



NACIONES UNIDAS



**I I R S A**  
INICIATIVA PARA LA INTEGRACIÓN DE LA  
INFRAESTRUCTURA REGIONAL SURAMERICANA

# Evaluación de proyectos transnacionales: estudios de casos y ejercicios de aplicación

Expositor: Mauro Gutiérrez

Material del Curso

“Integración y Desarrollo de la Infraestructura Regional Sudamericana”

Santiago, Chile - 6 al 10 de octubre de 2008

En caso de ser citado por favor mencionar la fuente

# **APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS MULTINACIONALES**

**Un esquema complementario a través de  
modelos VAR**

**Mauro O. Gutiérrez M.**

**Octubre 2008**

# Marco teórico

- Los procesos de evaluación de proyectos por lo general no incorporan adecuadamente todos los beneficios producidos por la infraestructura, dejando de considerar los procesos de retroalimentación generados por otras variables (tales como las socioeconómicas) que se ven beneficiadas también por la infraestructura y que a posteriori incrementan recursivamente al producto.
- No obstante, los niveles de beneficio que finalmente logra un país, dependen de ciertas variables determinantes, que pueden inducir un mejor aprovechamiento de la infraestructura.

# Marco teórico

## País A

$$\begin{aligned}\Delta pbi_t^A &= \alpha_0^A + \alpha_1^A \Delta pbi_{t-1}^A + \alpha_2^A \Delta Educ_{t-1}^A + \alpha_3^A \Delta Infraestr_{t-1}^A \\ \Delta Educ_t^A &= \beta_0^A + \beta_1^A \Delta pbi_{t-1}^A + \beta_2^A \Delta Educ_{t-1}^A + \beta_3^A \Delta Infraestr_{t-1}^A \\ \Delta Infraestr_t^A &= \gamma_0^A + \gamma_1^A \Delta pbi_{t-1}^A + \gamma_2^A \Delta Educ_{t-1}^A + \gamma_3^A \Delta Infraestr_{t-1}^A\end{aligned}$$

## País B

$$\begin{aligned}\Delta pbi_t^B &= \alpha_0^B + \alpha_1^B \Delta pbi_{t-1}^B + \alpha_2^B \Delta Educ_{t-1}^B + \alpha_3^B \Delta Infraestr_{t-1}^B \\ \Delta Educ_t^B &= \beta_0^B + \beta_1^B \Delta pbi_{t-1}^B + \beta_2^B \Delta Educ_{t-1}^B + \beta_3^B \Delta Infraestr_{t-1}^B \\ \Delta Infraestr_t^B &= \gamma_0^B + \gamma_1^B \Delta pbi_{t-1}^B + \gamma_2^B \Delta Educ_{t-1}^B + \gamma_3^B \Delta Infraestr_{t-1}^B\end{aligned}$$

*Dinámica de  
cada país*

*Nota: La variable educación es referencial, pudiendo incluirse otras variables Socio-económicas*

