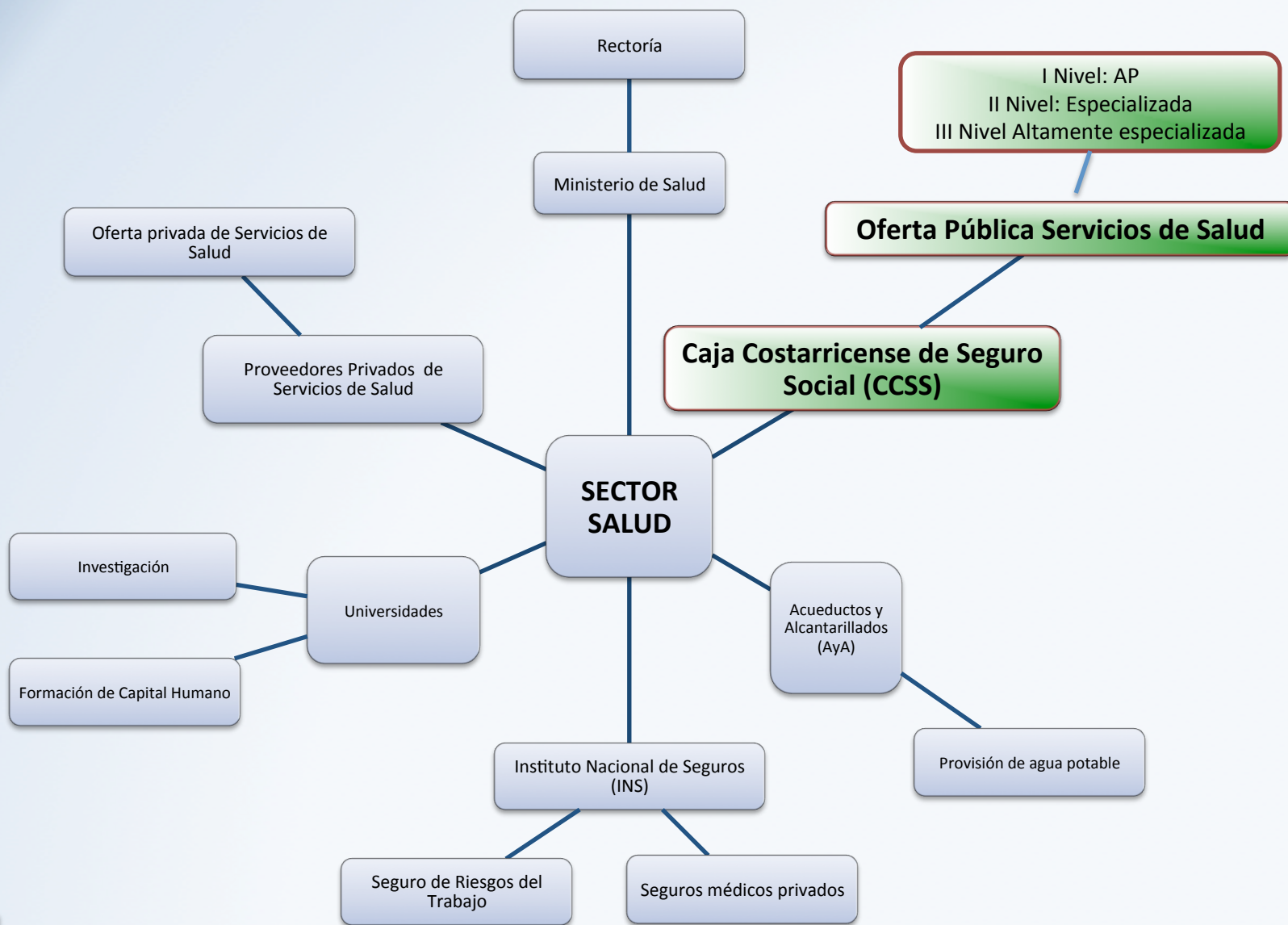


Figura 4: Actores Sociales Institucionales del Sector Salud de Costa Rica



Materiales y Métodos

- Base de datos: información pública
- Período: 2004-2010
- DMU: Áreas de Salud definida por la CCSS como Tipo I (I Nivel)
- Software
 - PIM-DEA
 - WinBUGS
 - Lingo
 - R
 - Stata



