



Análisis de Datos de Trasplantes en México (2020–2025)

Un Enfoque Descriptivo, Geográfico y Predictivo

“La vida sigue a través de otras personas”

Alumna: Rosa Isela Amador Rafael
Profesor: Dr. Juan Alberto Martínez Cadena
Universidad Autónoma Metropolitana
Agosto 2025

1. Índice

1. Introducción
2. Objetivo
3. Metodología
4. Visualizaciones
5. Resultados
6. Conclusiones

2. Introducción

Es importante que todos, sin excepción, expresemos nuestro deseo de ser o no donadores y si decidimos serlo se recomienda compartirlo con la familia, porque son justo los familiares quienes en el momento del fallecimiento van a apoyar la decisión de la persona.

El proceso de donación se lleva solamente a cabo en unidades médicas de alta especialidad, que cuenten con médicos especialistas y que deben estar registrados en el Centro Nacional de Transplantes (CENATRA).

Hay dos tipos de donación: en vida y la cadavérica.

Los órganos que se pueden donar en vida son: un riñón, un pulmón, si es un órgano único podría ser un segmento de éste, por ejemplo del hígado. Además, se pueden donar células y otro tipo de tejidos como la piel, hueso o cartílago.

Los órganos que pueden ser donados cuando se declara muerte encefática de una persona son: riñones, intestino, páncreas, pulmones, corazón, tejidos, córneas, piel, hueso, válvulas cardíacas y laringe, entre otros.

Objetivo

Aplicar herramientas de Python para realizar un análisis sobre la base de datos de transplantes realizados en México entre 2020-2025.

1. **Distribución:** ¿Qué estados/instituciones tienen mayor acceso?
2. **Éxito:** ¿Edad, órgano o grupo sanguíneo predicen supervivencia a 24h?
3. **Temporal:** ¿Cómo afectó la pandemia a la disponibilidad?

3. Metodología

3.1. Descripción del conjunto de datos.

El conjunto de datos contiene información detallada sobre trasplantes de órganos y tejidos realizados en México entre 2020 y 2025, con un total de 27,361 registros y 22 variables. A continuación, una descripción por columna:

Nombre de la variable	Descripción
sexo	Género del receptor del trasplante (<i>masculino, femenino</i>)
codigo_sexo	Código numérico asociado al sexo (1: masculino, 2: femenino)
institucion	Institución que realizó el trasplante (IMSS, ISSSTE, PRIVADO, etc.)
entidad_federativa_trasplante	Estado donde se realizó el trasplante
codigo_entidad_federativa_trasplante	Clave numérica del estado del trasplante
establecimiento	Nombre del hospital o unidad médica donde se realizó el trasplante
institucion_organos	Institución que proporcionó el órgano
entidad_federativa_organos	Estado donde se obtuvo el órgano
codigo_entidad_federativa_organos	Clave numérica del estado del órgano
entidad_federativa_origen	Estado de origen del paciente receptor
codigo_entidad_federativa_origen	Clave del estado de origen del receptor
entidad_federativa_residencia	Estado de residencia habitual del receptor
codigo_entidad_federativa_residencia	Código del estado de residencia
grupo_sanguineo_receptor	Grupo sanguíneo del receptor (A, B, AB, O, no aplica)
rh	Factor RH del receptor (<i>positivo, negativo, no aplica</i>)
edad_al_trasplante_anios	Edad del receptor al momento del trasplante (en años)
fecha_trasplante	Fecha en que se realizó el trasplante
fecha_registro_comite	Fecha de registro ante el comité de trasplantes
organos	Órgano o tejido trasplantado (riñón, córnea, hígado, etc.)
tipo_trasplante	Tipo de trasplante (cadáver, vivo, córnea importada)
relacion	Relación entre el donador y el receptor (familiar, no aplica, etc.)
resultado_24hrs	Resultado a las 24 horas del trasplante (exitoso, no disponible)

Cuadro 1: Diccionario de variables del conjunto de datos de trasplantes (2020–2025)

Para este análisis vamos a considerar las siguientes variables clave: sexo, edad, órgano, tipo de trasplante, institución, entidad, grupo sanguíneo, fechas, resultado a 24 horas.