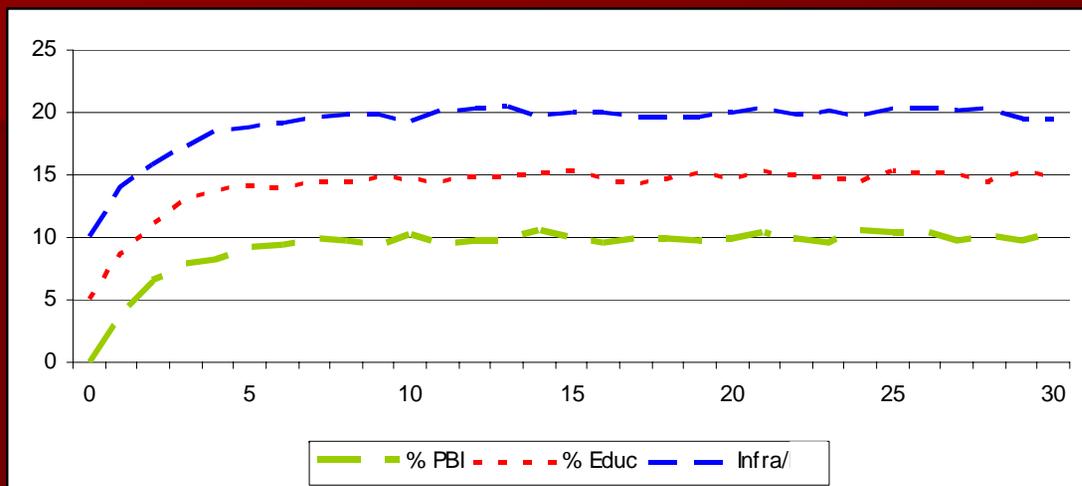
# Marco teórico

- Una de las dificultades de un proyecto multinacional es asignación de las responsabilidades de pago de las inversiones realizada, debido a que los beneficios no se redistribuyen necesariamente en proporción a la cantidad física de la infraestructura.
- La propuesta busca calcular los beneficios que una economía puede lograr, producto del desarrollo de una obra de infraestructura.
- Si bien la propuesta no captura todos los beneficios de la integración, captura las endogeneidades que suelen ser obviadas.

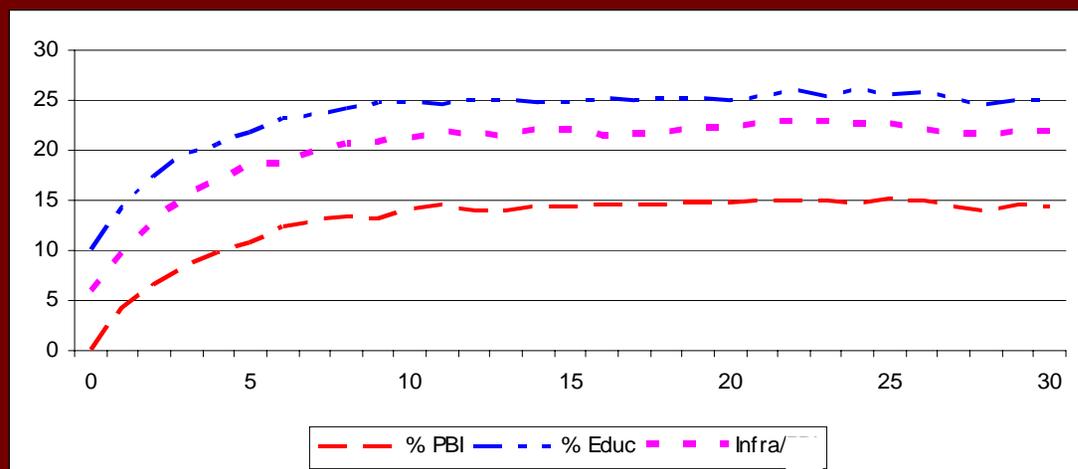
# Ejercicio simulado

- Monto del proyecto: US\$ 3000 Millones
- Kilómetros de carretera: 3000 Km.
- Para ilustrar las diferencias en el aprovechamiento de la infraestructura, se asume que las obras se realizan simétricamente en ambos países.
- Se asume que el stock de carreteras en cada uno de los países es de US\$ 75000 Millones, de modo que de realizarse el proyecto, el stock se incrementa en 2%.

# Series utilizadas



País A



País B

# Regresiones

- Condiciones previas:
  - Estacionariedad de las series
  - Determinación de los rezagos de las ecuaciones
- Estimación de las ecuaciones VAR (vectores autorregresivos)
- Post-estimación
  - Verificación de estabilidad del modelo
  - Análisis de impulso respuesta

# Condiciones previas: Estacionariedad de las series

- ❑ La aplicación de la técnica VAR (Vectores Autoregresivos) requiere que las series que actúan como insumos deben ser estacionarias y no presentar raíces unitarias.
- ❑ Ello implicaría que los shock que enfrenta una variable se diluyen en el tiempo, caso contrario no existiría equilibrio.
- ❑ Para ello, es necesario analizar cada una de las series con tests de raíz unitaria, entre ellos, los test de Dickey Fuller, Perrón, entre otros.
- ❑ El test Dickey Fuller, asume como hipótesis nula la presencia de raíz unitaria, por tanto, para nuestros propósitos se requiere rechazar dicha hipótesis.

