

Los **agroecosistemas** son vulnerables a los eventos climáticos. Esta vulnerabilidad se irá acrecentando a medida que el proceso de intensificación de la producción también aumente (Lin et al. 2008). Sin embargo, la agricultura tiene la capacidad de adaptarse a los cambios paulatinos, siendo los eventos extremos aquellos que representan una verdadera amenaza para estos sistemas (Magrin 2007).

La evaluación de la provisión de **servicios de los ecosistemas** se presenta como un enfoque alternativo para el estudio de la sustentabilidad de los agroecosistemas, debido a que representan el funcionamiento de un sistema desde un punto de vista sistémico al incluir tanto su condición biofísica como su dimensión utilitaria (Müller 2005). En los últimos años, el análisis de la relación entre el **cambio climático** y la provisión de servicios de los ecosistemas se ha incrementado comprobándose que ciertos servicios responden positivamente al cambio climático, mientras que otros no lo hacen (Bangash et al. 2013; Forsius et al. 2013).

El **objetivo** de este trabajo fue evaluar el efecto del cambio climático sobre la provisión de un conjunto de servicios de los ecosistemas en sistemas agrícolas de Región Pampeana (Argentina).

## ¿CÓMO OBTUVIMOS LA PROVISIÓN DE SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS CONSIDERANDO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN REGIÓN PAMPEANA (ARGENTINA)?

### 1º) Servicios de los ecosistemas provistos por los agroecosistemas pampeanos: Desarrollo de modelos bayesianos

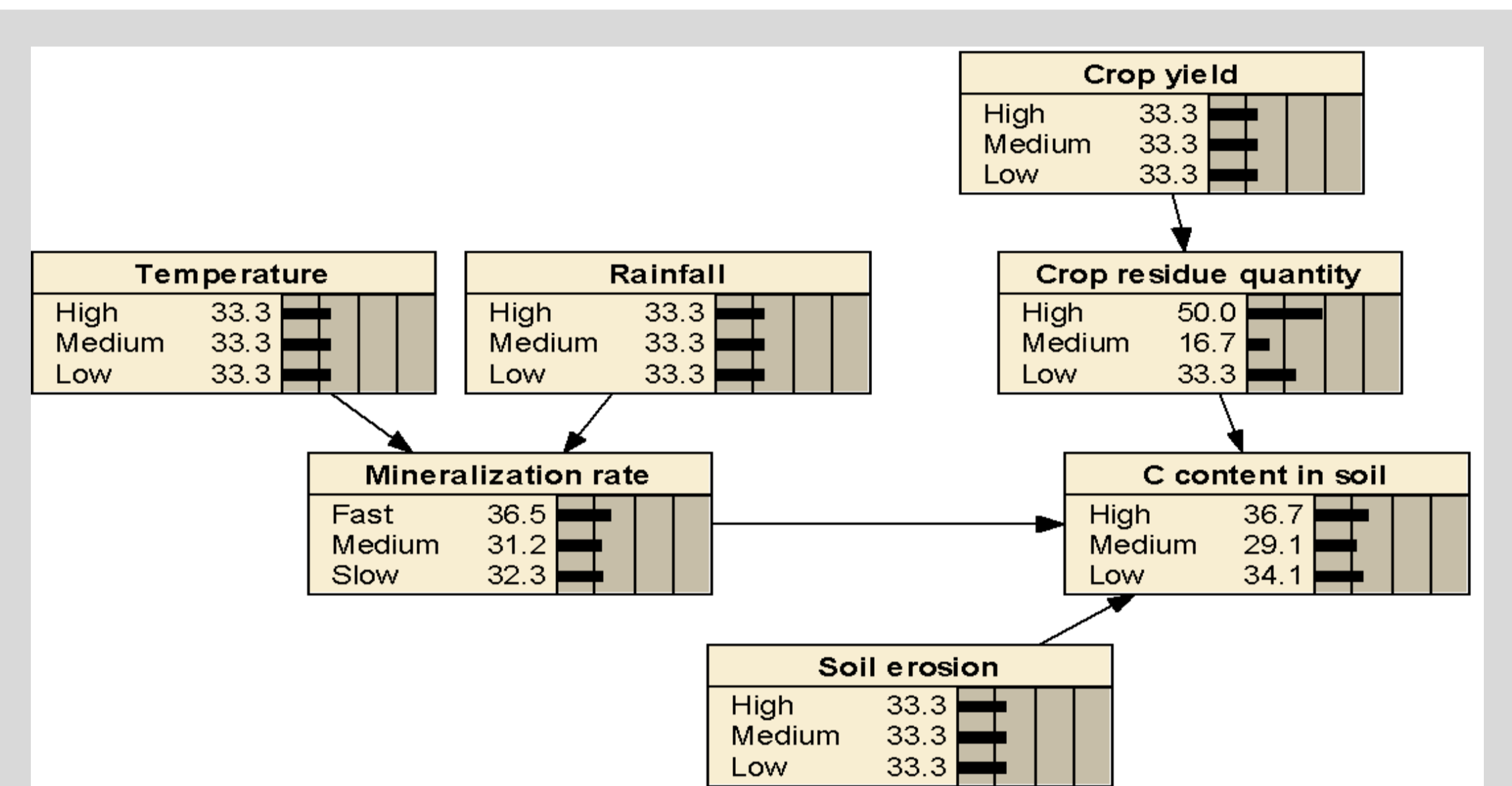
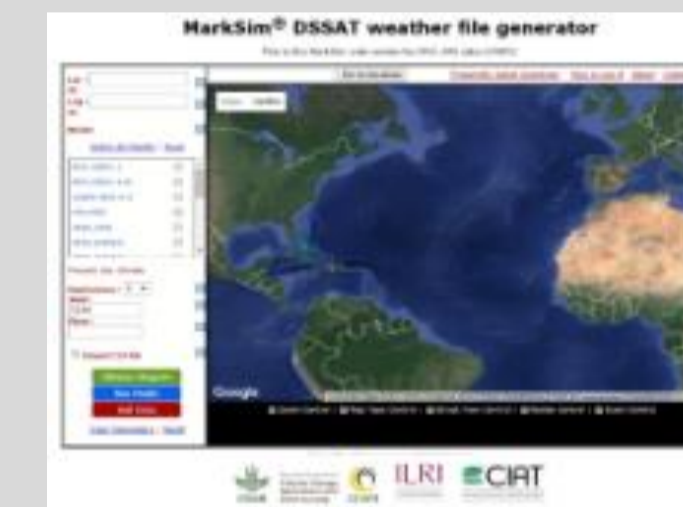


