

MODELO DE GEMELOS DIGITALES PARA EL ESTUDIO DEL FENÓMENO DEL DESPOBLAMIENTO EN CANTABRIA

Trabajo de Fin de Máster

Jesús Octavio Raboso

Tutor: Pablo Martínez Ruiz del Árbol

UC - UIMP

Máster Interuniversitario en Ciencia de Datos

23 de septiembre de 2022

- ➊ Introducción
- ➋ Marco teórico para la dinámica migratoria
- ➌ Descripción del modelo y aplicación
- ➍ Conclusiones y trabajo futuro
- ➎ Bibliografía seleccionada

- ➊ Introducción
- ➋ Marco teórico para la dinámica migratoria
- ➌ Descripción del modelo y aplicación
- ➍ Conclusiones y trabajo futuro
- ➎ Bibliografía seleccionada

Definición: Despoblamiento

Pérdida masiva de habitantes de un espacio geográfico debida a causas vegetativas y migratorias.

Municipios con Riesgo de Despoblamiento
Orden PRE/134/2020, del 16 de noviembre de 2020

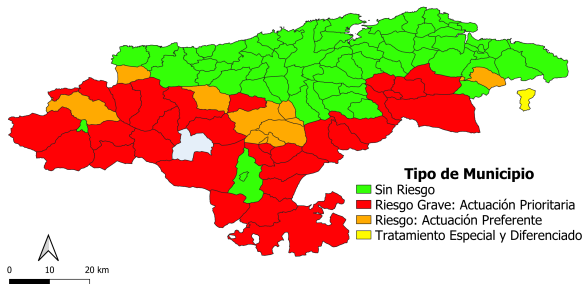


Figura: *Municipios cántabros según su riesgo de despoblamiento.*

Definición: Gemelo Digital ó Digital Twin

Representación virtual de una realidad física, junto con su entorno y procesos asociados, que se actualiza a través del intercambio de información entre la realidad física y la representación virtual.

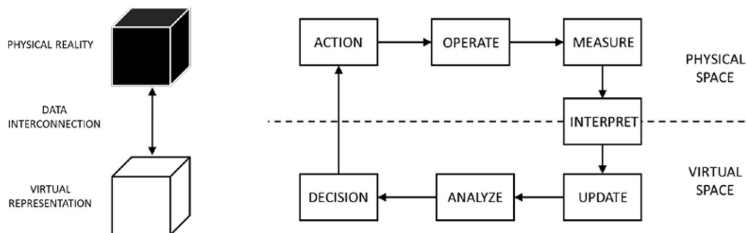


Figura: Componentes de un Gemelo Digital.

- Software.
- Simulación de las dinámicas vegetativas y migratorias municipales.
- Individuo como unidad de decisión y motor de cambio.
- Agentes como representación idealizada y virtual del individuo.
- Agentes heterogéneos, autónomos y capaces de interactuar.
- Ofrecer pronósticos.

- 1 Introducción
- 2 Marco teórico para la dinámica migratoria
- 3 Descripción del modelo y aplicación
- 4 Conclusiones y trabajo futuro
- 5 Bibliografía seleccionada

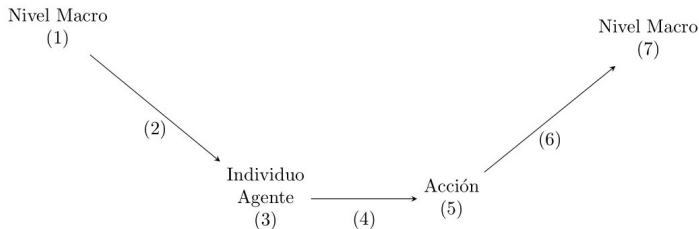


Figura: *Modelo de Coleman y el problema micro-macro.*

- (1) Sociedad en la que el individuo está emplazado.
- (2) Influencia de la sociedad en el individuo.
- (3) El individuo, sus percepciones y su capacidad de decisión.
- (4) Mecanismo de decisión de los individuos.
- (5) Acción escogida.
- (6) Influencia del individuo en la sociedad.
- (7) Actualización de la sociedad como resultado de las acciones individuales.

