



**MODELO DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS PARA COMPRENDER EL
COMPORTAMIENTO DE LA REALIDAD COMPLEJA (CASO DE DISTRITO DE
DANIEL HERNÁNDEZ – TAYACAJA – HUANCVELICA)**

**SYSTEMS DYNAMIC MODEL TO UNDERSTAND THE BEHAVIOR OF COMPLEX
REALITY (DISTRICT CASE OF DANIEL HERNÁNDEZ - TAYACAJA -
HUANCVELICA)**

Autores

Sinche Crispín, Fernando Viterbo 
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
Flores Barreto, Steve Jesús
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
Huincho Lapa, Sergio 
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

Resumen

La presente investigación surge del problema general que tiene como interrogante ¿De qué manera se lleva a cabo la comprensión del comportamiento de la realidad compleja mediante los modelos de dinámica de sistemas?, para responder, por razones de comprobación del tema de estudio se tomó una población de 2936 habitantes de la zona urbana del distrito de Daniel Hernández. El objetivo de la investigación es determinar la manera que se lleva a cabo la comprensión del comportamiento de la realidad compleja que se tratan de modelar mediante los modelos de la dinámica de sistemas. Para alcanzar el objetivo planteado, el trabajo de investigación se desarrolló bajo la investigación básica, abordando el tema de estudio bajo el enfoque de Dinámica de Sistemas que nos permita comprender la estructura y su comportamiento dinámico con una visión holística. Los resultados de la investigación nos permiten concluir que los modelos de la dinámica de sistemas permiten representar el comportamiento de la realidad compleja, mediante el análisis del comportamiento de las variables relevantes, en diferentes escenarios considerados para su análisis. La calidad del modelo es comprobada a través de los criterios para validar la consistencia lógica del modelo hasta el estudio del ajuste entre las trayectorias generadas por el modelo y las registradas en la realidad.

Palabras claves: comportamiento, dinámica de sistemas, modelo, realidad compleja.

Abstract

The present investigation arises from the general problem that has as a question: In what way is the understanding of the behavior of complex reality carried out by means of systems dynamics models? a population of 2936 inhabitants of the urban area of the Daniel Hernández district, with a sample of an intentional type of sampling. The objective of the research is to determine the way in which the understanding of the behavior of the complex reality that is tried to be modeled by the models of system dynamics is carried out. To achieve the stated objective, the research work was developed under basic research, addressing the subject of study under the approach of Systems Dynamics that allows us to understand the structure and its dynamic behavior with a holistic vision. The results of the research allow us to conclude that the systems dynamics models allow us to represent the behavior of complex reality, by analyzing the behavior of the relevant variables, in different scenarios considered for their analysis. The quality of the model is checked through the criteria to validate the logical consistency of the model until the study of the fit between the trajectories generated by the model and those recorded in reality.

Keywords: behavior, system dynamics, model, complex reality

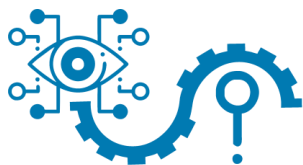
Introducción

Asumiendo que el mundo real es un sistema complejo, y tomar decisiones en estos entornos complejos es sumamente difícil. Estas decisiones lo hacemos a diario, por lo que, es necesario encontrar metodologías que ayuden a comprender y entender la realidad compleja.

Los sistemas complejos son tipos de organizaciones con elementos que siempre responde de forma distinta frente a estímulos similares. Algunos sistemas de este tipo son los negocios, empresas, problemas biológicos o sociales. Al proponernos estudiar tales sistemas nos encontramos con

dificultades en la comprensión de los mismos ocasionadas en las relaciones de tipo no lineal, en las demoras en el tiempo entre algunas causas y sus efectos, en las retroalimentaciones reforzadoras o balanceadoras, y frecuentemente en la aleatoriedad, lo que agrega a la complejidad citada, la ausencia de certeza.