Figura 1: Red Bayesiana representando el servicio del ecosistema Balance de C del suelo, y su variable respuesta Contenido de C en suelo (Basado en Rositano y Ferraro 2014).

### 2º) Cuantificación de modelos bayesianos: Población de variables climáticas y productivas (i.e. variables de entrada) con información cuantitativa

A) Información climática: Temperatura y Precipitaciones simuladas con el software MarkSim.

A1) RCP 2.6, 4.5 y 8.5  
A2) Tres períodos de tiempo: 2030-2035, 2060-2065, 2090-2095 (con 5 réplicas cada año)



B) Información productiva: Rendimiento simulado con el software DSSAT.

B1) Cinco períodos de tiempo: 1971-1976 y 1998-2003 (bases de datos climáticas reales), 2030-2035, 2060-2065, 2090-2095.  
B2) Tres cultivos: soja, maíz y trigo

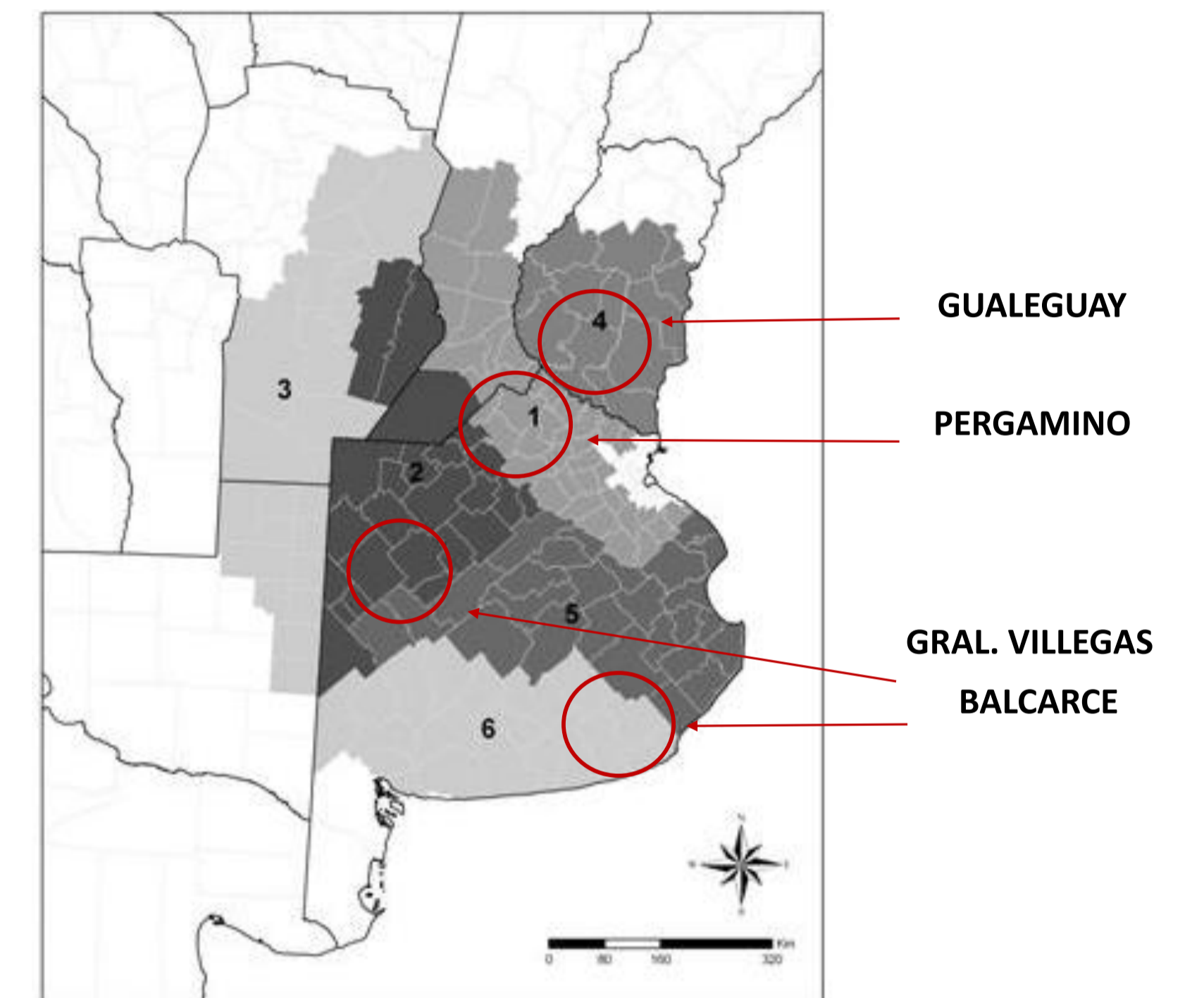
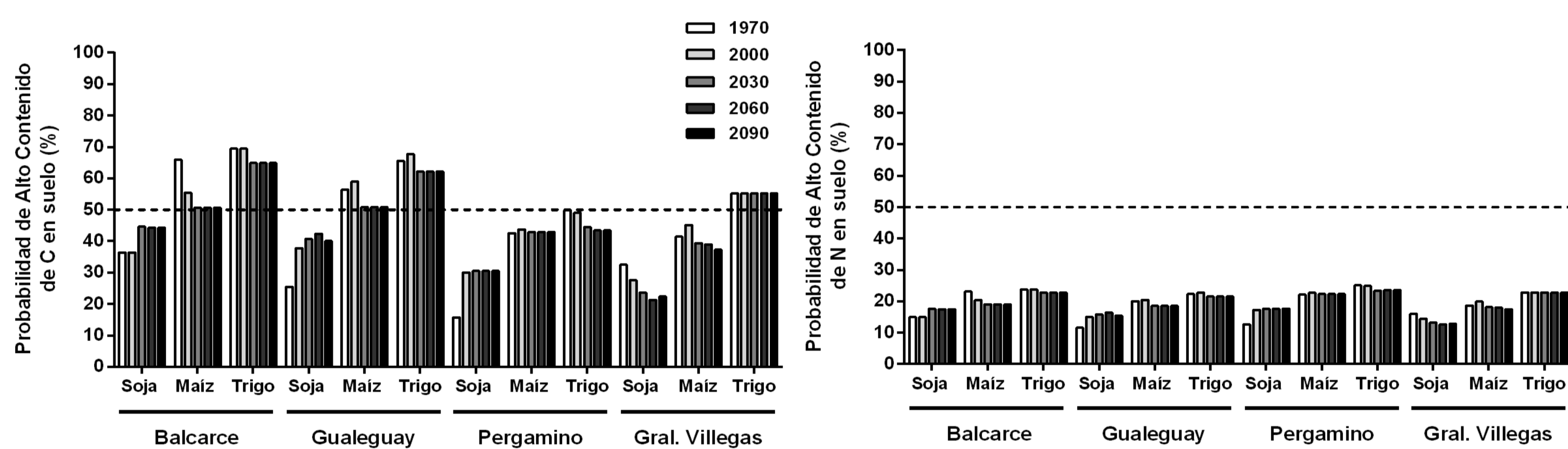


