



# Un modelo de análisis de uso del suelo en diferentes escenarios en San Juan, Argentina

Fecha de recepción: 14 de noviembre de 2014 Fecha de aceptación: 15 de abril de 2016 Disponible en línea: 1 de junio de 2016

**Patricia Lorena Nieto**

Arquitecta | Docente investigadora de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHA)-Gabinete de Investigaciones Urbanas (GIUR), Universidad Nacional de San Juan

nietolorena@yahoo.com.ar

**Sandra Elizabeth Oviedo**

Magíster en Informática | Docente investigadora de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Instituto de Informática, Universidad Nacional de San Juan

soviedo@iinfo.unsj.edu.ar

**Nora Elsa Nacif**

Magíster en Desarrollo Urbano Regional | Docente investigadora de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHA)-Gabinete de Investigaciones Urbanas (GIUR), Universidad Nacional de San Juan

noranacif@faud.unsj.edu.ar

**Resumen** San Juan puede percibirse como una ciudad oasis de zona sísmica y de escala intermedia; de allí la importancia de preservar el uso y la ocupación del suelo con una visión ambientalmente sustentable. En los últimos cincuenta años, se ha extendido hacia el territorio circundante sin una planificación coherente que responda a las características de ciudad, lo que genera conflictos ambientales como la escasez de espacios verdes en relación con el crecimiento poblacional y constructivo. Comprender esta problemática para pronosticar situaciones y evaluar alternativas para el uso del suelo es una labor por demás compleja. Por ello, se recurre a la dinámica de sistemas como metodología de análisis y como herramienta que ayuda a manejar dicha complejidad. Esta primera aproximación del modelo considera la evolución de la población de la ciudad y de las superficies verdes, la cantidad de viviendas y su variación, parámetros que interactúan entre sí y constituyen el sistema analizado.

**Palabras clave** complejidad urbana; dinámica de sistemas; espacios verdes; modelización; viviendas

# Analysis Model of Land Use Considering Different Scenarios in San Juan City, Argentina

**Abstract** San Juan can be seen as an oasis town in a seismic zone with an intermediate level. Hence, the importance of preserving the use and occupation of land with an environmentally sustainable vision. In the last fifty years, it has spread into the surrounding territory without a coherent planning that meets the characteristics of the city, generating environmental conflicts such as shortage of green spaces in relation to population and building growth. Understanding this problem to predict situations and evaluate alternatives for land use is a complex work. Therefore, we resort to the dynamics of systems as an analysis methodology and as tool that helps managing such complexity. This first approach to the model considers the evolution of the population of the city and the green areas, the number of houses and their variation, which are parameters that interact with each other and constitute the analyzed system.

**Keywords** dynamic systems; green areas; houses; modeling; urban complexity

## Um modelo de análise do uso da terra em diferentes cenários em San Juan, Argentina

**Resumo** San Juan pode ser percebido como cidade oásis de zona sísmica e escala intermediário; daí a importância de preservar o uso e ocupação do solo com visão ambientalmente sustentável. Nos últimos cinquenta anos, tem se espalhado para o território circundante sem planejamento coerente que responda às características de cidade, o que gera conflito ambiental como a escassez de espaços verdes e relação com o crescimento populacional e construtivo. Compreender esta problemática para prognosticar situações e avaliar alternativas para o uso do solo é uma labor, com certeza, complexa. Por isso, recorre-se à dinâmica de sistemas como metodologia de análise e como ferramenta que ajuda gerenciar tal complexidade. Esta primeira aproximação do modelo considera a evolução da população da cidade e das superfícies verdes, a quantidade de moradias e sua variação, parâmetros que interagem entre si e constituem o sistema analisado.

**Palavras chave** complexidade urbana; dinâmica dos espaços de sistemas; verde; modelagem; habitação

## Introducción

San Juan (Argentina) puede percibirse como una ciudad oasis de zona sísmica y de escala intermedia, de allí la importancia de preservar los espacios verdes, el uso y la ocupación del suelo con una visión ambientalmente sustentable. En los últimos cincuenta años, dicha ciudad se ha extendido sobre el territorio circundante sin una planificación adecuada, lo que ha ocasionado una serie de conflictos ambientales como la escasez de espacios verdes en relación con el crecimiento poblacional y constructivo.