Definición: Actitud

- Razones explícitas que llevan a que el individuo decida migrar.
- *Si resido cerca de una estación de tren, tendré más movilidad.*

Definición: Norma Subjetiva

- Apoyo de la red social del individuo.
- *Mis amigos siguen en el barrio y quiero estar a su lado.*

Definición: Control del Comportamiento Percibido

- Autoeficacia y confianza.
- *Estoy seguro de que encontraré trabajo si me mudo.*

Definición: Intención

- Ponderación de los elementos anteriores.
- *Cuán atractivo es cada emplazamiento para cada agente.*

- ✓ Laboratorio computacional para contruir sociedades virtuales.
- ✓ Cuantificar la influencia de factores concretos en la dinámica del sistema y evaluar la efectividad de la implantación de medidas.
- ✓ Monitorización.
- ✓ No determinismo.
- ✗ Disponibilidad de datos.
- ✗ No existe un estándar.

Game of Life de Conway:

- Si el agente está muerto y posee exactamente 3 vecinos vivos, entonces nace.
- Si el agente está vivo y posee 2 ó 3 vecinos vivos, entonces sigue vivo. En otro caso, muere.

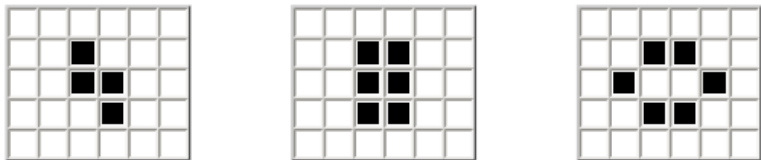


Figura: *Ejemplo de secuencia en Game of Life.*

- 1 Introducción
- 2 Marco teórico para la dinámica migratoria
- 3 Descripción del modelo y aplicación
- 4 Conclusiones y trabajo futuro
- 5 Bibliografía seleccionada

Descripción del modelo y aplicación

Dominio espacio-temporal

- **Temporal.** Periodo de train: 2010 – 2021.
1 iteración \equiv 1 año real.
- **Espacial.** Delimitación comarcal.