En últimas décadas se han producido cambios fundamentales en el desarrollo de las disciplinas que estudian los procesos cognitivos. Los sistemas computacionales basados en el conocimiento. A esta familia pertenecen las nuevas tecnologías de inteligencia



artificial, sistemas expertos, redes neuronales, dinámica de sistemas, algoritmos evolutivos y otros *Poole* (1998). Metodologías dedicadas en la gestión de conocimientos mediante la representación, adquisición y recuperación de conocimientos. Y desarrollando modelos siguiendo lo que se sabe del pensamiento, cerebro y cognición.

En el presente trabajo de investigación, se realiza una primera aproximación teórica a la tipología de modelos de dinámica de sistemas para la creación y gestión del conocimiento, y determinar la manera que se lleva cabo la comprensión del comportamiento de la realidad compleja que se tratan de modelar mediante los modelos de la dinámica de sistemas.

Materiales Y Métodos

Marco conceptual

Dinámica sistemas: La dinámica de sistemas es un conjunto de técnicas para modelar y comprender los sistemas complejo como el cuerpo humano, la economía nacional o el clima del planeta tierra. La herramienta nos ayuda a llevar el control de las múltiples interconexiones, nos ayudan a ver un todo desde la complejidad. Ya que gran

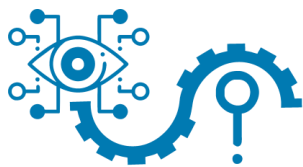
parte de la sabiduría convencional está basada en ver las cosas en partes y enfocarse en una parte pequeña por vez *Meadows* (1991).

Realidad: La realidad no es una colección de elementos aislados y separados, sino una multidimensional, indivisible y compleja red de interconexiones. Lo que se denomina un “objeto” o un “suceso” es simplemente un determinado patrón dentro de una red inseparable de relaciones ilimitadas. Objetos y sucesos son conceptos, creaciones del cerebro-mente, abstracciones producidas como resultado de una parcial interpretación del mundo real *Moriello y Fritz* (2006).

Realidad compleja: Una realidad compuesta por un gran número de elementos de distinta clase, relacionado de múltiples maneras, es ciertamente una realidad complicada. Pero la complejidad es algo más que la mera complicación, la complejidad como fenómeno real es el algo indisoluble de la autoorganización, de las emergencias estructurales de una realidad observada.

Desarrollo

El caso de aplicación con el fin de discutir el uso del modelo dinámico para comprender el comportamiento de la realidad compleja, ha sido en el Distrito



de Daniel Hernández, de la provincia de Tayacaja de la región Huancavelica.

Problemática: El problema de agua es un problema complejo, que en la actualidad es cada vez más escasa. Si no se acometen reformas en profundidad en la gestión y utilización del agua dulce, la escasez de este recurso imprescindible será un problema grave para la mayor parte de los futuros habitantes del planeta Tierra.

La problemática del agua en el mundo está interconectada climática y económicamente. El 97.5% es salada, 2.24% es dulce y solo 1% está disponible en ríos, lagos y acuíferos para el consumo humano. 113000 km³ de agua, se precipitan anualmente. En el mundo, 7100 km³ se evapora, 42000 km³ regresa a los océanos y se filtra a los acuíferos. Anualmente, el 70% entre 9000 y 14000 km³ mantienen los ecosistemas y sólo 4200 km³ (30%) está disponible para irrigación, industria (23%) y uso doméstico (8%). Se estima que en el 2025 el 80% de la población mundial estará en alta escasez Javier y Jorge (2013).

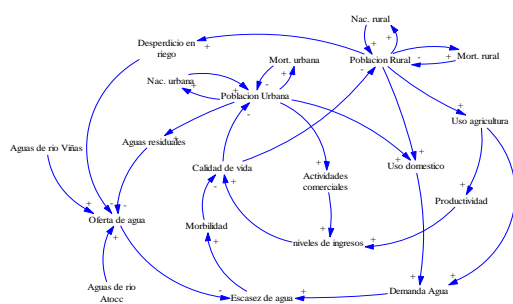
En el distrito la problemática de disponer y suministrar el agua potable a las localidades, es un reto para las autoridades de turno y por ello las normas de que disponen los organismos

operadores de agua son cada vez más estrictas, debido a la gran problemática que ocasiona la fuga del vital líquido por las tuberías en sistemas existentes, además de su alto costo de extracción y distribución, se toman medidas para tener un mejor control de los sistemas de agua disponibles.