Al comprender toda esta temática, nos enfrentamos a un sistema complejo y así surge la necesidad de buscar mecanismos que ayuden a manejar esa complejidad, para pronosticar situaciones y evaluar alternativas. Por ello, se recurre a la dinámica de sistemas como una valiosa metodología de análisis para sistemas complejos, la cual utiliza como herramienta de apoyo la construcción de un modelo informático que pone de manifiesto las relaciones entre la estructura del sistema y su evolución.

Con herramientas gráficas a escala se puede ir modelando el sistema y establecer las asociaciones entre sus componentes, es decir, describir de qué manera interactúan las partes del sistema modelado. Las interacciones determinarán su comportamiento. Luego, mediante un *software*, es posible hacer simulaciones y ensayar diferentes escenarios, para alcanzar la comprensión absoluta del complejo sistema analizado.

Para una primera aproximación del modelo se consideró la evolución de la población de la

ciudad, la evolución de las superficies de espacios verdes, la cantidad de viviendas existentes y su variación. Estos parámetros interactúan y constituyen el sistema examinado.

Al cambiar algunos parámetros el mismo modelo podría ser usado para diversos sistemas y problemáticas de la ciudad de San Juan e incluso para otras ciudades de características similares. Los resultados de su aplicabilidad son muy amplios, pues pueden ser insumos de otras investigaciones y estudios sobre problemáticas urbano-ambientales.

## Caracterización del área de estudio

### San Juan: ciudad oasis de zona sísmica y de escala intermedia

Este trabajo propone un modelo para San Juan, localizada en la provincia de San Juan en el centro-oeste de Argentina. La ciudad de San Juan se construyó en el oasis denominado Valle de Tulum, Ullum y Zonda. Desde su fundación, la aridez de la región condicionó su evolución y desarrollo. Con el paso de los años, el paisaje se fue modificando y se extendieron las zonas verdes cultivables y habitables al mejorar los modos de acceso al agua.

Por otra parte, el territorio sanjuanino pertenece a la zona de mayor actividad sísmica del país, por lo que ha sido afectada por varios terremotos destructivos. La zona registra al menos dos terremotos cada siglo y una frecuencia entre uno y tres sismos de baja intensidad por mes (Inpres, 2014).

Estos condicionantes se traducen conceptualmente en tendencias contrarias de ocupación del suelo. Una adecuada respuesta a la aridez debiera sugerir la concentración de la planta urbana en una superficie condensada, debido a la limitación de recurso agua, mientras que las normativas de sismorresistencia sumadas al temor al sismo, promueven una ocupación extendida del área urbana. Puesto que entre otras causas, la población prefiere para habitar, las construcciones en planta baja a las construcciones en altura (Roitman, Nacif y Espinosa, 1994, p. 1).

Estos dos factores, aridez y sismo, son determinantes en la conformación del paisaje urbano territorial y, por ello, desde la perspectiva del ambiente natural, a la ciudad de San Juan se la caracteriza como una ciudad oasis de zona sísmica.

San Juan es una ciudad intermedia, no solo por su escala o por su tamaño físico y poblacional, sino también por su rol de intermediación en la región, vinculado a su función de centro urbano principal de la provincia.

Las ciudades se consideran intermedias no solo con arreglo a tallas demográficas y dimensiones determinadas (coherentes con su contexto geográfico), sino, sobre todo, con relación a las funciones que desarrollan: el papel de mediación en los flujos (bienes, información, innovación, administración, etc.) entre los territorios rurales y urbanos de su área de influencia y los otros centros o áreas, más o menos alejados. Funciones de intermediación entre los espacios locales/territoriales y los espacios regionales/nacionales e, incluso, globales (Llop y Bellet, 2004).

Las ciudades intermedias, como han sido definidas por el Programa de ciudades intermedias y urbanización mundial (Llop y Bellet, 2004), presentan una escala demográfica y de extensión más fácil de controlar que las grandes ciudades; esto también se verifica en cuanto a daños ambientales, lo que les permite mantener prácticas propias de sus sociedades con sistemas que tienden a ser más equilibrados y, sostenibles y, por tanto, con un gran potencial para el desarrollo de propuestas orientadas hacia la sostenibilidad.

En esta visión también es imprescindible que el desarrollo urbano sostenible en las ciudades intermedias incluya la previsión de acciones correctoras y la formulación de alternativas que tengan en cuenta la oferta natural y cultural de las ciudades.