3.2. Carga y limpieza de datos

Revisando los datos se puede observar que no hay datos nulos, entonces se procede con la conversión de fechas a formato datetime donde vamos a extraer la información de los trasplantes por año y mes. Además seleccionamos los órganos deseados que en este caso son los órganos que tienen mayor número de trasplantes.

Para tener una mejor idea de como es que influye la edad en los trasplantes vamos a agrupar la variable `edad_al_transplante_anios` en rangos de edad definidos, asignando a cada paciente un grupo y luego contar cuántos pacientes hay en cada grupo.

Grupo de edad	Cantidad de trasplantes
Adulto joven	10,400
Adulto	9,527
Adulto mayor	5,706
Infantil	1,728

Cuadro 2: Distribución de trasplantes por grupo (2020–2025)

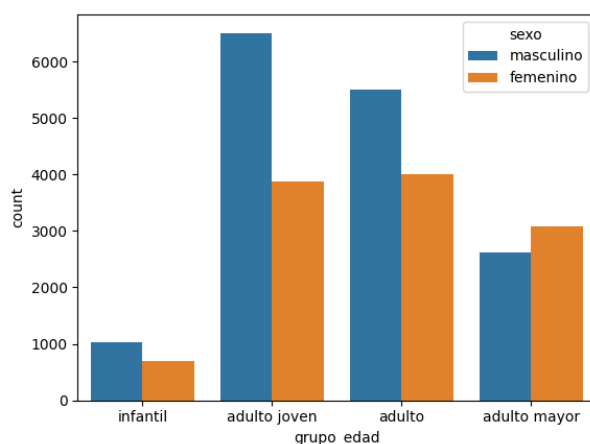


Figura 1: Distribución de trasplantes por grupo de edad y sexo

En la gráfica de barras, se puede tener que la interpretación por grupo es de la siguiente manera:

- Infantil: Más trasplantes en niños que en niñas
- Adulto Joven: Este es grupo con más trasplantes en total y se observa que una notoria diferencia hay más hombres que mujeres
- Adulto: En este grupo se tiene una cantidad casi igual entre hombres y mujeres, aunque ligeramente más hombres.
- Adulto mayor: En este grupo hay más mujeres trasplantadas que hombres.

En este análisis nos vamos a centrarnos en los siguientes órganos: **Córnea(%53)**, **hígado(%32)**, **riñón(%5)** dado que son los que tienen un mayor número de trasplantes.

En la gráfica se puede observar que en año 2020 se tiene una cantidad pequeña de trasplantes a diferencia de los años 2021, 2022, 2023 en este último año se puede observar que se tiene un pico que es un efecto causado al final de la pandemia.

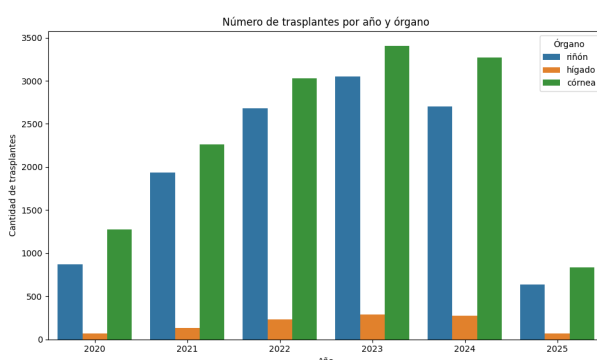


Figura 2: Principales organos

Se muestran los trasplantes realizados por institución, tipo de órgano, grupo sanguíneo.

- Privado: Lidera ampliamente en trasplantes de córnea.
- IMSS: Muy activo en trasplantes de corazón, riñón y también córnea.
- SSA Y SSE: Participan principalmente en trasplantes de córnea y corazón.

- ISSSTE: Tiene actividad en los cuatro órganos, aunque en menor proporción.
- IMSS-BIENESTAR, SEDENA, PEMEX, SEMAR: Prácticamente sin actividad relevante o con casos muy bajos.