Modelos a Estimar

- DEA
- DEA Bootstrap
- SDEA
- DEA-Bayesiano

- Orientación: *Outputs*
- Rendimientos: Variables



Variables Seleccionadas

Sub PROCESO DE SELECCIÓN Inputs

- A. ¿Puede la CCSS gestionar la Variable?
- B. ¿Puede la DMU gestionar la variable?
- C. Inputs No Controlables
- D. Inputs Controlables

Sub PROCESO DE SELECCIÓN Outputs

- A. ¿Es un resultado de la gestión de la DMU?
- B. Outputs del Primer Nivel de Atención

Proceso de reducción de variables siguiendo la metodología propuesta por Lee y Choi (2010)

$$Outputs = Y = \begin{bmatrix} O1_OCE_1 & O2_OCeM_1 & O3_CEMPV_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ O1_OCE_{54} & O2_OCeM_{54} & O3_CEMPV_{54} \end{bmatrix}$$

$$Inputs Controlables = X_i = \begin{bmatrix} IC1_MD_1 & IC2_GSyM_1 \\ \vdots & \vdots \\ IC1_MD_{54} & IC2_GSyM_{54} \end{bmatrix}$$

$$Inputs No Controlables = Z_i = \begin{bmatrix} INC1_EBAIS_1 & INC2_Pob_1 \\ \vdots & \vdots \\ INC1_EBAIS_{54} & INC2_Pob_{54} \end{bmatrix}$$



Estadísticos básicos

Variable		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Outputs								
O1_OCE	Min	0,00	0,00	1.939,00	1.245,00	2.593,00	3.785,00	3.265,00
	Max	31.222,00	31.045,00	31.722,00	33.665,00	36.419,00	37.661,00	39.692,00
	Media	12.184,76	12.609,96	13.173,04	13.993,93	14.535,78	15.239,24	14.608,33
	D.Est.	6.791,22	6.695,65	7.260,63	7.890,35	8.325,45	8.748,35	8.278,12
O2_CEM	Min	10.744,00	11.081,00	11.402,00	11.975,00	10.785,00	12.914,00	12.641,00
	Max	116.892,00	116.119,00	109.693,00	109.726,00	106.469,00	112.811,00	115.638,00
	Media	48.657,07	49.258,22	48.915,30	49.988,89	50.746,70	50.310,37	52.703,63
	D.Est.	21.494,45	22.015,46	21.628,82	22.314,07	22.604,72	21.832,29	23.496,87
O3_CEMPV	Min	2.729,00	2.487,00	2.579,00	2.478,00	2.412,00	2.662,00	2.422,00
	Max	37.421,00	37.498,00	36.469,00	37.286,00	36.536,00	36.498,00	38.877,00
	Media	17.994,35	17.411,37	17.636,39	17.602,15	17.850,39	17.758,98	18.144,72
	D.Est.	8.280,46	8.022,17	8.221,88	8.077,98	8.265,98	7.951,22	8.005,14
Inputs Controlables								
IC1_MD	Min	35.083,00	43.430,00	44.974,00	44.824,00	40.876,00	47.897,00	51.624,00
	Max	449.770,00	509.656,00	689.013,00	798.492,00	728.993,00	734.690,00	776.533,00
	Media	215.774,33	279.579,78	290.671,80	312.111,91	324.616,35	344.216,80	373.053,22
	D.Est.	94.066,00	119.460,06	135.871,05	152.472,88	151.756,17	159.405,53	169.183,69
IC2_GSyM	Min	9.248,12	14.087,28	13.015,23	18.207,33	19.016,98	20.176,95	26.560,06
	Max	106.046,85	113.461,10	113.413,96	133.227,45	129.592,57	133.401,26	164.473,34
	Media	51.469,43	58.420,31	57.659,13	64.147,54	68.005,42	70.717,53	78.522,54
	D.Est.	23.909,66	25.729,76	23.307,71	27.464,69	26.336,08	27.737,69	31.198,27
Inputs No Controlables								
INC1_EBAIS	Min	2,00	2,00	2,00	2,00	1,60	2,00	2,00
	Max	15,00	15,00	15,00	16,00	16,00	17,00	17,00
	Media	7,19	7,20	7,33	7,48	7,39	7,61	7,69
	D.Est.	3,02	3,05	3,08	3,19	3,23	3,26	3,36
INC2_Pob	Min	3.981,00	4.012,24	4.032,07	4.050,14	4.322,70	4.394,23	4.037,55
	Max	76.936,00	83.834,99	92.278,30	101.250,07	110.821,96	102.450,00	133.529,24
	Media	29.893,46	30.577,31	31.205,19	31.840,76	32.654,02	33.825,37	33.252,23
	D.Est.	16.915,15	17.708,45	18.548,28	19.471,08	19.426,13	19.702,47	22.691,23