# Condiciones previas: Estacionariedad de las series

$$a_t = 0.5 * a_{t-1} + e_t$$

*Ejemplo de serie  
estacionaria*

$$a_t = a_{t-1} + e_t$$

*Ejemplo de serie raíz  
unitaria*

$$a_t = \alpha a_{t-1} + e_t$$

$$a_t - a_{t-1} = \alpha a_{t-1} - a_{t-1} + e_t$$

$$\Delta a_t = (\alpha - 1) a_{t-1} + e_t$$

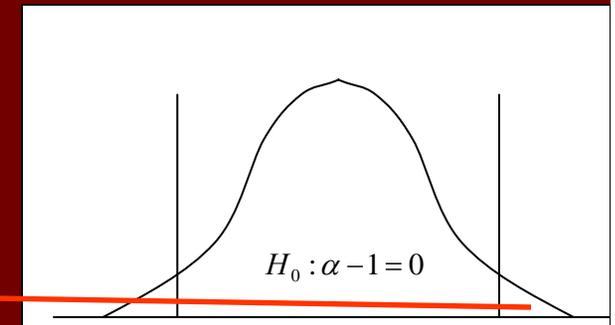
*Prueba Dickey Fuller: Si  
se produce Raíz unitaria  
 $\alpha - 1$  es igual a 0*

# Condiciones previas: Estacionariedad de las series (Dickey Fuller)

## Análisis de serie $\Delta$ PBI para el país A

| Dickey-Fuller test for unit root       |                   | Number of obs = 30 |                    |        |
|--|-------------------|--------------------|--------------------|--------|
| ----- Interpolated Dickey-Fuller ----- |                   |                    |                    |        |
| Test Statistic                         | 1% Critical Value | 5% Critical Value  | 10% Critical Value |        |
| Z(t)                                   | -11.940           | -3.716             | -2.986             | -2.624 |

MacKinnon approximate p-value for  $Z(t)$  = 0.0000



## Análisis de serie %Educ para el país A

| Dickey-Fuller test for unit root       |                   | Number of obs = 30 |                    |        |
|--|-------------------|--------------------|--------------------|--------|
| ----- Interpolated Dickey-Fuller ----- |                   |                    |                    |        |
| Test Statistic                         | 1% Critical Value | 5% Critical Value  | 10% Critical Value |        |
| Z(t)                                   | -17.930           | -3.716             | -2.986             | -2.624 |

MacKinnon approximate p-value for  $Z(t)$  = 0.0000

## Análisis de serie $\Delta$ Infraestructura para el país A

| Dickey-Fuller test for unit root       |                   | Number of obs = 30 |                    |        |
|--|-------------------|--------------------|--------------------|--------|
| ----- Interpolated Dickey-Fuller ----- |                   |                    |                    |        |
| Test Statistic                         | 1% Critical Value | 5% Critical Value  | 10% Critical Value |        |
| Z(t)                                   | -15.882           | -3.716             | -2.986             | -2.624 |

MacKinnon approximate p-value for  $Z(t)$  = 0.0000

# Regresiones

- Condiciones previas:
  - Estacionariedad de las series
  - Determinación de los rezagos de las ecuaciones
- Estimación de las ecuaciones VAR (vectores autorregresivos)
- Post-estimación
  - Verificación de estabilidad del modelo
  - Análisis de impulso respuesta

# Condiciones previas: Determinación del rezago

- Para que un modelo sea bueno estadísticamente, debe de aproximar adecuadamente al verdadero proceso generador de datos.
- En nuestro caso, ello implica determinar que tanto importa el pasado en el presente.
- Una forma de analizar este problema, es a través de los test de máxima verosimilitud, los cuales comparan modelos anidados y testean si el poder predictivo es mejorado sustancialmente si se procede a incrementar el número de rezagos.

# Condiciones previas: Determinación del rezago

$$\begin{aligned}
 \Delta pbi_t^A &= \alpha_0^A + \alpha_1^A \Delta pbi_{t-1}^A + \alpha_2^A \Delta Educ_{t-1}^A + \alpha_3^A \Delta Infraestr_{t-1}^A \\
 \Delta Educ_t^A &= \beta_0^A + \beta_1^A \Delta pbi_{t-1}^A + \beta_2^A \Delta Educ_{t-1}^A + \beta_3^A \Delta Infraestr_{t-1}^A \\
 \Delta Infraestr_t^A &= \gamma_0^A + \gamma_1^A \Delta pbi_{t-1}^A + \gamma_2^A \Delta Educ_{t-1}^A + \gamma_3^A \Delta Infraestr_{t-1}^A
 \end{aligned}$$