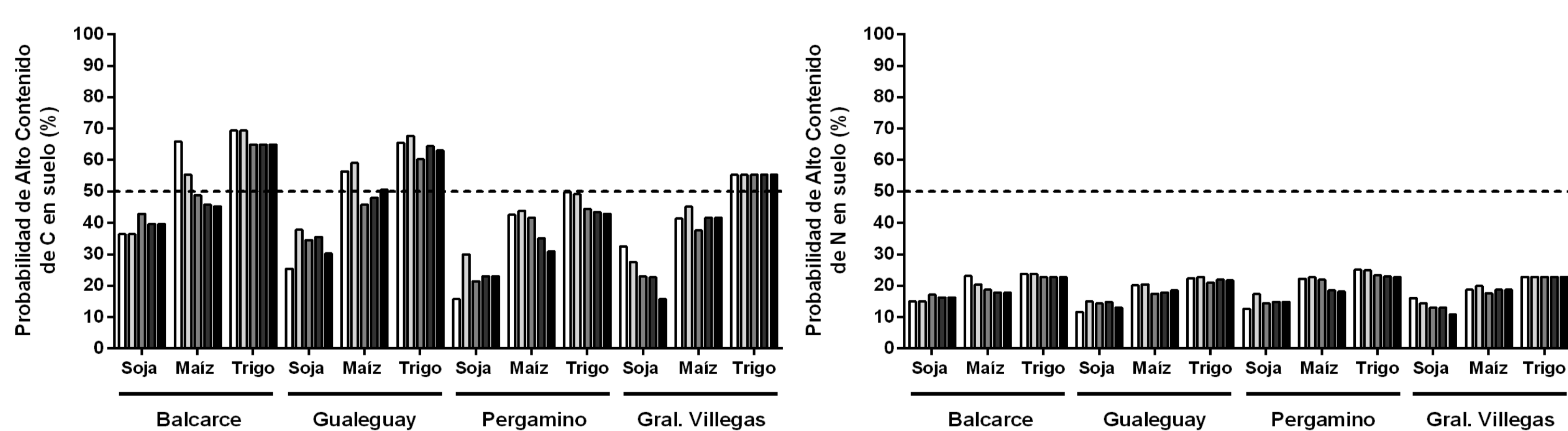
Figura 2: Localización de la Región Pampeana (Argentina) y sus sub-regiones (sombreadas en distintos tonos de gris): 1) Pampa Ondulada, 2) Pampa Interior, 3) Pampa Semiárida, 4) Pampa Mesopotámica, 5) Pampa Deprimida, y 6) Pampa Arenosa.

## ¿CÓMO SON AFECTADOS LOS SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS POR DISTINTOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN DISTINTOS SISTEMAS AGRÍCOLAS DE REGIÓN PAMPEANA (ARGENTINA)?