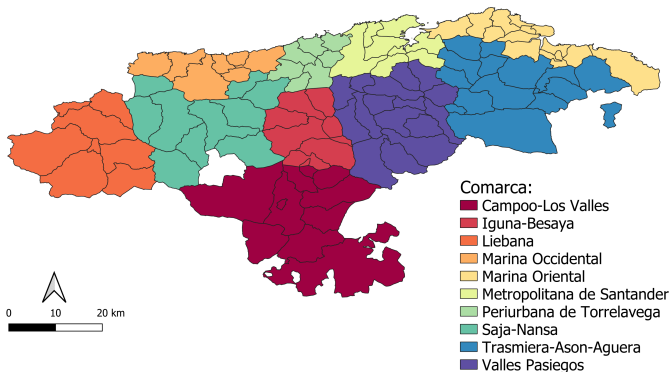


Figura: *Propuesta de delimitación comarcal de Cantabria.*

Descripción del modelo y aplicación

Arquitectura

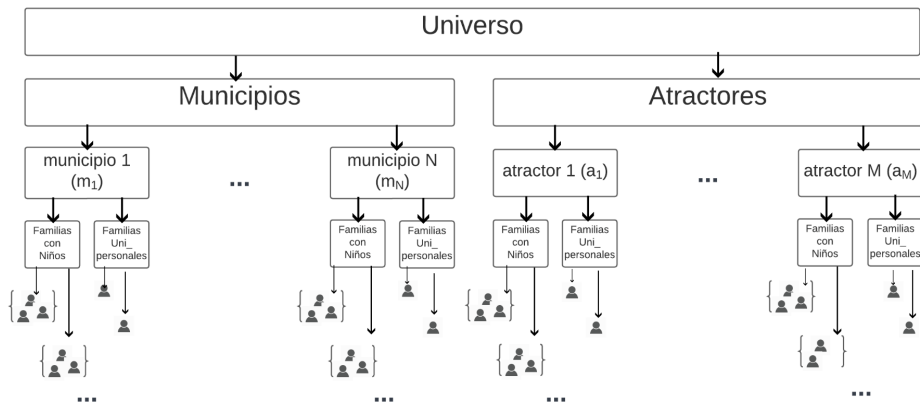


Figura: Arquitectura del modelo.

Descripción del modelo y aplicación

Dinámica vegetativa

- **Natalidad:** ¿cuántos nuevos agentes deben *nacer* en cada municipio en cada iteración?
- **Mortalidad:** ¿cuántos agentes deben *morir* en cada municipio en cada iteración?

Submodelos de redes neuronales, regresión lineal y vecinos cercanos dependientes del número de habitantes por quinquenio y sexo:

| MODELO | MAE | MSE | R2 |
|------------|----------|--------------|----------|
| ANN | 5,303922 | 76,519608 | 0,997218 |
| Reg Lineal | 1,587646 | 32,511720 | 0,997740 |
| KNN | 2,700133 | 2.653,392452 | 0,815577 |

Cuadro: Resultados: modelo de natalidad.

| MODELO | MAE | MSE | R2 |
|------------|----------|-------------|----------|
| ANN | 6.411765 | 108.509804 | 0.997097 |
| Reg Lineal | 3.177355 | 137.138434 | 0.994417 |
| KNN | 6.413092 | 7423.108654 | 0.697825 |

Cuadro: Resultados: modelo de mortalidad.

Descripción del modelo y aplicación

Dinámica migratoria

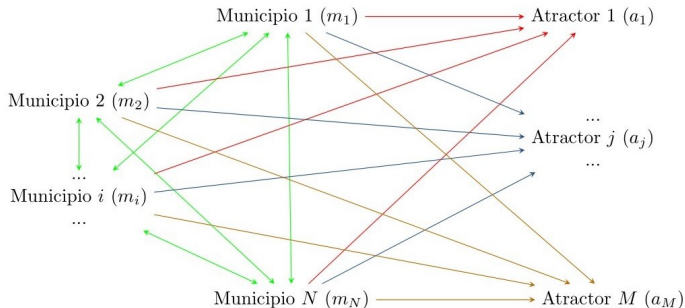


Figura: Posibles movimientos migratorios en el modelo.

Descripción del modelo y aplicación

Dinámica migratoria

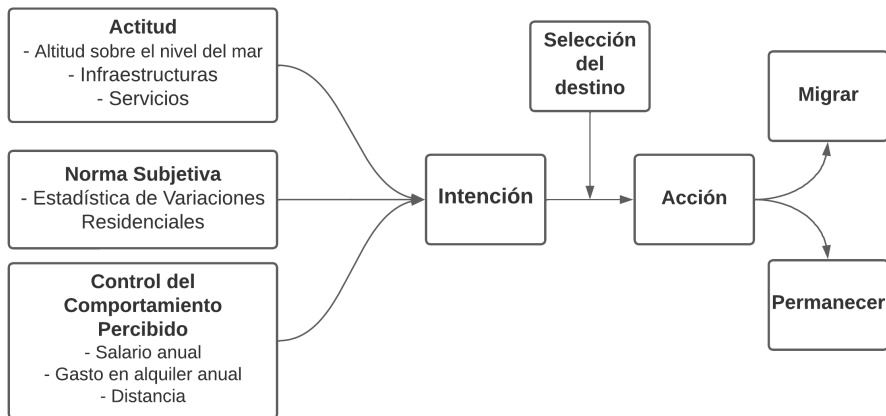


Figura: Proceso de toma de decisiones de los agentes en la dinámica migratoria.

