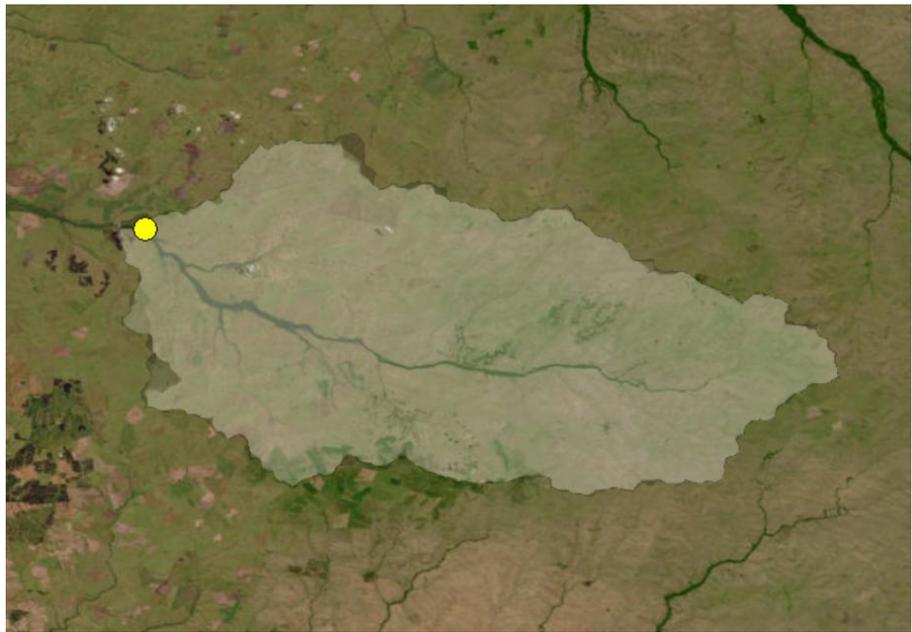


Evaluación probabilística de cuencas mediante Simulación de Montecarlo

Para una zona cercana al *Río Daymán* (frontera entre los departamentos de *Salto* y *Paysandú*), se dispone de un archivo shapefile con **14.700** puntos distribuidos en una grilla regular. Además, se cuenta con un punto de referencia planimétrica que representa el “*cierre de cuenca*”, ubicado en las coordenadas: **Latitud = -57.373°; Longitud = -31.665°**.



En el marco de un proyecto sobre *Protección del Ambiente y la Biodiversidad*, se está estudiando la cuenca que integra los ecosistemas interconectados de la región. El objetivo es facilitar la conservación hídrica, promover la generación de bosques ribereños y nuevas especies acuáticas, así como prevenir procesos de erosión, sedimentación y contaminación.

Sin embargo, las alturas del archivo shapefile fueron obtenidas en los primeros años de la década del 2000, y presentan una **incertidumbre altimétrica significativa**. Por este motivo, se propone utilizar una técnica de **Simulación de Montecarlo** para modelar múltiples escenarios posibles de escurrimiento, erosión y carga contaminante, con el fin de identificar probabilísticamente los impactos sobre los ecosistemas acuáticos y terrestres.