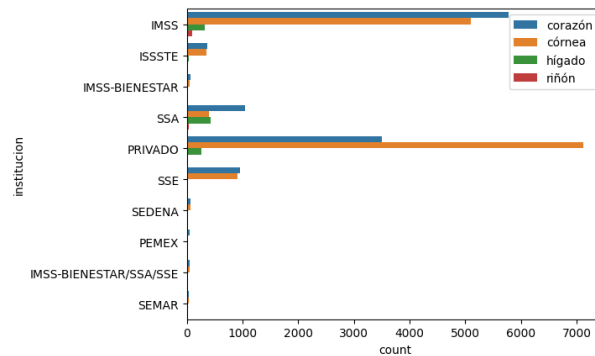
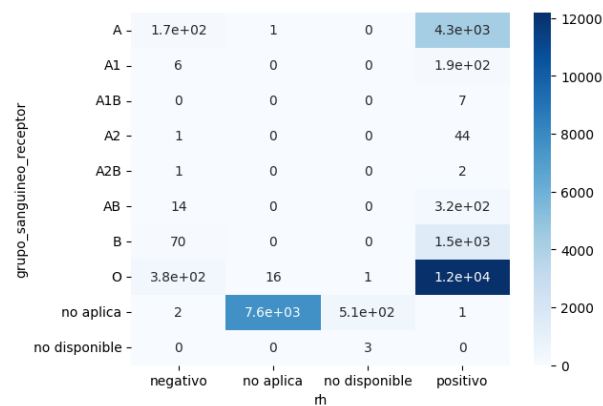


Figura 3:

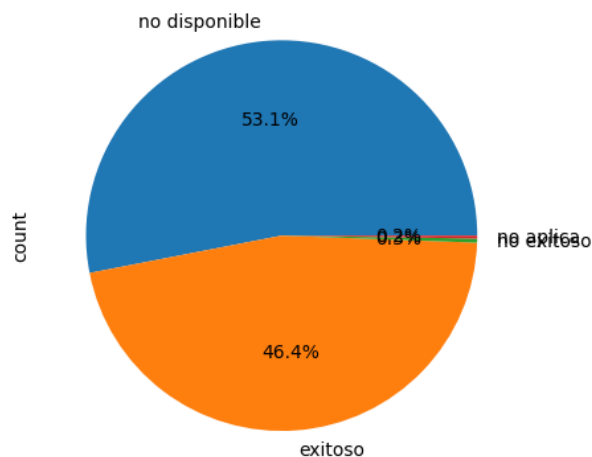
grupo sanguíneo

Mapa de calor de la relación entre el grupo sanguíneo del receptor y su factor RH dominancia del grupo O positivo: La celda con el valor más alto es grupo O, RH positivo con 12,000 trasplantes seguida de A positivo (4300), B positivo.



Resultados a 24 horas

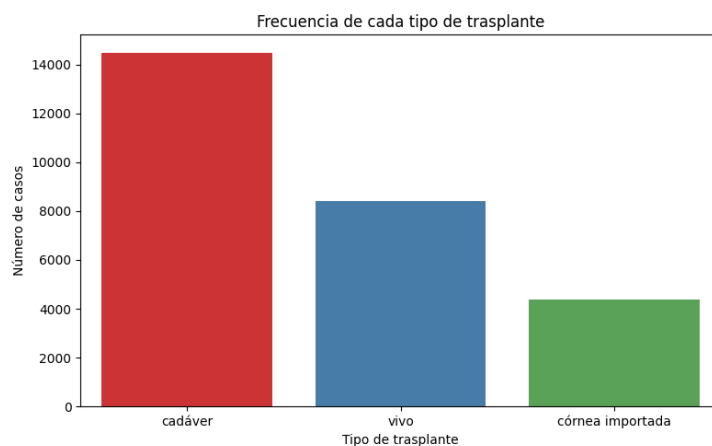
- No disponible (53 %): más de la mitad de los registros no reportan el resultado a 24 horas; esto puede deberse a falta de seguimiento, registros incompletos o procedimientos donde no aplica (por ejemplo córnea).
- Exitoso: casi la mitad de los trasplantes se registran como exitosos.
- No exitoso: la proporción es muy baja respecto del total.