### Escenario RCP 2.6



### Escenario RCP 4.5



### Escenario RCP 8.5

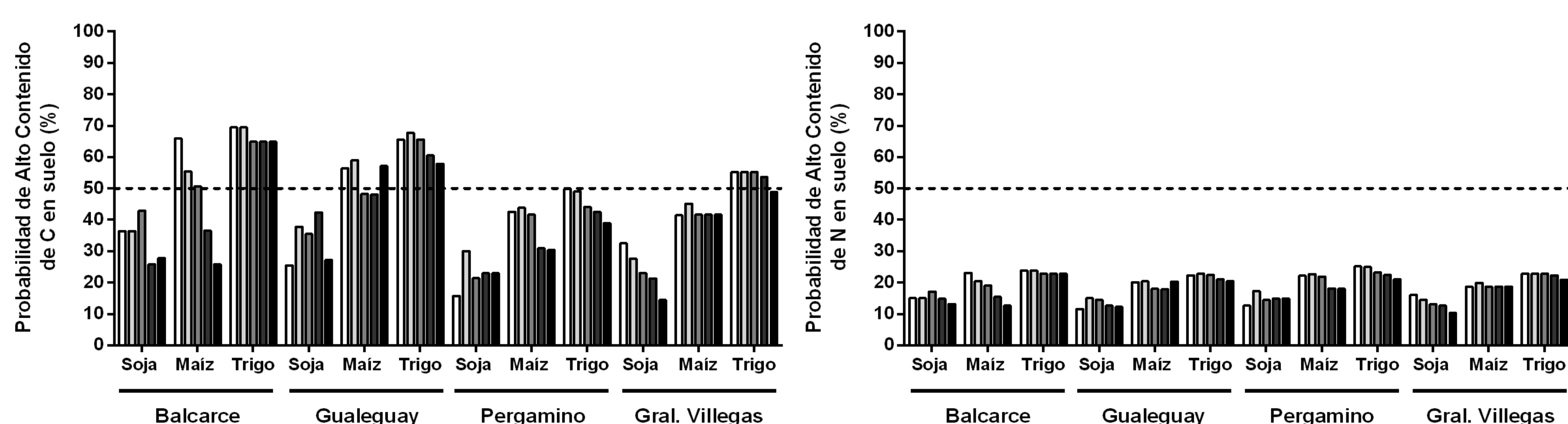


Figura 3: Respuesta probabilística de la variable respuesta de cada servicio del ecosistema en relación a tres zonas, tres cultivos y cinco períodos de tiempo. En términos de obtener mayor legibilidad en los resultados, se muestra únicamente aquel estado de la variable respuesta con mayor relación con la sustentabilidad de los agroecosistemas pampeanos: A) Alto Contenido de C en suelo, y B) Alto N disponible en suelo.

Los **servicios de los ecosistemas** evaluados fueron cuatro, representativos de los sistemas agrícolas pampeanos: 1) **Balance de C en suelo**, 2) **Balance de N en suelo**, 3) **Control de contaminación del agua subterránea**, y 4) **Control de emisiones de N<sub>2</sub>O**. En la Figura 3, sólo se representan los dos primeros servicios nombrados anteriormente. Esto se debe a que tanto la concentración de NO<sub>3</sub> en agua subterránea como las emisiones de N<sub>2</sub>O corresponden a pérdidas de N desde el sistema. Por lo tanto, si el contenido de N es bajo (como puede verse en la Figura 3), estas pérdidas de N al ambiente también serán bajas.

El **escenario RCP 2.6** asume que las emisiones mundiales anuales de gases de efecto invernadero alcanzan su punto máximo entre 2010-2020 y, a partir de allí, las emisiones disminuyen. Por lo tanto, esta podría ser la razón por la cual no hallamos diferencias marcadas entre los cinco períodos de tiempo considerados; principalmente, en Contenido de N en suelo. En cambio, las condiciones climáticas de los **escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5** son más marcadas. En este caso, pueden observarse diferencias entre años para cada cultivo en cada localidad en los distintos años. Estas diferencias son más marcadas para Contenido de C en suelo entre escenarios.

## CONCLUSIONES

En términos generales, la provisión de cada servicio del ecosistema presentó diferencias mínimas entre años dentro de cada escenario de cambio climático, encontrándose las mayores diferencias entre cultivos y entre zonas agrícolas (Figura 3). En todos los casos, el servicio Balance de N en suelo presentó los menores valores de su variable respuesta (Contenido de N en suelo) (Figura 3).

En esta instancia, aún es necesario realizar un análisis estadístico para determinar qué años, cultivos y zonas presentan diferencias entre sí. De esta manera, se podrán determinar estrategias agrícolas sostenibles para ser comunicadas a los tomadores de decisión (i.e. productores).

**Trabajo a futuro:** 1) Se realizará un análisis de los resultados utilizando medidas de eficiencia; por ejemplo, un análisis de correlación entre el rendimiento de los cultivos y la provisión de servicios de los ecosistemas para los años bajo estudio. 2) Se discutirá sobre la posibilidad de implementar políticas públicas para incrementar la provisión de servicios de los ecosistemas.

BIBLIOGRAFÍA  
\*Magrin GO (2007) Variabilidad climática, cambio climático y sector agropecuario. CLIMA LATINO - Encuentro Internacional sobre Cambio Climático en América Latina. Guayaquil – Quito, Ecuador. 15-18 de octubre de 2007.  
\*Müller F (2005) Indicating ecosystem and landscape organisation. Ecological Indicators 5:280-294.  
\*Bangash RF et al. (2013) Ecosystem services in Mediterranean river basin: Climate change impact on water provisioning and erosion control. Science of the Total Environment 458-460:246-255.  
\*Forsius M et al. (2013) Impacts and adaptation options of climate change on ecosystem services in Finland: a model based study. Current Opinion in Environmental Sustainability 5:26-40.