Análisis Envolverte de Datos

(DEA)

– Aspectos de Sensibilidad

- Selección de *inputs* y *outputs*
- Cantidad de inputs y outputs
- Detección de *outliers*
- Incorporación de inputs no controlables



Modelos Estimados

DEA

$$\lambda_{DEA3} = \max \lambda$$

$$\lambda y_i \leq \sum_{i=1}^{48} \gamma_i Y_i \quad x_i \geq \sum_{i=1}^{48} \gamma_i X_i$$

$$\sum_{i=1}^{48} \gamma_i = 1 \quad \gamma_i \geq 0$$

$$\lambda > 0$$

DEA-Bootstrap

$$\hat{\delta}^*(x, y) = \max \lambda$$

$$\lambda y \leq \sum_{i=1}^{48} \gamma_i Y_i^* \quad x \geq \sum_{i=1}^{48} \gamma_i X_i^*$$

$$\sum_{i=1}^{48} \gamma_i = 1 \quad \gamma_i \geq 0$$

$$\lambda > 0$$

SDEA

$$\max \lambda_0$$

$$\sum_{i=1}^n y_{ki} \gamma_i + \sum_{i=1}^n (E y_{ki} - y_{ki}) \gamma_i - z_{1-\alpha} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^n \mu_i \mu_r (cov(y_{kr}, y_{ki})) \right]^{1/2} \geq \lambda E y_{k0}$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ji} \gamma_i + \sum_{i=1}^n (E x_{ji} - x_{ji}) \gamma_i + z_{1-\alpha} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^n v_i v_r (cov(x_{jr}, x_{ji})) \right]^{1/2} \leq E x_{j0}$$

$$\sum_{i=1}^{48} \gamma_i = 1 \quad \gamma_i \geq 0$$





Modelo DEA-Bayesiano

- La distribución *a priori* se definió como una normal multivariante no informativa, de la forma:

$$p(\mu_Y, \Sigma_Y) \propto |\Sigma_Y|^{-(k+1)/2}$$

- La función de verosimilitud se deriva como una distribución normal:

$$L(\mu_Y, \Sigma_Y) \propto |\Sigma_Y|^{-n/2} \exp \left[-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu_Y)' \Sigma_Y^{-1} (y_i - \mu_Y) \right]$$

$$= |\Sigma_Y|^{-n/2} \exp \left[-\frac{1}{2} \text{tr} \Sigma_Y^{-1} S_Y \right]$$

- Por lo tanto la distribución *a posteriori* queda definida como:

$$p(\mu_Y, \Sigma_Y | Y) \propto L(\mu_Y, \Sigma_Y) \times p(\mu_Y, \Sigma_Y)$$

$$p(\mu_Y, \Sigma_Y | Y) \propto |\Sigma_Y|^{-(n+k+1)/2} \exp \left[-\frac{1}{2} \text{tr} \Sigma_Y^{-1} S_Y \right]$$