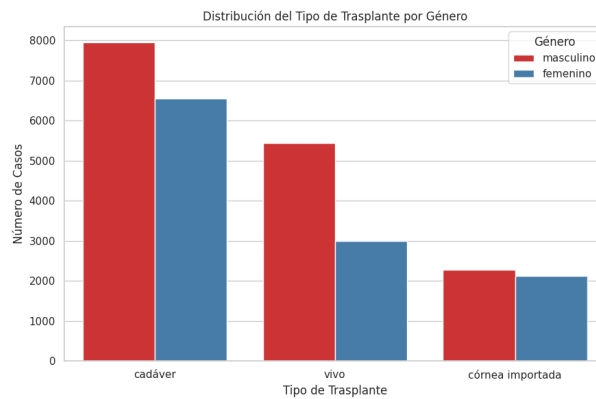
4. Variable a estudiar

Tipos de Transplantes

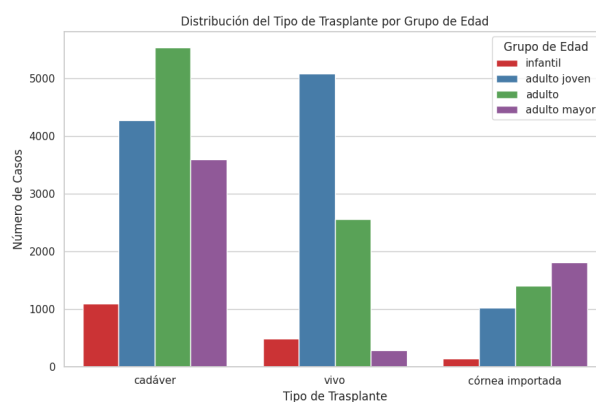
- **cadáver:** Trasplante realizado con un órgano donado por una persona fallecida (donante cadáver), bajo criterios de muerte encefálica o paro cardíaco. Es el tipo más común en programas públicos.
- **vivo:** Trasplante con un órgano donado por una persona viva, usualmente un familiar directo (padres, hijos, hermanos), pero puede ser también un donante altruista compatible. Se da comúnmente en trasplante de riñón o parte del hígado.
- **córnea importada** Trasplante de córnea proveniente del extranjero, generalmente porque no hay disponibilidad nacional o hay convenios internacionales. Es un tejido y no un órgano sólido, por lo que su logística y regulación es distinta



Observemos que la mayor parte de los trasplantes se realizan con órganos de donantes fallecidos, seguidos por trasplantes de donantes vivos, y en menor medida trasplantes de córnea importada. Esto sugiere que la disponibilidad y logística de órganos locales es mayor que la de importados, y que el trasplante de donante vivo es menos común por sus implicaciones médicas y éticas.

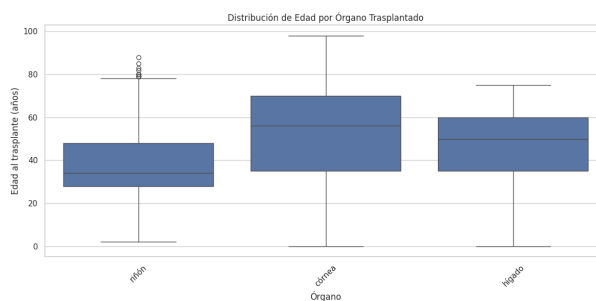


En la siguiente gráfica se observa que de los tres tipos de trasplante, los hombres presentan un mayor número de casos que las mujeres, siendo la diferencia más marcada en trasplantes de tipo vivo. Esto podría relacionarse con factores médicos, culturales o disponibilidad de donantes por género.



El siguiente diagrama de caja muestra la distribución de la edad al trasplante según el órgano trasplantado.

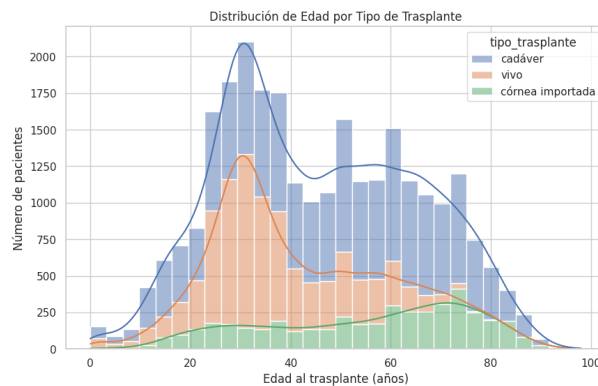
- El trasplante de riñón se realiza en un rango de edades más amplio, desde niños pequeños hasta adultos mayores.
- Los trasplantes de córnea y de hígado tienen distribuciones de edad más concentradas, centradas alrededor de los 50 años.
- Los valores atípicos en córnea indican casos excepcionales de trasplante a edades muy altas.