*Versus*

*t-1*

$$\begin{aligned}
 \Delta pbi_t^A &= \alpha_0^A + \alpha_1^A \Delta pbi_{t-1}^A + \alpha_2^A \Delta Educ_{t-1}^A + \alpha_3^A \Delta Infraestr_{t-1}^A + \alpha_4^A \Delta pbi_{t-2}^A + \alpha_5^A \Delta Educ_{t-2}^A + \alpha_6^A \Delta Infraestr_{t-2}^A \\
 \Delta Educ_t^A &= \beta_0^A + \beta_1^A \Delta pbi_{t-1}^A + \beta_2^A \Delta Educ_{t-1}^A + \beta_3^A \Delta Infraestr_{t-1}^A + \beta_4^A \Delta pbi_{t-2}^A + \beta_5^A \Delta Educ_{t-2}^A + \beta_6^A \Delta Infraestr_{t-2}^A \\
 \Delta Infraestr_t^A &= \gamma_0^A + \gamma_1^A \Delta pbi_{t-1}^A + \gamma_2^A \Delta Educ_{t-1}^A + \gamma_3^A \Delta Infraestr_{t-1}^A + \gamma_4^A \Delta pbi_{t-2}^A + \gamma_5^A \Delta Educ_{t-2}^A + \gamma_6^A \Delta Infraestr_{t-2}^A
 \end{aligned}$$

*t-1*

*t-2*

# Condiciones previas: Determinación del rezago

Selection order criteria

Sample: 3 30 Number of obs = 28

| lag | LL       | LR      | df | p     | FPE      | AIC      | HQIC     | SBIC     |
|-----|----------|---------|----|-------|----------|----------|----------|----------|
| 0   | -48.8912 |         |    |       | .008172  | 3.70651  | 3.75015  | 3.84925  |
| 1   | -2.9663  | 91.85   | 9  | 0.000 | .000588* | 1.06902* | 1.24357* | 1.63997* |
| 2   | 5.83281  | 17.598* | 9  | 0.040 | .000613  | 1.08337  | 1.38882  | 2.08252  |
| 3   | 10.013   | 8.3604  | 9  | 0.498 | .000924  | 1.42764  | 1.864    | 2.855    |

Endogenous: %PBI %Educ ΔInfraestructura

Exogenous: constante

Selection order criteria

Sample: 3 30 Number of obs = 28

| lag | LL       | LR     | df | p     | FPE      | AIC      | HQIC     | SBIC     |
|-----|----------|--------|----|-------|----------|----------|----------|----------|
| 0   | -69.6992 |        |    |       | .036126  | 5.1928   | 5.23644  | 5.33554  |
| 1   | -8.8487  | 121.7* | 9  | 0.000 | .000895* | 1.48919* | 1.66374* | 2.06014* |
| 2   | -5.56624 | 6.5649 | 9  | 0.682 | .001383  | 1.89759  | 2.20304  | 2.89674  |
| 3   | 2.49054  | 16.114 | 9  | 0.065 | .001581  | 1.96496  | 2.40132  | 3.39232  |

Endogenous: %PBI %Educ ΔInfraestructura

Exogenous: constante

# Regresiones

- Condiciones previas:
  - Estacionariedad de las series
  - Determinación de los rezagos de las ecuaciones
- Estimación de las ecuaciones VAR (vectores autorregresivos)
- Post-estimación
  - Verificación de estabilidad del modelo
  - Análisis de impulso respuesta

# Estimación del modelo VAR

- Los coeficientes son las representaciones numéricas de los coeficientes del modelo. No obstante, por si mismas no representan el efecto total de una determinada variable debido a que el efecto total se retroalimenta a través del tiempo.
- Para ver el efecto de una variación de una variable sobre el resto de ellas, es necesario estimar la función impulso respuesta, que mide la reacción del resto de variables y su evolución a través del tiempo.