Lograr un desarrollo urbano sostenible es uno de los puntos clave del estudio de las ciudades intermedias, puesto que se basa en parámetros que tienen en cuenta las dimensiones definidas internacionalmente y que coinciden con las desarrolladas por el proyecto Esalc (Evaluación de la sostenibilidad en América Latina y el Caribe) desarrollado por la Cepal; por ello, abarca dimensiones de análisis de los subsistemas social, económico, ambiental e institucional.

### Los espacios verdes. Importancia y necesidad para un desarrollo urbano sostenible

Las formas de verde público urbano (bosques, parques, plazas, jardines de edificios, cementerios, etc.) son muy apreciadas por sus múltiples atributos y funciones, así como por los servicios ambientales que incrementan la calidad de vida en las ciudades y, por ende, su atractivo. Además, tienen un alto significado sociocultural como lugares de encuentro social, interrelación e intercambio, en donde convergen grupos de distintos intereses. Son sitios diseñados para usos previstos y no previstos, con varias connotaciones, según las actividades que ejecutan sus visitantes. El verde urbano tiene diversas funciones: brinda importantes servicios ecosistémicos que mejoran las características ambientales y sanitarias; la vegetación optimiza el microclima y la calidad del aire, al mismo tiempo que ofrece hábitats de flora y fauna y protege recursos como suelo y agua; el verde urbano permite un paréntesis en los estresores cotidianos (ruido, bullicio, multitud), contrarresta a la alta densidad habitacional y las cargas de jornadas laborales, facilita la

calma, la recreación y el contacto con la naturaleza (Breuste, Artmann, Wurster, Voigt y Faggi, 2013). Estos espacios son sitios preferidos muy frecuentados, sobre todo por grupos sociales de movilidad reducida o de escasos recursos (García, Ortis y Prats, 2004).

Los espacios verdes cobran más relevancia aún en una ciudad de zona árida con las características de la estudiada (Figura 1), por lo cual su planificación y preservación no puede dejarse de lado si quiere alcanzarse un desarrollo urbano sustentable.

### La complejidad urbana

Si entendemos a la ciudad como un sistema —el sistema urbano— en donde converge e interactúa gran cantidad de variables heterogéneas o de diversa naturaleza, se advierte que se está en presencia de un sistema elaborado. Los elementos o las variables que integran este sistema pueden ser considerados sistemas en sí mismos, aunque a los fines de este estudio nos interesan sus interrelaciones. Tales variables tienen origen ya sea en las características socioeconómicas de la ciudad o en las particularidades de su ambiente natural.

La ciudad no es un sistema estático. La ciudad evoluciona: crece, se transforma, se complejiza y también se degrada. Asimismo, ocupa un espacio físico concreto, de modo que tanto su origen como su evolución implican la transformación de un soporte físico (Ruiz, 2001).

La interacción de variables urbanas define un esquema que configura y representa la complejidad del sistema. Prever el comportamiento y las causalidades que ayuden a estimar su evolución o desenvolvimiento es una tarea complicada y, si incluimos para su comprensión herramientas como *software*, será más rápida y certera.

### Dinámica de sistemas

#### Dinámica de sistemas para la comprensión de sistemas complejos

Se propone la DS como un mecanismo que ayuda a la comprensión de este sistema complejo, al integrar aspectos internos y externos de un sistema, es decir, lo relaciona con su entorno para producir un modelo global (Forrester, 1961).

Figura 1.  
San Juan: ciudad oasis de zona sísmica y de escala intermedia



Fuente: Nacif, Espinosa y Martinet (2011, p. 80)

## Modelado de sistemas

Todas las personas crean los modelos mentales del mundo que las rodea, luego de observar y buscar la comprensión de causas y efectos. Tales modelos son posibles, por ejemplo, para cruzar una calle muy transitada con éxito o atrapar una pelota de béisbol, pero nadie está mentalmente capacitado para ir mucho más lejos. La complejidad de los sistemas sociales, económicos o ecológicos fuerza a utilizar ayudas, si se quiere entender algo de ellos.

Con el advenimiento de las computadoras y de la programación gráfica, se pueden crear los modelos más elaborados de los fenómenos del mundo y simular varios escenarios posibles, explicar y, tal vez, predecir un proceso dinámico.

Los modelos son abstracciones de la realidad y nos obligan a enfrentar los resultados de las suposiciones estructurales y dinámicas que se han hecho en las abstracciones (Oviedo, Camargo y Narváez, 2010).