La siguiente gráfica esta combinado el histograma y densidad que muestra la distribución de edades al trasplante separada por tipo de trasplante para tener una comparación de la información.

- La mayoría de los trasplantes de tipo cadáver y vivo ocurren en la edad adulta media (30-60 años).

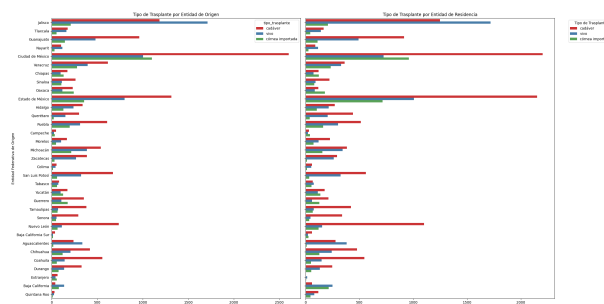
- Los trasplantes de córnea importada son menos frecuentes y tienden a concentrarse en adultos mayores.
- Hay cierta superposición de edades entre cadáver y vivo, pero el trasplante de vivo tiene menos casos en edades extremas.



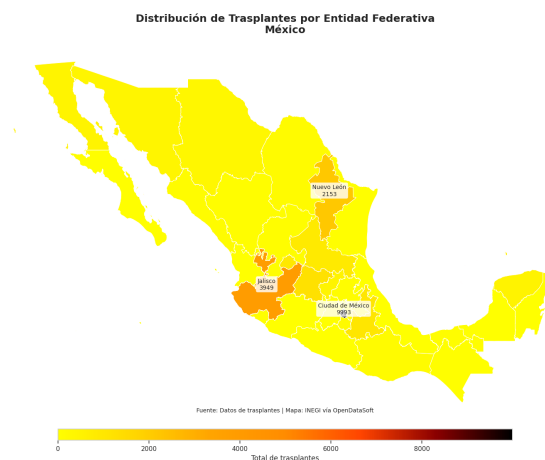
5. Visualización Geográfica

En esta sección vamos a observar la interpretación de la variable "Tipo de trasplantes" pero en un enfoque de entidades.

La imagen muestra dos gráficos de barras horizontales comparativos que representan la distribución de tipos de trasplante. Gráfico izquierdo → "Tipo de trasplante por Entidad de Origen" y gráfico derecho → "Tipo de trasplante por Entidad de Realización"



Mapa de trasplantes por entidad federativa



Del siguiente mapa se tiene:

Algunos estados presentan un alto número de trasplantes de tipo cadáver, sobresaliendo frente a los otros tipos.

En varios estados, el trasplante de vivo es menos frecuente que el de cadáver.

La córnea importada (verde) aparece con baja frecuencia en la mayoría de las entidades.

Existen diferencias notorias entre el lugar de origen del paciente y el lugar donde se realiza el trasplante:

Algunos estados concentran la ejecución de trasplantes (centros médicos especializados) aunque no sean el lugar de origen de la mayoría de los pacientes.

Otros, en cambio, tienen muchos pacientes de origen pero pocos trasplantes realizados localmente, lo que sugiere movilidad hacia otros estados. Análisis de flujos

Diagramas tipo Sankey



En este gráfico se puede observar;

- De cadáver: Principalmente hacia córnea (muy ancho → 9,700 casos).
- También hacia riñón y en menor medida hígado.
- De córnea importada: Flujo exclusivo hacia córnea.
- De vivo: Casi todo el flujo va hacia riñón.
- Mínimo hacia hígado (raro pero posible en trasplantes de donador vivo parcial).