Diagrama de bucle causal: La estructura de la problemática de agua está formado de partes componentes y las interacciones entre ellas: Componente ambiental, El subsistema ambiental recoge las problemáticas asociadas a la dinámica hidrológica, de contaminación del agua y de contaminación atmosférica, para cada caso se comienza indicando sus niveles. A continuación, listamos todos los elementos principales: Demanda de agua, Oferta de agua, Caudal medio de agua y el Índice de escasez. Componente económico: En el subsistema económico se recogen las dinámicas asociadas directamente con las actividades productivas que se desarrollan a nivel rural y urbano del distrito de Daniel Hernández: Actividad comercial, Actividad agrícola, Productividad, Demanda de agua e Ingresos. Y el componente social: En el subsistema social se recogen las dinámicas que determinan el número de habitantes y el

nivel de calidad de vida de los mismos en el distrito de Daniel Hernández: Población, Morbilidad, Instituciones públicas, Acceso al agua y Nivel de consumo.

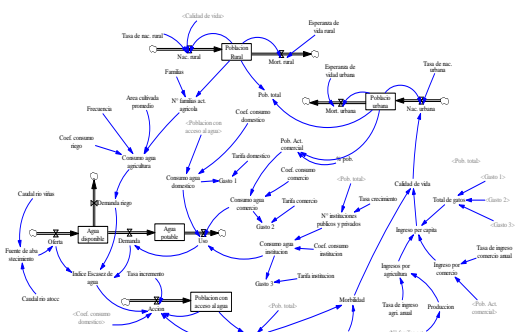
Figura 1 La estructura de la problemática de agua



Fuente: desarrollo propio

Modelo dinámico: El modelo de la dinámica de sistemas representa la problemática de agua del distrito de Daniel Hernández. Este modelo representa su estructura y el comportamiento del sistema, mediante los elementos de lenguaje sistémico.

Figura 2 Diagrama Forrester de la problemática de agua



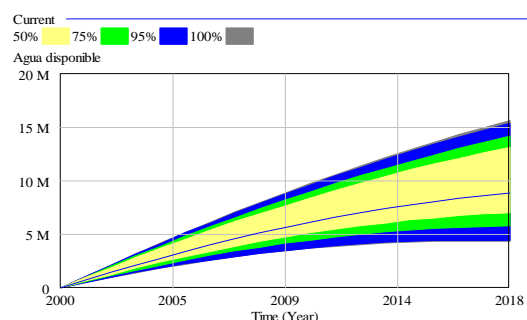
Fuente: desarrollo propio

Análisis de sensibilidad: Dada la incertidumbre que rodea a muchos

modelos contruidos, se hace indispensable llevar a cabo un análisis de sensibilidad. La finalidad de esta fase es examinar la consistencia del modelo ante cambios en los valores de los parámetros inciertos. Estos parámetros son aquellos sobre las que no es posible disponer de información o proyección confiable, debido a probables restricciones en la información o porque no se cuenta con métodos de cálculo más precisos.

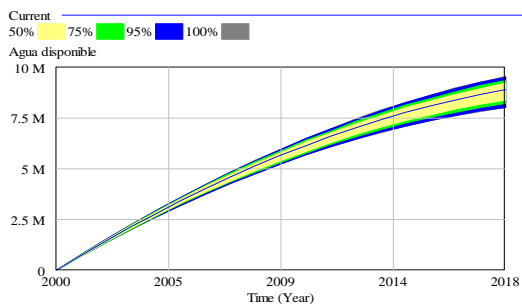
En la figura 3, el análisis de sensibilidad de la variable “agua disponible” en relación del parámetro de “Coeficiente de consumo doméstico”. Esta figura demuestra que el nivel de consumo doméstico tiene una influencia considerable sobre la disponibilidad de agua. Además, la consistencia del modelo ante cambios en los valores de los parámetros o variables inciertos, es muy sensible.