Modelo DEA-Bayesiano

- Operando la distribución *a posteriori*:
 - Las eficiencias medida tienen a una distribución normal multivariante
 - Las covarianzas tienden a una distribución *Wishart*
- El operador para la estimación de la eficiencia se definió como:

$$\lambda_0 = \max \left\{ \left(\sum_{i=1}^{48} y_i \gamma_i + \sum_{i=1}^{48} (\mu_{Y,i} - y_i) \gamma_i - z_{1-\alpha} \left[\sum_{i=1}^{48} \sum_{r=1}^{48} \gamma_r \gamma_i \Sigma_{Y,ir} \right]^{1/2} \right) / \mu_{Y,0} \right\}$$



DEA DEA-*Bootstrap* SDEA DEA-Bayesiano

PRINCIPALES RESULTADOS



Comparación de Modelos

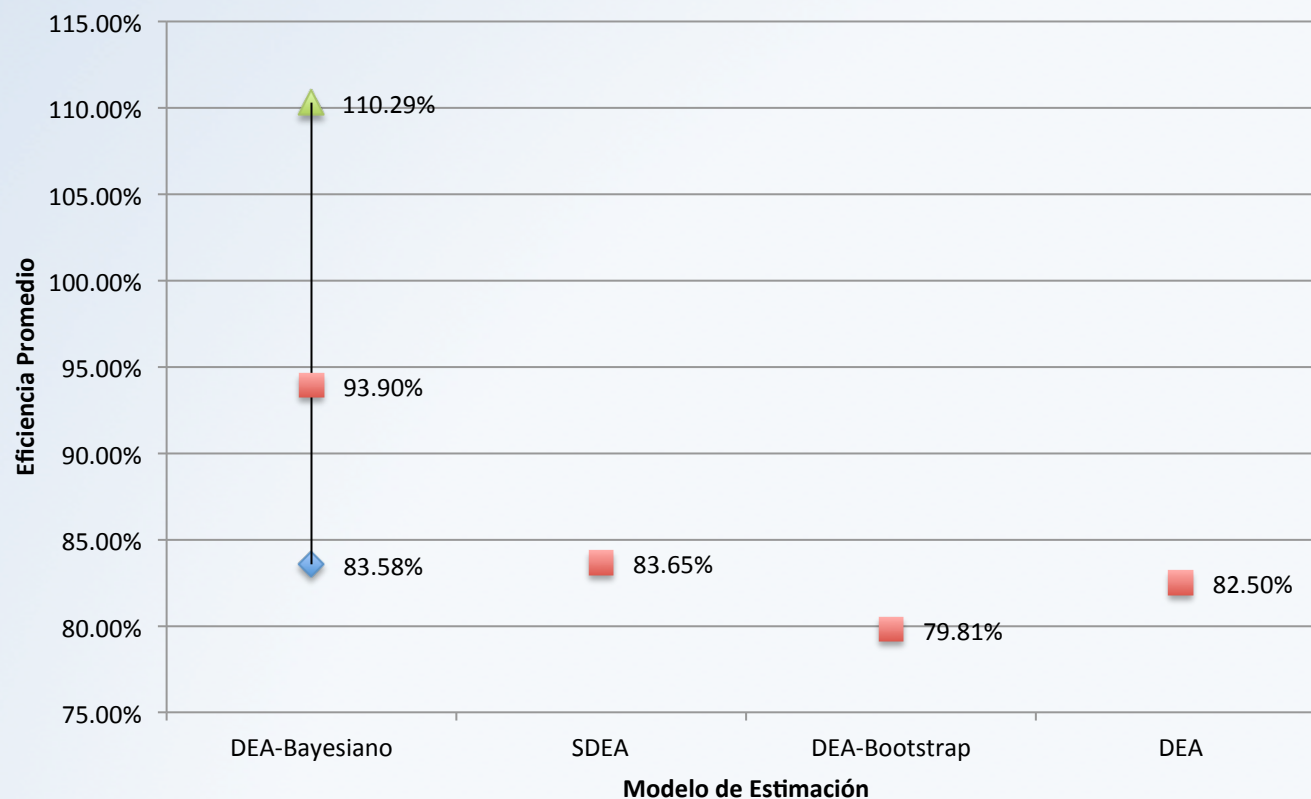


Figura 5 Eficiencia media según modelo



Comparación de Modelos

DMU	Área de Salud	DEA-Bayesiano		SDEA		DEA-Bootstrap	DEA	
		IC 2.5%	a/	Mediana	IC 97.5%	a/	(a=0.95)	2004-2010
DMU 01	AS2212	71,83%		86,72%	102,30%	81,23%	75,01%	80,10%
DMU 02	AS2231	79,36%		86,27%	96,85%	78,26%	75,98%	79,38%
DMU 03	AS2232	84,29%		91,93%	101,70%	85,64%	82,72%	87,19%
DMU 04	AS2233	85,21%		110,20%	151,60%	93,25%	93,39%	95,97%
DMU 05	AS2235	105,70%		108,80%	116,60%	100,00%	97,58%	98,54%
DMU 06	AS2251	89,13%		104,20%	129,60%	86,77%	78,55%	83,75%
DMU 07	AS2252	61,17%		71,83%	87,91%	65,20%	61,91%	64,84%
DMU 08	AS2253	95,05%		102,30%	114,70%	92,64%	84,81%	89,33%
DMU 09	AS2254	104,60%		107,20%	113,40%	100,00%	100,00%	100,00%
DMU 10	AS2256	77,55%		85,08%	95,34%	77,35%	72,75%	76,25%
DMU 11	AS2272	93,61%		103,00%	114,70%	95,61%	82,92%	87,53%
DMU 12	AS2273	70,18%		87,60%	105,80%	81,46%	76,20%	81,99%
DMU 13	AS2274	113,30%		122,50%	150,70%	100,00%	93,88%	95,42%
DMU 14	AS2278	106,40%		110,10%	119,40%	100,00%	98,31%	99,03%
DMU 15	AS2281	102,30%		103,70%	106,70%	100,00%	100,00%	100,00%
DMU 16	AS2333	109,10%		114,70%	129,70%	100,00%	100,00%	100,00%
DMU 17	AS2334	62,49%		72,51%	87,45%	62,10%	60,06%	62,82%