Descripción del modelo y aplicación

Resultados: curva de población

Comparación de POBLACIÓN en Reinos

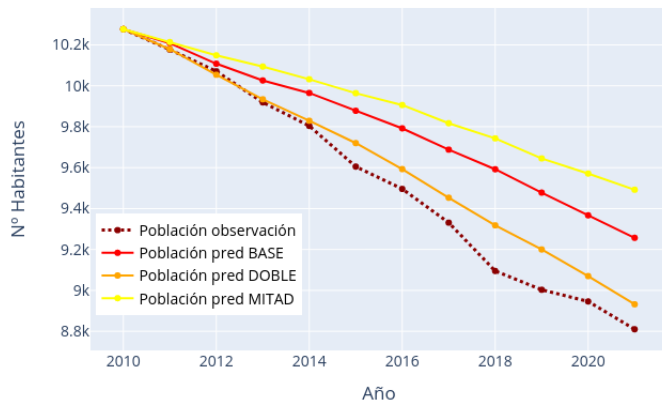


Figura: Comparación de la curva de población en Reinos. 2010 – 2021.

Descripción del modelo y aplicación

Resultados: evolución vegetativa

Comparación de EVOLUCIÓN VEGETATIVA en Reinosa

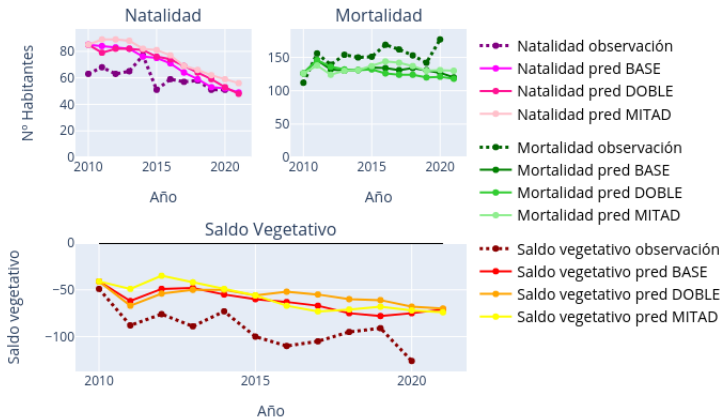


Figura: Comparación de la evolución vegetativa en Reinosa. 2010 – 2021.

Descripción del modelo y aplicación

Resultados: evolución migratoria

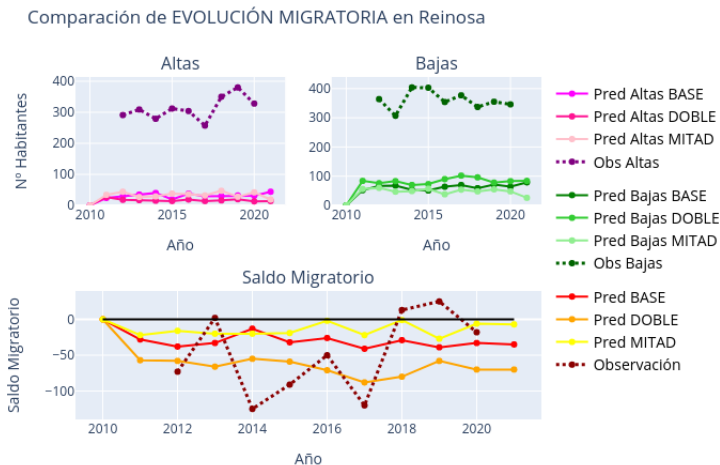


Figura: Comparación de la evolución migratoria en Reinosá. 2010 – 2021.