## Dinámica de sistemas para modelar sistemas complejos

Forrester (1961) introdujo el enfoque de la dinámica de sistemas (DS) a comienzos de la década del sesenta como una metodología de modelado y simulación para análisis y toma de decisiones a largo plazo en problemas de gestión industrial dinámicos. La filosofía de la dinámica de sistemas gira en torno al concepto de retroalimentación o causalidad circular entre variables observables. Estas variables observables pueden describir algún atributo de los componentes básicos del sistema o referirse a alguna magnitud global del sistema.

Las hipótesis de la dinámica de sistemas son las siguientes:

- › Los componentes del mundo real están relacionados de manera compleja. Un sistema

real puede modelarse por flujos, *stocks* y bucles de retroalimentación. Los flujos de información son intrínsecamente diferentes a los flujos físicos.

- › La no linealidad y los *delays* son elementos importantes del sistema.
- › El comportamiento del sistema resulta de su estructura interna, es decir, de la suma de las características de sus componentes y del conjunto de sus interacciones.

En dinámica de sistemas, el modelo empleado no solo incluye las variables esenciales del sistema analizado o los elementos que se exteriorizan como problemáticos, sino que además permite considerar el sistema holísticamente, como un todo orgánico y representa las interrelaciones causales que se establecen en un sistema desde la perspectiva de la teoría general de sistemas, los procesos de retroalimentación del mismo, las redes de comunicación e información internas y su contexto.

Mediante la dinámica de sistemas se pueden construir modelos de sistemas complejos y hacer simulaciones en diferentes escenarios, para mejorar la comprensión de los sistemas y predecir su comportamiento. La dinámica de sistemas se erige como la herramienta mediadora entre el investigador que pretende alcanzar el entendimiento de sistemas complejos, el modelado de los mismos y el soporte informático que aporta la capacidad de procesamiento. Oviedo y otros autores (2010) presentan una completa revisión de la metodología de modelado con dinámica de sistemas.

## La metodología a aplicar para alcanzar el modelo

La metodología de trabajo empleada coincide con lo que Valerie Gacogne (2008) llama “etapas de la construcción del modelo de simulación” (p. 15) y consta de cuatro etapas:

- › Definición del problema, de los objetivos y del ámbito de aplicación del modelo (la elección de una metodología adecuada: simulación continua de tipo dinámica de sistemas).
- › Diseño del modelo del sistema: el modelo verbal y su representación en forma de diagrama de influencias o diagramas de causalidad circular.
- › Formalización del modelo matemático para la transcripción de los diagramas de influencias en las ecuaciones con el *software* de modelado (variables de calibración).
- › Las simulaciones del modelo: prueba de hipótesis de base, análisis dinámico de respuestas a las pruebas de sensibilidad de los modelos, comentarios sobre la construcción del modelo y correcciones (incluida la percepción de la realidad que ha sido modificada por una mejor comprensión de cómo

funciona el sistema), la validación de modelos, definición de escenarios.

### El modelo. Aplicación en la ciudad de San Juan

El objetivo principal del presente trabajo es alcanzar una primera versión de un modelo del uso del suelo, por medio del uso residencial y de espacios verdes de la ciudad de San Juan, que permita entender el comportamiento de las variables involucradas mediante la ejecución de simulaciones.

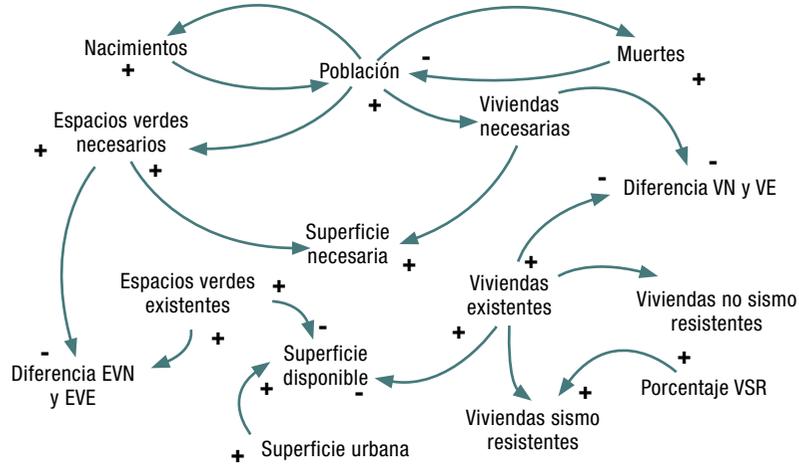
La identificación del sistema objeto de estudio se realiza mediante el recorte de una parte de la realidad socioeconómica, cultural, política y física de la región. Al recortar la realidad, se ponen límites; en este caso, se considera el área urbana conocida como Gran San Juan, conformada por los departamentos Capital y las áreas urbanas de Chimbass, Santa Lucía, Rawson y Rivadavia (Figura 2).