Figura 3 Sensibilidad de la variable agua disponible en relación de Coeficiente de consumo comercio



El análisis de sensibilidad de la variable “agua disponible” en relación del parámetro de “Coeficiente de consumo en comercio”. La figura 4, demuestra que el nivel de consumo en comercio tiene una influencia relativa sobre la disponibilidad de agua. Además, la consistencia del modelo ante cambios en los valores de los parámetros o variables inciertos, es mediana.

Figura 4 Sensibilidad de la variable agua disponible en relación de Coeficiente de consumo comercio



Fuente: resultado del análisis en vensim

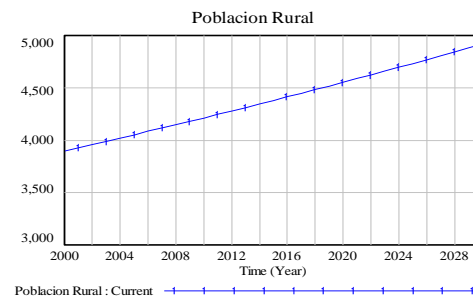
Resultados

El modelo construido nos permite hacer simulaciones de la evolución del comportamiento de las variables relevantes del sistema en estudio. El horizonte de temporal de periodo de la simulación del modelo fue 18 años, que corresponde al periodo de 2000 a 2018.

Y la estimación para 10 años, es decir 2018 al 2028.

La figura 5, nos muestra el comportamiento de la variable población rural en un periodo de 2000 al 2018, y su tendencia para el año 2028. Este comportamiento ascendente se debe a las tensiones que existe entre los elementos de Nacimiento y Muerte poblacional en la población rural del distrito.

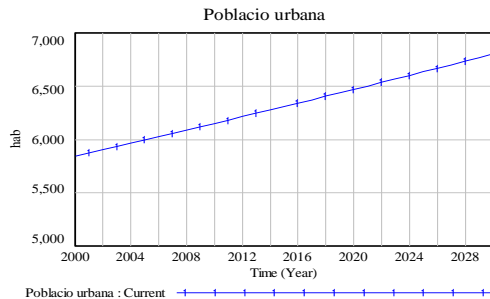
Figura 5 comportamiento de la población rural



Fuente: resultado de la simulación en vensim

La figura 6, nos muestra el comportamiento de la variable población urbana en un periodo de 2000 al 2018, y su tendencia para el año 2028. Este comportamiento ascendente se debe a las tensiones que genera las relaciones que existe entre los elementos de Nacimiento y Muerte poblacional en la población urbana del distrito.

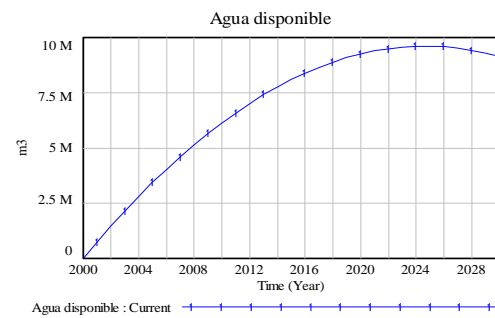
Figura 6 el comportamiento de la población urbana



Fuente: resultado de la simulación en vensim

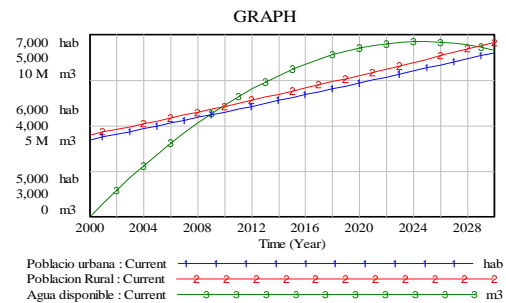
Sin embargo, la figura 7, nos muestra el comportamiento de la variable nivel de agua disponible en el distrito de Daniel Hernández, en un periodo de 2000 al 2018, y su tendencia para el año 2028. Este comportamiento se debe a las tensiones que genera las relaciones que existe entre los elementos como la demanda de agua y la oferta de la misma. La demanda influenciada con el crecimiento de la población rural y urbana, y por sus actividades cotidianas que vienen realizando. La oferta influenciada por la variación de fuentes de abastecimiento de agua y nivel de consumo. La figura 8, muestra la comparación de los comportamientos de las tres variables y sus tendencias en el periodo del 2000 al 2028.