DMU 18	AS2351	64,11%		68,93%	77,15%	62,54%	59,83%	63,25%
DMU 19	AS2352	93,19%		111,00%	133,90%	99,02%	90,95%	93,79%
DMU 20	AS2382	71,71%		97,04%	131,20%	80,35%	76,76%	80,15%
DMU 21	AS2390	85,82%		103,00%	121,10%	96,11%	87,77%	90,83%
DMU 22	AS2395	111,80%		119,40%	142,20%	100,00%	100,00%	100,00%
DMU 23	AS2471	55,41%		60,56%	66,76%	57,17%	52,08%	55,16%
DMU 24	AS2472	90,01%		98,47%	107,80%	93,96%	89,73%	93,16%
DMU 25	AS2473	83,24%		90,59%	102,50%	82,03%	79,76%	83,21%
DMU 26	AS2475	103,60%		105,60%	110,30%	100,00%	94,89%	96,75%
DMU 27	AS2477	61,98%		79,48%	116,30%	60,86%	52,99%	57,04%
DMU 28	AS2481	85,54%		98,22%	111,70%	93,83%	87,59%	91,42%
DMU 29	AS2484	108,90%		114,40%	128,90%	100,00%	98,50%	99,04%
DMU 30	AS2552	78,85%		96,26%	121,00%	81,22%	78,53%	82,31%
DMU 31	AS2553	59,25%		67,65%	80,52%	60,36%	57,02%	60,09%
DMU 32	AS2556	41,25%		46,95%	55,40%	42,06%	39,70%	41,35%
DMU 33	AS2557	74,88%		86,04%	99,63%	77,16%	65,89%	70,54%
DMU 34	AS2558	64,99%		77,87%	111,80%	59,97%	56,63%	59,22%
DMU 35	AS2559	58,95%		63,23%	70,26%	57,99%	57,31%	59,94%
DMU 36	AS2560	62,90%		75,69%	94,93%	66,67%	62,45%	65,56%
DMU 37	AS2562	68,86%		79,33%	93,55%	71,13%	68,36%	71,68%
DMU 38	AS2563	74,18%		86,51%	106,70%	73,67%	74,30%	78,21%
DMU 39	AS2582	104,90%		107,70%	114,60%	100,00%	100,00%	100,00%
DMU 40	AS2586	87,23%		98,60%	111,40%	94,08%	86,95%	90,26%
DMU 41	AS2592	63,17%		78,96%	95,29%	75,44%	71,77%	75,52%
DMU 42	AS2650	68,02%		84,72%	106,50%	72,60%	67,92%	70,66%
DMU 43	AS2651	59,67%		74,49%	91,97%	67,10%	62,61%	66,05%
DMU 44	AS2654	93,57%		111,20%	133,30%	97,73%	96,83%	98,25%
DMU 45	AS2655	111,20%		117,90%	137,00%	100,00%	98,30%	98,93%
DMU 46	AS2758	109,20%		114,90%	130,30%	100,00%	100,00%	100,00%
DMU 47	AS2759	90,50%		101,30%	115,30%	92,87%	89,03%	91,32%
DMU 48	AS2761	113,90%		122,80%	150,00%	100,00%	92,32%	94,34%
Promedio		83,58%		93,90%	110,29%	83,65%	79,81%	82,50%