Figura 2.  
Área donde se desarrolla el modelo



Fuente: registros gráficos no publicados del Gabinete de Investigaciones Urbanas, FAUD, UNSJ (2004)

Figura 3.  
Variables y causalidades entre ellas



Fuente: elaboración propia con el software Vensim

### Diseño del modelo del sistema

A partir de la descripción verbal del sistema a modelar y del objetivo planteado se hace una primera aproximación al modelo por medio de un diagrama causal, que facilitará la descripción de las variables consideradas y las causas que se determinan entre ellas (Figura 3).

Para hacer posible esta primera versión, el modelo se simplificó, con el objetivo de ganar claridad y propiciar la aplicación de este trabajo. En trabajos futuros se aumentará su complejidad. Los signos + (más) y – (menos) se emplean para analizar el tipo de causalidad y para ir verificando la correcta interpretación de las variables consideradas. Se lee de la siguiente manera: “cuanta más población, más viviendas necesarias”, “cuantos más espacios verdes existentes, menos superficie disponible”, etc.

### Modelo formal

Para obtener el modelo formal, es decir, para establecer las relaciones matemáticas entre las

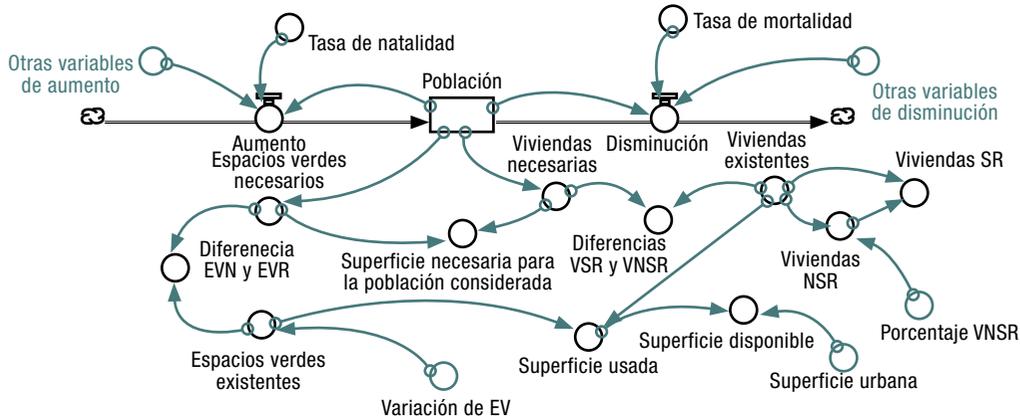
variables del sistema modelado, es necesario construir el diagrama de Forrester (Figura 4).

Hay tres tipos de variables en un diagrama de Forrester, de *stock*, de flujo y convertidores (o auxiliares).

- › Las variables de *stock* (simbolizadas con rectángulos) son las variables de estado y representan las acumulaciones importantes en el sistema.
- › Las variables de flujo (simbolizadas con las válvulas) son la tasa de cambio entre las variables de *stock* y representan las actividades de rellenar o drenar los *stocks*.
- › Convertidores (representados por círculos) son las variables intermedias utilizadas para cálculos varios.

Además, están los conectores (representados por las flechas simples) que muestran las causas, los efectos y los enlaces dentro de la estructura del modelo (Oviedo *et al.*, 2010).

Figura 4.  
Diagrama de Forrester para modelar el uso del suelo urbano en la ciudad de San Juan



Fuente: elaboración propia con el *software* Stella

Consideraciones para las principales variables del modelo:

- › Población, considerada como variable de *stock*, ya que todos los cambios en el modelo de ocupación de suelos estarán condicionados por las variaciones en la población. Aumento y disminución son las variables de flujo.