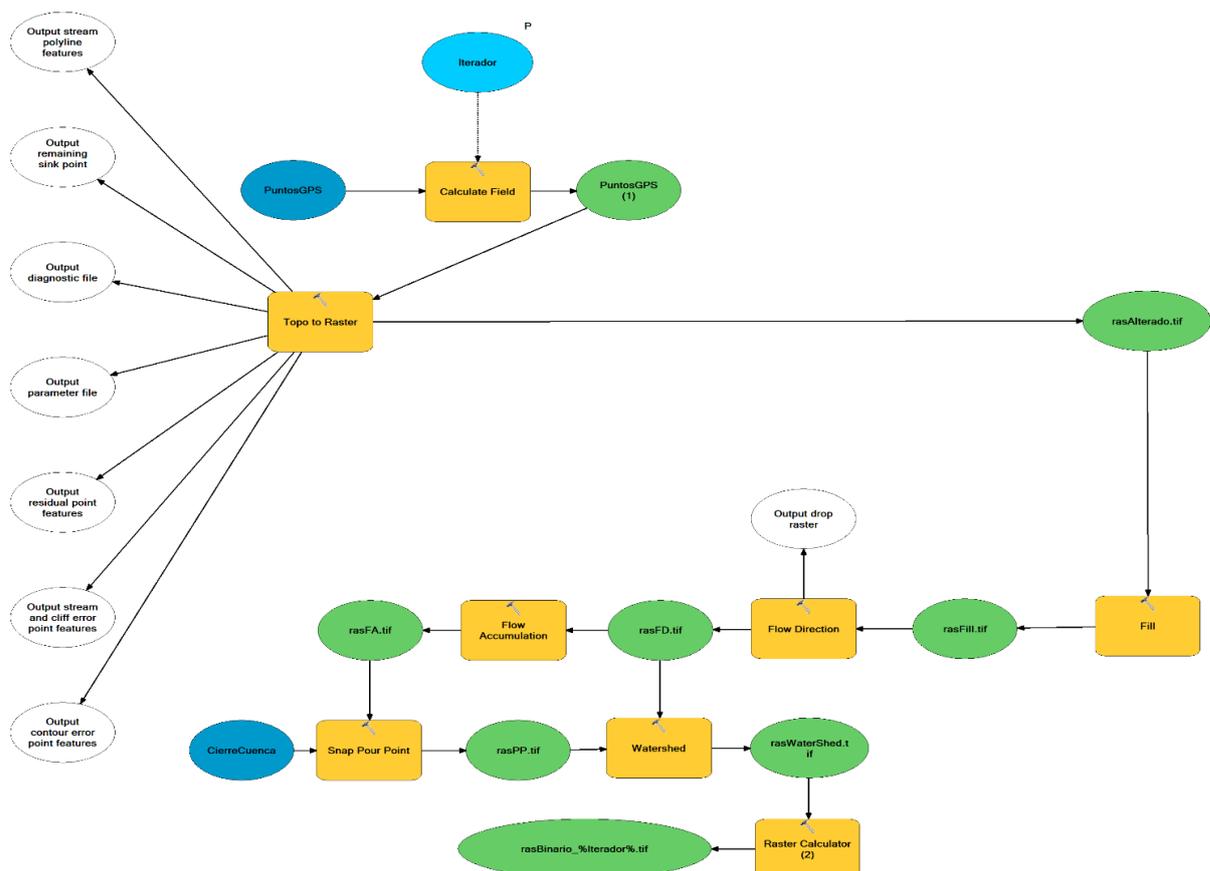
El objetivo general del trabajo es obtener una **representación probabilística del comportamiento hidrológico de la cuenca**, es decir, generar una “*cuenca con probabilidad*” que exprese no una única respuesta determinista, sino un conjunto de posibles respuestas ante diferentes realizaciones de la altimetría. Esta representación permitirá, en el futuro, generar mapas y métricas que integren la incertidumbre en los análisis territoriales y ambientales.

Metodología propuesta (síntesis de pasos)

Para cada simulación (o *instancia de la cuenca*), se propone:

1. **Alterar las alturas** de los puntos mediante una “*distribución normal*”, donde la media corresponde a altura original, y la desviación estándar es de 1.5 metros). *Nota: se le va a entregar la rutina de Python para generar esto.*
2. **Interpolar las alturas** para generar un *Modelo Digital de Terreno (MDT)* mediante el algoritmo ANUDEM; utilizar un ráster con tamaño de *pixel 50m* y con *EPSG: 5382*.
3. **Rellenar depresiones** del MDT generado.
4. Calcular **direcciones de flujo** y **acumulaciones de flujo**.
5. **Ajustar el punto de vertido** (pour point) a la celda de mayor acumulación en las proximidades del punto de cierre original.
6. **Delimitar la cuenca** en base al flujo acumulado.
7. **Guardar el resultado** como un ráster binario o como vector (según herramientas utilizadas).

Obviamente esto se deberá hacer generando dos modelos: **uno de cálculo de cuencas, y un iterador**.



Repetición y análisis final

- Repetir el proceso **100 veces** para generar 100 versiones distintas de la cuenca.

Nota MUY IMPORTANTE: Todos los rasters tienen que estar “snapeados” para que evitar errores de cálculo estadístico.

- Aplicar un **análisis estadístico espacial (cell statistics)**, en este caso un cálculo de media entre los 100 rasters obtenidos.
- Generar un **raster probabilístico de pertenencia a cuenca**, donde cada celda tendrá un valor entre 0 y 1, indicando en cuántas simulaciones fue incluida.

Entregar

Subir a EVA el **ráster probabilístico** y el **mapa en PDF** (tal cual el **mapa de referencia** que se adjunta a la propuesta). Entregar en clase el **PDF impreso**.

Extra

Rutina de **Python 9.3** para cálculo de valor con **Distribucion Normal**.

```
import random
import math
def normal_aleatoria(mu = 0, sigma = 1):
    # Genera dos números aleatorios uniformes en (0,1)
    u1 = random.random()
    u2 = random.random()
    # Transformación de Box-Muller
    z0 = math.sqrt(-2 * math.log(u1)) * math.cos(2 * math.pi * u2)
    # Escalar para obtener media y desviación estándar deseadas
    return mu + sigma * z0
```