Comparación de Modelos

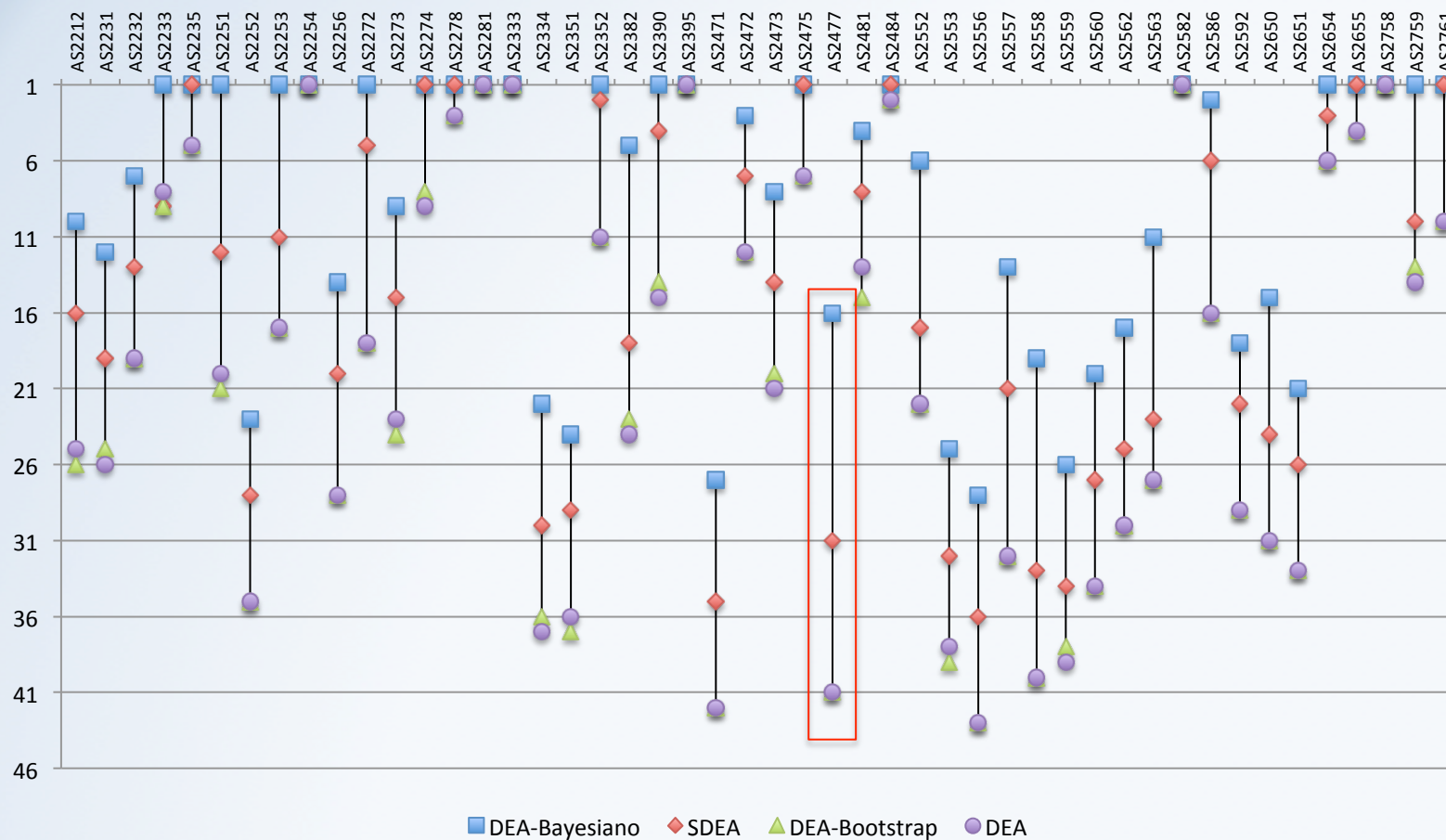


Figura 6 *Ranking por Eficiencia: Comparación de Modelos*



Frontera Eficiente

DEA-Bayesiano (21)	SDEA (13)	DEA-Bootstrap (6)	DEA
•AS2761	•AS2761		
•AS2759			
•AS2758	•AS2758	•AS2758	•AS2758
•AS2655	•AS2655		
•AS2654			
•AS2582	•AS2582	•AS2582	•AS2582
•AS2484	•AS2484		
•AS2475	•AS2475		
•AS2395	•AS2395	•AS2395	•AS2395
•AS2390			
•AS2352			
•AS2333	•AS2333	•AS2333	•AS2333
•AS2281	•AS2281	•AS2281	•AS2281
•AS2278	•AS2278		
•AS2274	•AS2274		
•AS2272			
•AS2254	•AS2254	•AS2254	•AS2254
•AS2253			
•AS2251			
•AS2235			
•AS2233	•AS2235		



Análisis de un área en particular:

AS 2232 San Rafael

- Habitantes: 40.000
- Región: Central Norte
- Distritos: Concepción, San Rafael, San Josecito, Santiago, La Suiza y Los Ángeles
- Actividad Principal: Ganadería y explotación maderera.
- TM_{2006} : 3.57/1000 hab.
- TMI_{2006} : 3.36/1000 n.v.