Algunas variables tipo convertidores son:

- › Viviendas SR (viviendas sismorresistente): son aquellas que se ajustan a las normas vigentes en la provincia de San Juan, contenidas en el Reglamento Inpres-Cirsoc 103. Estas normas determinan la calidad constructiva y los tipos de materiales de acuerdo con la zonificación sísmica, para minimizar riesgos y evitar daños personales y materiales<sup>1</sup>.
- › Viviendas NSR (viviendas no sismorresistentes): este tipo de viviendas está determinado por aquellas construidas de forma precaria y que no se ajustan a las normativas vigentes ya especificadas.

- › Viviendas necesarias: se toman como referencia las normativas del Instituto Provincial de la Vivienda, que define una superficie cubierta de 85 m<sup>2</sup> cubiertos con un terreno no menor de 300 m<sup>2</sup> y como familia tipo la constituida por cinco integrantes.
- › Espacios verdes necesarios: se considera la recomendación de la Organización Mundial de la Salud de disponer entre 10 y 15 m<sup>2</sup> de zonas verdes por habitante, distribuidas equitativamente en relación con la densidad de población. En este modelo se calculó una necesidad de 15 m<sup>2</sup> de espacios verdes por habitante (Bascañán, Walker y Mastrantonio, 2007).

El modelo dinámico se construyó con el *software* Stella y a partir del diagrama de Forrester se establecen las relaciones matemáticas entre los componentes del sistema descrito. Para inferir las relaciones entre los componentes se toman datos estadísticos de la realidad. Para el presente modelo se consideraron estadísticas de los últimos treinta años y se definieron las curvas que

1 El documento completo puede verse en [www.inpres.gov.ar/Ing\\_Sismorres/Reglamentos.html](http://www.inpres.gov.ar/Ing_Sismorres/Reglamentos.html)

permiten una proyección para el futuro a partir de dichos datos (Figura 5).

## Simulaciones

La última etapa consiste en correr la simulación e interpretar los resultados. Las simulaciones sirven para analizar los resultados, hacer correcciones y calibrar el sistema, es decir, hacer verificaciones y validaciones (Izquierdo, 2008).

- › **Verificación:** consiste en comprobar que el modelo desarrollado cumple con los requisitos de diseño autoimpuestos por el modelador.
- › **Validación:** en contraste con la verificación, la validación científica hace referencia explícita al sistema real que se está modelando. Validar un modelo consiste en valorar su utilidad dentro del contexto de aplicación, de acuerdo con los criterios para los cuales fue diseñado. Si es necesario, se hacen algunas modificaciones a modo de calibración para mejorar el modelo concebido.

Figura 5.  
Modelo formal del uso del suelo urbano de la ciudad de San Juan

```

□ Población(t) = población (t - dt) + (Aumento - Disminución) * dt
INIT Población = 119451
INFLOWS:
⇒ Aumento = (Población*Tasa_de_Natalidad)+(Población*Otras_Variables_
de_aumento)
OUTFLOWS:
⇒ Disminución = (Población*Tasa_de_Mortalidad)+(Población*Otras_variables_
de_disminución)
○ Diferencia_EVN_yEVR = Espacios_Verdes_Necesarios-Espacios_Verdes_Existentes
○ Diferencia_VSR_y_VNSR = Viviendas_Necesarias-Viviendas_Existentes
○ Espacios_Verdes_Existentes = 68534 *(time/10) + 334378+Variación_de_EV
○ Espacios_Verdes_Necesarios = Población* 15
○ Otras_variables_de_aumento = 0
○ Otras_variables_de_disminución = 0
○ Porcentaje_VNSR = if (-8.5*(time/10) +38) >0 then ((-8.5*(time/10) +38)/100) else 0
○ Superficie_Disponible = IF(Superficie_Urbana-Superficie_Usada) >0 then
(Superficie_Urbana-Superficie_Usada) else 0
○ Superficie_Necesaria_para_la_población_considerada = (Viviendas_
Necesarias*300)+Espacios_Verdes_Necesarios
○ Superficie_Urbana = 27151000
○ Superficie_Usada = Espacios_Verdes_Existentes+(Viviendas_Existentes*300)
○ Tasa_de_Mortalidad = 0.1
○ Tasa_de_Natalidad = 0.174
○ Variación_de_EV = 0
○ Viviendas_SR = Viviendas_Existentes-Viviendas_NSR
○ Viviendas_Existentes = (2495*TIME)+ 27138
○ Viviendas_Necesarias = Población/5
○ Viviendas_NSR = Porcentaje_VNSR*Viviendas_Existentes

```

Fuente: elaboración propia con *software* Stella

La salida de la simulación se puede ver en la Figura 6. Los resultados se pueden presentar en gráficos o en una tabla de datos. En la parte baja de la imagen se pueden ver los slides input devices que permitirán variar algunos valores, al igual que los knob input devices empleados.