Figura 7 el comportamiento del agua disponible



Fuente: resultado de la simulación en vensim

Figura 8 Resumen de comportamientos



Fuente: resultado de la simulación en vensim

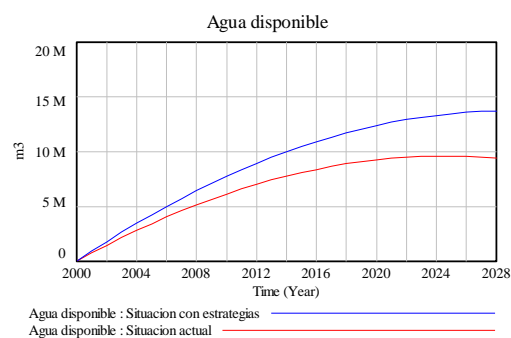
Discusión

En la simulación de las variables relevantes del modelo, a través de los escenarios que tomaron en cuenta los tres criterios de sostenibilidad: ambiental, económico y social con los cuales se prevén grandes mejoras en el manejo del manejo de agua.

En un escenario optimista, la implementación de las estrategias del tratamiento de aguas residuales, reutilización de aguas residuales,

Siembra y cosecha de agua de la lluvia, entre otros; relacionadas con los aspectos **ambientales**, tienen una influencia positiva en la disponibilidad del agua en la zona de estudio. donde: las tendencias del agua disponible muestran un comportamiento mayor a la situación actual, quiere decir, que la población demanda menor cantidad de agua, por lo que reutilizan aguas residuales. La tendencia de oferta de agua es mayor a la situación actual, quiere decir, con las medidas de cosecha y siembra de agua tiende a aumentar el caudal de los ríos. Respecto al índice de escasez de agua es mayor a la situación actual, debido a que existe menor uso de aguas superficiales e incremento de caudales de los ríos. La variable tiene un **coeficiente de correlación** $r = -0,798$ menor que 0, mostrando que existe una correlación **negativa** en grado moderado y fuerte **entre las variables**; porque el **P-valor** $= 0.000 < \alpha = 0.05$, es decir a medida que aumenta el valor de una variable, el valor de la otra disminuye. Se afirma que Las estrategias de tipo ambiental propuestas con el modelo dinámico influyen en grado positivo fuerte en el índice de escasez del agua en el Distrito de Daniel Hernández.

Figura 9 análisis de las tendencias del agua disponible en relación a las estrategias de aspectos ambientales

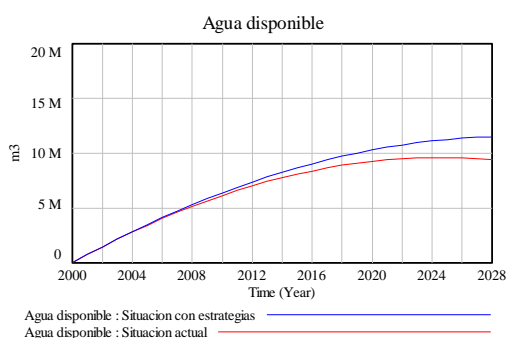


Fuente: resultado de la simulación en vensim

De la misma forma, las estrategias relacionadas con los aspectos sociales como: sensibilización del uso adecuado de agua doméstico y el uso adecuado de agua en la agricultura, tienen influencia en la disponibilidad del agua, donde la disponibilidad del agua tiende a aumentar positivamente, debido al incremento de la disponibilidad del agua como al uso adecuado de aguas domésticas y agrícolas. Disminuyendo la morbilidad poblacional y generando mayor nivel de calidad de vida de los pobladores de la zona de estudio, obteniéndose un **coeficiente de correlación** $r = 0,975$ mayor que 0, indica que existe una correlación positiva en grado fuerte y perfecta entre las dos variables; porque el **P-valor** $= 0.000 < \alpha = 0.05$. Afirmando, cuando una de ellas aumenta, la otra

también lo hace en proporción constante. Demostrando que las estrategias de tipo social propuestas con el modelo dinámico influyen en grado positivo fuerte en la Calidad de vida del poblador en el Distrito de Daniel Hernández de la Región Huancavelica.