# Estimación del modelo VAR: Modelo del país A

|               |       | Coef.     | Std. Err. | z     | P> z  | [95% Conf. Interval] |
|---------------|-------|-----------|-----------|-------|-------|----------------------|
| -----         |       |           |           |       |       |                      |
| %PBI          |       |           |           |       |       |                      |
|               | %PBI  |           |           |       |       |                      |
|               | L1.   | -.1598679 | .1355128  | -1.18 | 0.238 | -.4254681 .1057324   |
|               | %Educ |           |           |       |       |                      |
|               | L1.   | .4792508  | .1699457  | 2.82  | 0.005 | .1461634 .8123381    |
| ΔInfraestruct |       |           |           |       |       |                      |
|               | L1.   | .3012896  | .1326462  | 2.27  | 0.023 | .0413078 .5612714    |
|               | _cons | .9027619  | .8993932  | 1.00  | 0.316 | -.8600165 2.66554    |
| -----         |       |           |           |       |       |                      |
| %Educ         |       |           |           |       |       |                      |
|               | %PBI  |           |           |       |       |                      |
|               | L1.   | .0049374  | .1273312  | 0.04  | 0.969 | -.2446271 .2545019   |
|               | %Educ |           |           |       |       |                      |
|               | L1.   | .3930701  | .1596851  | 2.46  | 0.014 | .0800931 .7060471    |
| ΔInfraestruct |       |           |           |       |       |                      |
|               | L1.   | .1826071  | .1246376  | 1.47  | 0.143 | -.0616782 .4268923   |
|               | _cons | 5.579805  | .8450919  | 6.60  | 0.000 | 3.923456 7.236155    |
| -----         |       |           |           |       |       |                      |
| Infra/PBI     |       |           |           |       |       |                      |
|               | %PBI  |           |           |       |       |                      |
|               | L1.   | .2881247  | .1251425  | 2.30  | 0.021 | .0428499 .5333995    |
|               | %Educ |           |           |       |       |                      |
|               | L1.   | -.0177001 | .1569403  | -0.11 | 0.910 | -.3252974 .2898972   |
| ΔInfraestruct |       |           |           |       |       |                      |
|               | L1.   | .3603517  | .1224952  | 2.94  | 0.003 | .1202654 .600438     |
|               | _cons | 9.813233  | .8305657  | 11.82 | 0.000 | 8.185354 11.44111    |

# Estimación del modelo VAR: Modelo del país B

|           | Coef.    | Std. Err. | z    | P> z  | [95% Conf. Interval] |
|-----------|----------|-----------|------|-------|----------------------|
| -----     |          |           |      |       |                      |
| %PBI      |          |           |      |       |                      |
| %PBI      |          |           |      |       |                      |
| L1.       | .2327021 | .1852183  | 1.26 | 0.209 | -.1303192 .5957233   |
| %Educ     |          |           |      |       |                      |
| L1.       | .2226216 | .1442366  | 1.54 | 0.123 | -.0600769 .5053202   |
| Infra/PBI |          |           |      |       |                      |
| L1.       | .2510527 | .1513338  | 1.66 | 0.097 | -.0455562 .5476615   |
| _cons     | .059535  | 1.488313  | 0.04 | 0.968 | -2.857506 2.976576   |
| -----     |          |           |      |       |                      |
| %Educ     |          |           |      |       |                      |
| %PBI      |          |           |      |       |                      |
| L1.       | .1260363 | .1922338  | 0.66 | 0.512 | -.250735 .5028077    |
| %Educ     |          |           |      |       |                      |
| L1.       | .1935503 | .1496998  | 1.29 | 0.196 | -.099856 .4869566    |
| Infra/PBI |          |           |      |       |                      |
| L1.       | .376915  | .1570659  | 2.40 | 0.016 | .0690715 .6847584    |
| _cons     | 10.26092 | 1.544686  | 6.64 | 0.000 | 7.233393 13.28845    |
| -----     |          |           |      |       |                      |
| Infra/PBI |          |           |      |       |                      |
| %PBI      |          |           |      |       |                      |
| L1.       | .2219057 | .1832484  | 1.21 | 0.226 | -.1372545 .5810659   |
| %Educ     |          |           |      |       |                      |
| L1.       | .1799548 | .1427025  | 1.26 | 0.207 | -.099737 .4596466    |
| Infra/PBI |          |           |      |       |                      |
| L1.       | .3873842 | .1497243  | 2.59 | 0.010 | .09393 .6808383      |
| _cons     | 5.715374 | 1.472484  | 3.88 | 0.000 | 2.829359 8.60139     |
| -----     |          |           |      |       |                      |

# Regresiones

- Condiciones previas:
  - Estacionariedad de las series
  - Determinación de los rezagos de las ecuaciones
- Estimación de las ecuaciones VAR (vectores autorregresivos)
- Post-estimación
  - Verificación de estabilidad del modelo
  - Análisis de impulso respuesta

## Post Estimación: Condición de estabilidad

- Las estimaciones tipo VAR requieren que el modelo sea estable, es decir que cualquier alteración o cambio de su variable retorne al equilibrio en el mediano o largo plazo.
- Técnicamente requiere que los coeficientes del modelo cumplan con la condición de estabilidad, la cual es calculada con la matriz de coeficientes, analizando los eigenvalues de la misma. La condición requiere que los Eigenvalues sean menores a 1 para que el modelo sea estable.