En la Figura 6 se simulan cuatro variables y se observa que las viviendas necesarias y la población se van a equiparar dentro de doce años y se estima que dentro de treinta años la necesidad de vivienda va a empezar a disminuir por los cambios de actividades en el uso de la construcción que se producen en la capital de San Juan. Si bien la tasa de natalidad tiene una proyección positiva en el departamento Capital, ello se debe a que se localizan los centros de salud más importantes de la provincia y no necesariamente coincide con el lugar de residencia de la población. Cabe destacar que las viviendas que se siguen construyendo son sismorresistentes.

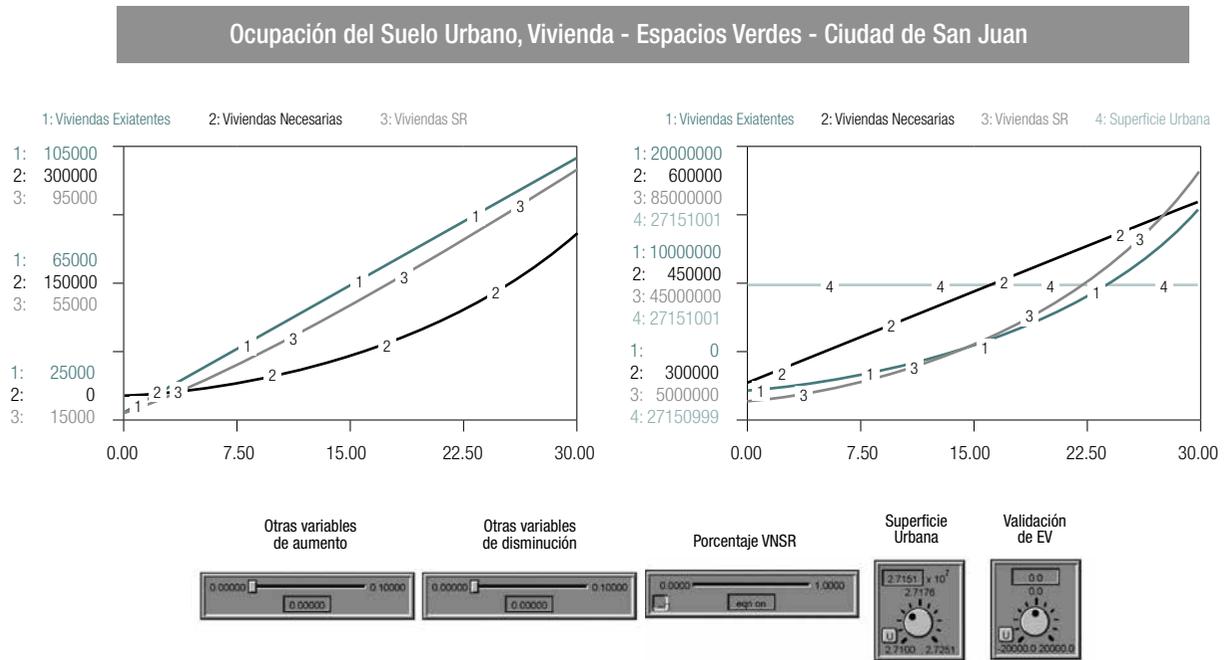
También se evidencia que la variable de espacios verdes existentes es mayor a la de espacios verdes necesarios, ya que en la capital de San Juan se encuentra el parque de Mayo, que es común para todos los departamentos.

## Escenarios

La simulación involucra el diseño de un modelo de sistema para llevar a cabo experimentos con él. El propósito de estos experimentos (“qué pasa si”) es determinar cómo se comporta el sistema real y predice los cambios al sistema.

En el modelo se dejó la posibilidad de variar algunos parámetros, al inducir valores externos a algunas variables diferenciadas con color violeta en el diagrama de Forrester (Figura 4), a fin de proponer algunos escenarios en el momento de correr las simulaciones y analizar los resultados, es decir, interpretar el comportamiento del sistema al ver “qué pasa si...”.