Figura 10 Análisis de las tendencias del agua disponible en relación a las estrategias de aspectos sociales

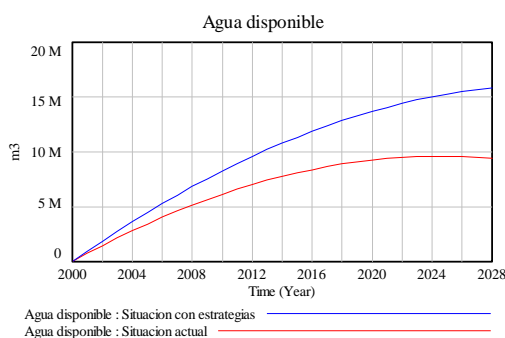


Fuente: resultado de la simulación en
vensim

Las estrategias relacionadas con los aspectos económicos como: la reutilización de aguas residuales y la tecnificación de actividades de la agricultura, tienen una influencia positiva en la disponibilidad del agua, donde el gasto de consumo de agua tiende a disminuir, debido a la reutilización de agua residuales, utilizando menor cantidad de agua tratada. El ingreso de la población tiende a aumentar debido al incremento de la

productividad de la producción de la agricultura y esto debido a la tecnificación de las actividades agrícolas. Finalmente generando el incremento de los beneficios económicos en la población, con un **coeficiente de correlación $r = 0,970$** mayor que 0, indica que existe una correlación positiva en grado fuerte y perfecta entre las dos variables; porque el **P-valor=0.000 < $\alpha=0.05$** . Afirmando, cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante. Demostrando que: Las estrategias de tipo económica propuestas con el modelo dinámico influyen en grado positivo fuerte en los beneficios económicos de la población en el distrito de Daniel Hernández de la Región Huancavelica. Incrementando los beneficios económicos de la población en la zona de estudio, previendo que para el año 2030 se tendría una diferencia de 564336,50 soles para la población en comparación del escenario actual.

Figura 11 análisis de las tendencias del agua disponible en relación a las estrategias de aspectos económicos



Fuente: resultado de la simulación en
vensim

Finalmente concluimos, la información cuantitativa analizados en el presente trabajo de investigación lleva a concluir, que las **estrategias** de tipo ambiental, social y económica son las estrategias que influyen de manera positiva en el manejo sostenible del agua en el Distrito de Daniel Hernández, validando las hipótesis planteadas en el presente trabajo investigación a un nivel de significancia del 0,05.

Conclusión

La dinámica de sistemas es una metodología de gran utilidad para el análisis de problemas complejos, su aplicabilidad en el análisis de gran diversidad de sistemas del mundo real. Destacando sus principales fundamentos de esta metodología, como los bucles de realimentación entre variables y finalmente la existencia de relaciones no lineales entre variables.

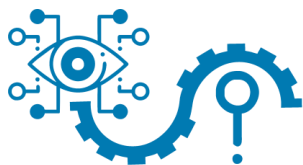
La problemática de agua en el distrito de Daniel Hernández son sistemas complejos, es decir, que están compuestos de múltiples variables interconectadas mediante una estructura subyacente, y que exhiben retroalimentación y conductas emergentes. En consecuencia, para resolver la problemática que su naturaleza dinámica les impone, deben usarse técnicas de modelación que representen de modo adecuado al sistema y su cambio en el tiempo.

Finalmente, en el presente trabajo de investigación aporta el mejor abordaje de la realidad compleja a través del desarrollo de modelos de la dinámica de sistemas, que permita analizar realidades muy complejas y dinámicas.

Recomendación

El presente trabajo de investigación es un punto de partida para futuras investigaciones basados de modelos de la dinámica de sistemas, abordando las problemáticas en los sistemas sociales, vistos desde la óptica de la dinámica de sistemas.