# Post Estimación: Condición de estabilidad

- Condición de estabilidad para el Modelo del país A

```
Eigenvalue stability condition
+-----+
|          Eigenvalue          |          Modulus          |
+-----+-----+
|      .6113055                |          .611305         |
|     -.2412004                |           .2412          |
|      .2234489                |          .223449         |
+-----+-----+
All the eigenvalues lie inside the unit circle
VAR satisfies stability condition
```

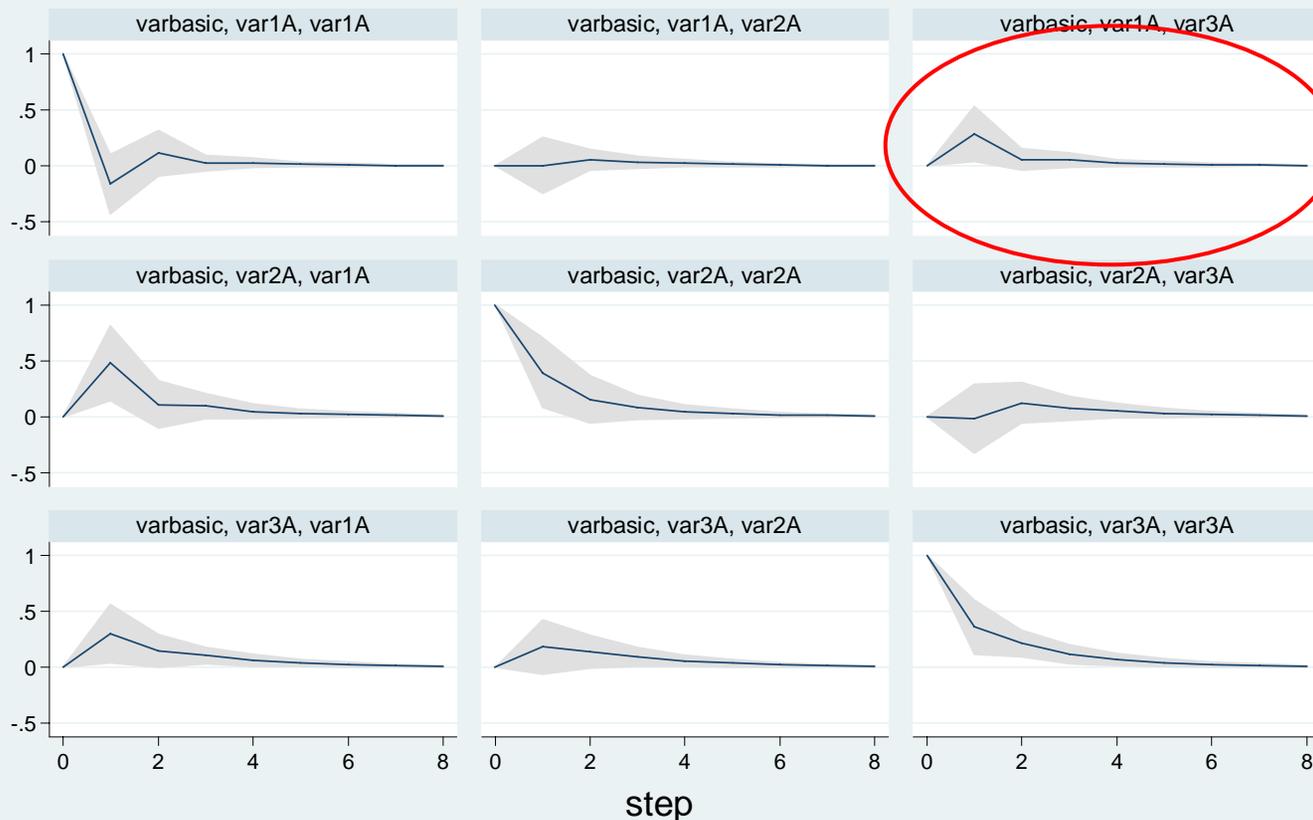
Calculado con STATA con el comando varstable