Descripción del modelo y aplicación

Resultados: grafo para flujos migratorios

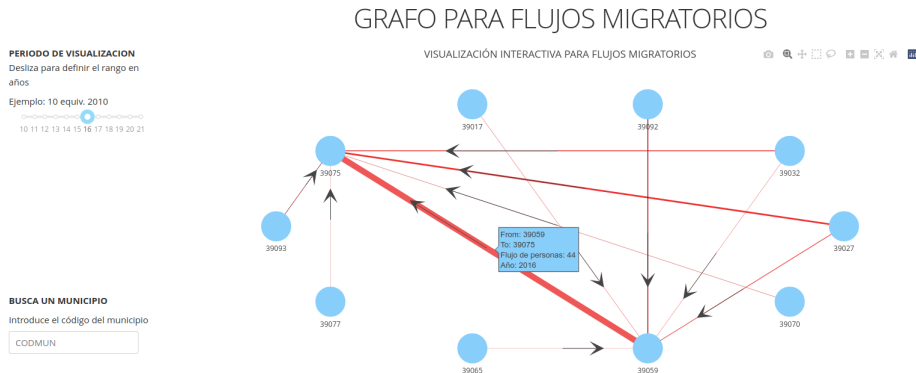


Figura: Grafo interactivo para visualizar flujos migratorios.

Descripción del modelo y aplicación

Resultados: pirámide de población

Comparación de PIRÁMIDE POBLACIONAL de Reinosa en 2021

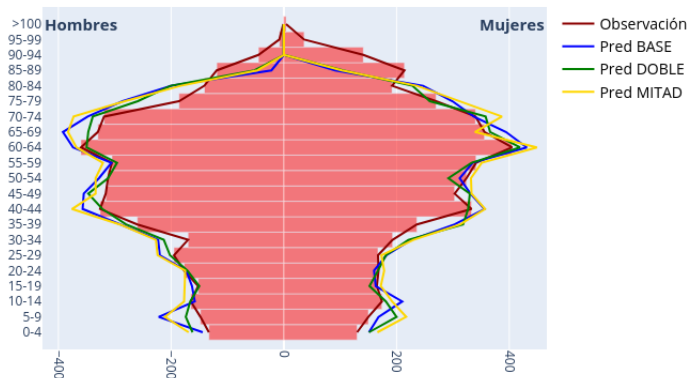


Figura: Comparación de la pirámide poblacional en Reinosa. 2021.

- ① Introducción
- ② Marco teórico para la dinámica migratoria
- ③ Descripción del modelo y aplicación
- ④ Conclusiones y trabajo futuro
- ⑤ Bibliografía seleccionada

- Calibración.
- Análisis de sensibilidad: parámetros libres y variables en la toma de decisiones.
- El doble despoblamiento de Cantabria: municipios rurales y *efecto donut* en los grandes núcleos tradicionales.
- Puesta en valor de Cantabria y lucha efectiva contra el despoblamiento.

- 1 Introducción
- 2 Marco teórico para la dinámica migratoria
- 3 Descripción del modelo y aplicación
- 4 Conclusiones y trabajo futuro
- 5 Bibliografía seleccionada



Icek Ajzen. "The theory of planned behavior". En: *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 50.2 (1991). Theories of Cognitive Self-Regulation, págs. 179-211. ISSN: 0749-5978. DOI: [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/074959789190020T> (vid. pág. 9).



James S Coleman. "Social theory, social research, and a theory of action". En: *American journal of Sociology* 91.6 (1986), págs. 1309-1335 (vid. pág. 8).



Martin Gardner. "The Fantastic Combinations of Jhon Conway's New Solitaire Game'Life". En: *Sc. Am.* 223 (1970), págs. 20-123 (vid. pág. 11).



Dominic R Kniveton, Christopher D Smith y Richard Black. "Emerging migration flows in a changing climate in dryland Africa". En: *Nature Climate Change* 2.6 (2012), págs. 444-447.



Hung Nguyen. "Studying socio-economic problems in the Mekong Delta, Vietnam: an agent-based modelling approach". Tesis doct. Mayo de 2020.



Eric VanDerHorn y Sankaran Mahadevan. "Digital Twin: Generalization, characterization and implementation". En: *Decision Support Systems* 145 (2021), pág. 113524 (vid. pág. 5).