Utilizar los modelos de la dinámica de sistemas para comprender y representar el comportamiento de una realidad compleja, que se quiere modelar. Para



establecer políticas de acción sostenibles ante los comportamientos problemáticos.

Que las universidades del país introduzcan en los trabajos de investigación el enfoque del pensamiento sistémico, como una metodología más activa y prometedora antes los sistemas sociales aparentemente dominadas por una complejidad, permitiéndole al estudiante ampliar su marco metodológico.

Referencias

Alejandra R. Corina R. (2013). “la importancia del manejo sustentable de agua”. Facultad de Ciencias Humanas, UNICEN.

Begoña G. y Busto M. (1998). La Dinámica de Sistemas como Metodología para la Elaboración de Modelos de Simulación. España

Cortés M. y Iglesias M. (2004) “Generalidades sobre Metodología de la Investigación”. Universidad Autónoma del Carmen Ciudad del Carmen, Campeche, México. Primera edición. ISBN: 968 – 6624 – 87– 2

Espinoza C. (2012) ¿Cómo observar la realidad compleja? Revista Horizonte de la Ciencia 2 (2), junio 2012. FE-UNCP/ISSN 2304 – 4330.

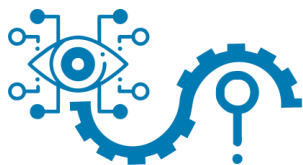
García C., Carreón J., Hernández J., Montero M. y Marcos J. (2003). Actitudes, consumo de agua y sistema de tarifas del servicio de abastecimiento de agua potable. Revista Latinoamericana Polis. URL: <http://journals.openedition.org/polis/893> 3.

Godoy L. y Bartó C. (2002) “Validación y valoración de modelos en la Dinámica de Sistemas”. Universidad Nacional de Córdoba. Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería - Año 3 N°5 - noviembre de 2002.

Luhmann, Niklas (1997). Organización y Decisión. Autopoiesis, acción y entendimiento comunicativo. Universidad Iberoamericana. ISBN: 84-7658-517-9. Editorial Anthropos, España

Mabel Z. (2011). “Análisis de estrategias de desarrollo sostenible a nivel de una cuenca hidrográfica: aplicación de la dinámica de sistemas al caso de la cuenca del río yumbo”. Universidad de Valle.

Martin J. (2011). “Dinámica de sistemas avanzado”. Impreso en Barcelona (España). Primera edición. ISBN 978-84-612-2792-1



Martínez M. (2011) El Paradigma Sistémico, la Complejidad y la Transdisciplinariedad Como Bases Epistémicas De La Investigación Cualitativa. Universidad Rafael Chacín. Revista Redalyc Sistema de Información Científica Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.

Moriello S. y Fritz W. (De 11 junio 2006.) “La realidad es una compleja red de interconexiones”. Tendencias. Recuperado el 18 de agosto de 2018. [https://tendencias21.levante-](https://tendencias21.levante-emv.com/la-realidad-es-una-compleja-red-de-interconexiones_a1030.html)

[emv.com/la-realidad-es-una-compleja-red-de-interconexiones_a1030.html](https://tendencias21.levante-emv.com/la-realidad-es-una-compleja-red-de-interconexiones_a1030.html)

Noboa A (2018) Pensamiento Sistémico, Complejidad Y Ciencias Sociales: Las Bases Epistemológicas De Las Metodologías Participativas. Revista Practicas y discursos. Universidad Nacional del Nordeste. Centro de Estudios Sociales Año 7, Número 9, 2018 (Marzo) | ISSN 2250-6942

Paternina E. y Perdomo D. (2002) ¿Es la realidad simple o compleja?. Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia Vol. 3 • Nos. 6 y 7 • 2002 • Págs. 149-178.

Sampieri R., Collado C., Baptista M. (2014) Metodología de investigación. McGRAW - Educación 9(5), 118 -169.

Sexta edición. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

CORRESPONDENCIA:

Sinche Crispín, Fernando Viterbo
fernasinchec@hotmail.com