*Se requiere aplicar la misma operación sobre el modelo del país B*

# Regresiones

- Condiciones previas:
  - Estacionariedad de las series
  - Determinación de los rezagos de las ecuaciones
- Estimación de las ecuaciones VAR (vectores autorregresivos)
- Post-estimación
  - Verificación de estabilidad del modelo
  - Análisis de impulso respuesta

# Post Estimación: Función de impulso respuesta del país A



Graphs by irfname, impulse variable, and response variable

# Post Estimación: Función de impulso respuesta del país A

## Impulso de la variable $\Delta$ infraestructura sobre la variable %PBI

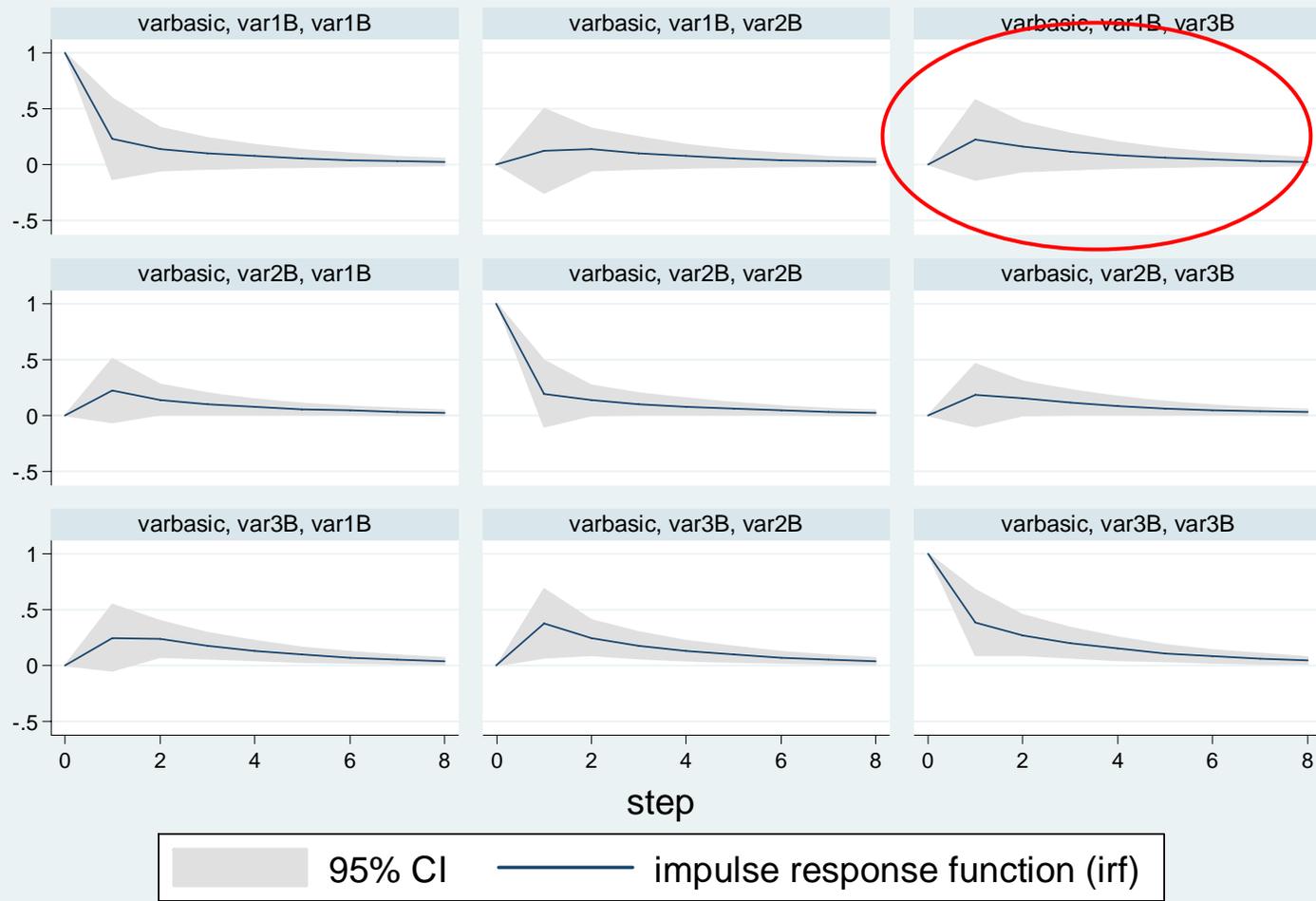
| step | (1)<br>irf | (1)<br>Lower | (1)<br>Upper | (1)<br>cirf | (1)<br>Lower | (1)<br>Upper |
|------|------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 0    | 0          | 0            | 0            | 0           | 0            | 0            |
| 1    | .30129     | .041308      | .561271      | .30129      | .041308      | .561271      |
| 2    | .147918    | .000521      | .295316      | .449208     | .173126      | .72529       |
| 3    | .107305    | .035605      | .179006      | .556513     | .223092      | .889935      |
| 4    | .063342    | .011359      | .115325      | .619855     | .251936      | .987775      |
| 5    | .039671    | .008616      | .070726      | .659527     | .267205      | 1.05185      |
| 6    | .024113    | .003769      | .044457      | .68364      | .275608      | 1.09167      |
| 7    | .014794    | .001973      | .027615      | .698434     | .280222      | 1.11665      |
| 8    | .009035    | .000824      | .017246      | .707469     | .282756      | 1.13218      |