Área de Salud 2232: San Rafael

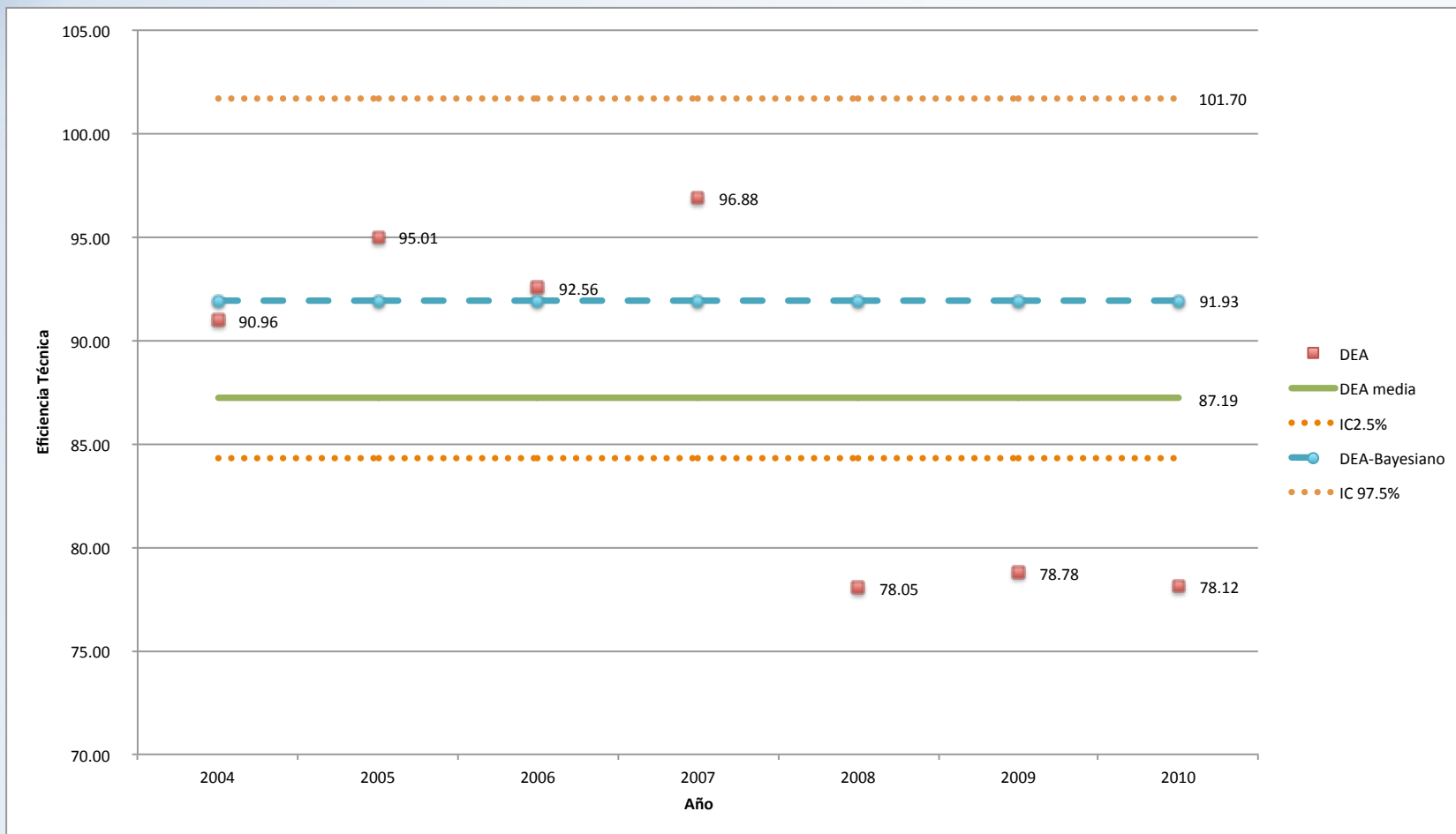


Figura 7 Eficiencia





PRINCIPALES CONCLUSIONES



Principales Conclusiones

- El DEA es una metodología ampliamente utilizada, sin embargo la incorporación del análisis de la incertidumbre es relativamente reciente, en primera instancia a través del SDEA (1993), posteriormente utilizando *DEA-Bootstrap (2000)*.
- EL DEA-Bayesiano aborda el inferencia estadística desde una nueva perspectiva.
- El modelo DEA-Bayesiano permite hacer inferencia sobre el comportamiento de la eficiencia técnica para el promedio de la muestra y para cada DMU.



Principales Conclusiones

- La estimación de la eficiencia técnica permite:
 - Establecer diferencias en la gestión de las DMUs.
 - Identificar mejoras en la conducta empresarial
 - Modificaciones en el diseño de políticas públicas



Principales Conclusiones

- Aplicación práctica
 - La estimación del DEA-Bayesiano indica que, con una probabilidad del 95%, la eficiencia técnica media está entre 83.58% y 110.29% con una media de **93.90%**, siendo mayor a las estimaciones obtenidas en:
 - DEA 82.50%
 - DEA-*Bootstrap* 79.86%
 - SDEA 83.65%



Principales Conclusiones

- Uno de los aportes que ofrece el DEA-Bayesiano está en la utilidad del intervalo de credibilidad para la definición de los objetivos de eficiencia técnica.
- Para el período 2004-2010 la eficiencia técnica media
 - DEA es de 82.5% esto implica que el PNA debería aumentar los *outputs*, en promedio, un 17.5%
 - DEA-Bayesiano es de 93.90%, los *outputs* deberían incrementarse entre 6.10% y un 16.42%.



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CENTRO CENTROAMERICANO DE POBLACIÓN
ESCUELA DE ECONOMÍA

Eficiencia en el Primer Nivel de Atención en Salud:
Un modelo DEA ajustado por Métodos Bayesianos

Gracias por su atención

Yanira Xirinachs Salazar

Primer Simposio Centroamericano de Estadística Bayesiana
San José, Costa Rica
27 de julio de 2013