Figura 6.  
La simulación del modelo



Fuente: elaboración propia con *software Stella*

### Algunos escenarios posibles en el modelo propuesto

- › ¿Qué pasa si ocurre alguna emigración de x % de habitantes?
- › ¿Qué pasa si, por algún motivo, además del aumento por natalidad, se incrementa la población en x %?
- › ¿Qué pasa si se ejecutan obras que aumenten la superficie urbana a x m<sup>2</sup>? ¿Qué pasa si disminuye?
- › ¿Qué pasa si varía de manera extraordinaria (sale de la media histórica) la superficie de espacios verdes, ya sea con aumento o disminución?
- › ¿Qué pasa si se toman diferentes criterios para el cálculo de viviendas NSR y el porcentaje varía?

Además de analizar diferentes escenarios dentro de la zona en estudio, el modelo permitirá examinar zonas similares, como podrían ser otros departamentos de San Juan como Rivadavia, Rawson o aglomerados urbanos con similares características.

### Algunas aclaraciones acerca del modelo

En cuanto a la primera versión, se consideraron las siguientes facilidades:

- › Solo usos del suelo correspondientes a vivienda y espacios verdes. Se asume que todas las viviendas son de una planta.
- › Por vivienda habitan cinco personas. No se tuvo en cuenta ninguna dispersión de este parámetro.

## Conclusiones

La dinámica de sistemas es una herramienta de modelado muy dúctil, de fácil comprensión y accesible para quien no es experto en sistemas ni tiene muchos conocimientos de modelos y simulación, dado que permite modelar problemáticas como la aquí tratada, en la que ha sido posible obtener una primera versión del modelo y analizar algunas variables de manera experimental.

Se considera que es un avance importante que coadyuva y complementa los trabajos de investigación y planificación urbana, puesto que sus resultados tienen una amplia aplicabilidad para resolver problemáticas de la ciudad.

El mismo sistema de relaciones de variables es aplicable a distintos ámbitos espaciales (departamentos, ciudades, etc.) lo que facilita la comparación entre ellos para poder definir las políticas de acción necesarias en la gestión ambiental.

El sistema puede relacionar múltiples variables que darán un resultado más exacto de la realidad existente y su proyección. Esto es posible por la capacidad relacional de la dinámica de sistemas para resolver problemas complejos.

## Bibliografía

Bascuñán, F., Walker, P. y Mastrantonio, J. (2007). Modelo de cálculo de áreas verdes en planificación urbana desde la densidad habitacional. *Urbano*, 10(15), 97-101.

Breuste J., Artmann, A., Wurster, D., Voigt, A. y Faggi, A. (2013). Espacios verdes urbanos, fortalezas, amenazas y oportunidades de mejora. *Calidad de Vida y Salud*, 6(1), 59-70.

Forrester, J. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge: MIT Press.

García, M., Ortis, A. y Prats, M. (junio, 2004). Urban Planning, Gender and the Use of Public Space in a Peripheral Neighbourhood of Barcelona. *Cities*, 21(3), 215-223.

Instituto Nacional de Prevención Sísmica [Inpres]. (2015). Últimos sismos determinados por el Inpres. Recuperado de [www.inpres.gov.ar](http://www.inpres.gov.ar)

Izquierdo, L. y Galán, J. (julio-diciembre, 2008). Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas. *Empiria. Revista de Metodología de Ciencias Sociales* (16). Recuperado de <http://www.re-dalyc.org/articulo.oa?id=297124024004>

Llop, J. y Bellet C. (mayo, 2004). Miradas a otros espacios urbanos: las ciudades intermedias. *Publicación Programa. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, 8(165). Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-165.htm>

Nacif, N., Espinosa, M. y Martinet, M. (2011). Entre la idealización y el pragmatismo: planes para la reconstrucción de la ciudad de San Juan, Argentina (1944/1948). *REVISTA Iberoamericana de Urbanismo dossier* (6), 80.

Oviedo, S., Camargo, M. y Narváez, P. (2010). *Contribution de la Dynamique des Systèmes à la modélisation de scénarii pour l'évaluation de la filière de production de biodiesel*. (Tesis de Maestría inédita). ENSGSI, Nancy, Francia.

Roitman D., Nacif, N. y Espinosa, M. (1994). *Ciudad y sismo*. San Juan: Gabinete de Investigaciones Urbanas.

Ruiz, L. (marzo, 2001). Sistemas urbanos complejos, acción y comunicación. *Cuadernos de investigación humanística* (32). Recuperado de <http://polired.upm.es/index.php/ciur/article/view/246/242>