95% lower and upper bounds reported

irfname = varbasic, impulse = var3A, and response = var1A

*El ejemplo mide el efecto de un crecimiento de 1% en la Infraestructura sobre el crecimiento del PBI*

# Post Estimación: Función de impulso respuesta del país B



Graphs by irfname, impulse variable, and response variable

# Post Estimación: Función de impulso respuesta del país B

Impulso de la variable  $\Delta$  infraestructura sobre la variable %PBI

| step | (1)<br>irf | (1)<br>Lower | (1)<br>Upper | (1)<br>cirf | (1)<br>Lower | (1)<br>Upper |
|------|------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| 0    | 0          | 0            | 0            | 0           | 0            | 0            |
| 1    | .251053    | -.045556     | .547662      | .251053     | -.045556     | .547662      |
| 2    | .239584    | .078471      | .400697      | .490636     | .055598      | .925675      |
| 3    | .180231    | .062874      | .297588      | .670867     | .134693      | 1.20704      |
| 4    | .133697    | .045128      | .222265      | .804564     | .188757      | 1.42037      |
| 5    | .099261    | .032435      | .166088      | .903825     | .22657       | 1.58108      |
| 6    | .073712    | .023257      | .124168      | .977537     | .253402      | 1.70167      |
| 7    | .05474     | .016612      | .092868      | 1.03228     | .272556      | 1.792        |
| 8    | .040651    | .011816      | .069485      | 1.07293     | .286264      | 1.85959      |

95% lower and upper bounds reported

(1) irfname = varbasic, impulse = var3B, and response = var1B

# Evaluación del proyecto internacional

- El incremento de la infraestructura planteado es de 2% para los países analizados.
- Utilizando y redimensionando la función impulso respuesta se puede calcular el efecto en el PBI.

# Evaluación del proyecto internacional

## Beneficios logrados por el país A en los primeros 6 años

|   | En % de PBI | En Mill US\$ |
|---|-------------|--------------|
| 1 | 0.60        | 904          |
| 2 | 0.30        | 444          |
| 3 | 0.21        | 322          |
| 4 | 0.13        | 190          |
| 5 | 0.08        | 119          |
| 6 | 0.05        | 72           |
|   | <b>1.37</b> | <b>2051</b>  |

$$\sum \frac{Fc_t}{(1+\delta)^t}$$

51% de los  
beneficios

## Beneficios logrados por el país B en los primeros 6 años

|   | En % de PBI | En Mill US\$ |
|---|-------------|--------------|
| 1 | 0.50        | 753          |
| 2 | 0.48        | 719          |
| 3 | 0.36        | 541          |
| 4 | 0.27        | 401          |
| 5 | 0.20        | 298          |
| 6 | 0.15        | 221          |
|   | <b>1.96</b> | <b>2933</b>  |

59% de los  
beneficios

# Conclusión

- Existen factores propios de cada país que influyen en el aprovechamiento de la infraestructura.
- La asignación de las responsabilidades de pago pueden fundamentarse en el aprovechamiento de los beneficios.
- La metodología puede servir de referencia debido a que incluye los efectos endógenos de la infraestructura, aunque no considera todos los efectos de integración.