6. Modelado Predictivo

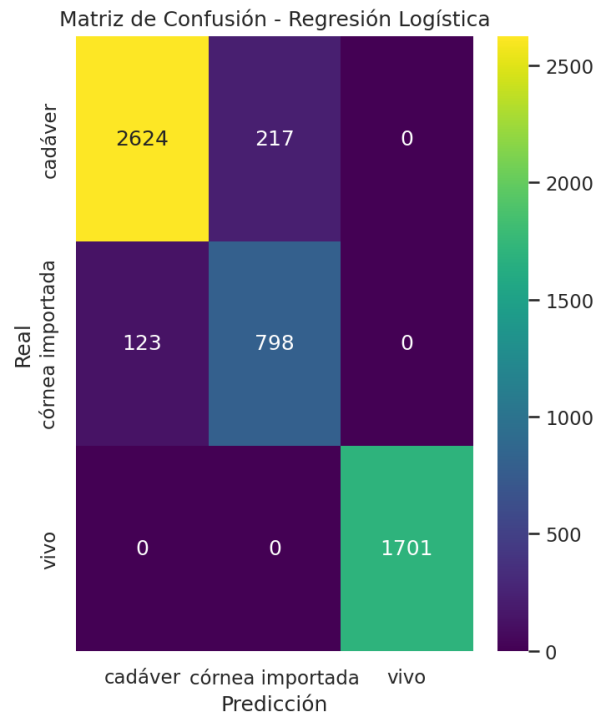
Clasificación por tipo de trasplante

Variables predictoras

Sexo, órgano, grupo sanguíneo, institución, entidad, relación donador-receptor

Evaluación del modelo

Regresión Lineal



Interpretación de la matriz de confusión

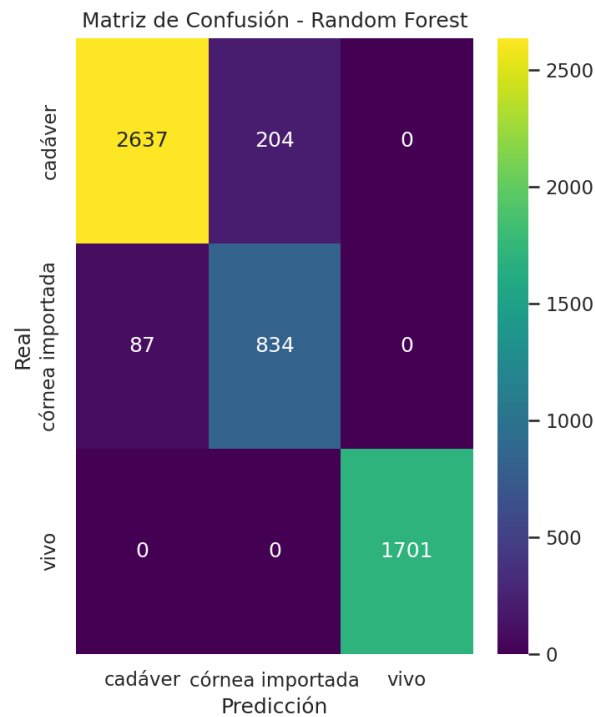
El cadáver 2624 predichos correctamente (verdaderos positivos), 217 mal clasificados como córnea importada y 0 mal clasificados como vivo, córnea importada 798 clasificados correctamente, 123 mal clasificados como cadáver. Vivo 1701 clasificados correctamente. no hubo confusión con otras clases. El

modelo de regresión logística tiene excelente rendimiento general, especialmente con la clase vivo. Las

confusiones se dan principalmente entre cadáver y córnea importada, lo que sugiere que estas dos clases pueden compartir características similares en los datos de entrada. No hay errores graves como clasificar

vivo como cadáver, lo cual indica una buena separación entre clases.

Random Forest



Interpretación de la matriz de confusión: El tipo cadáver 2637 correctamente clasificados, 204 mal clasificados como córnea importada. Mejoró levemente respecto al modelo de regresión logística (de 2624 a 2637 correctos). Córnea importada 834 clasificados correctamente y 87 mal clasificados como cadáver mejoró notablemente (de 798 a 834 aciertos), y se redujeron los errores de 107 a 67, vivo 1701 casos clasificados correctamente.

El modelo Random Forest supera al modelo de regresión logística especialmente en la clasificación de córnea importada. Random Forest es más robusto frente a ambigüedades entre cadáver y córnea importada, lo que probablemente se deba a su capacidad para manejar relaciones no lineales y múltiples variables relevantes.

- El modelo Random Forest supera al modelo de regresión logística especialmente en la clasificación de córnea importada.
- Random Forest es más robusto frente a ambigüedades entre cadáver y córnea importada, lo que probablemente se deba a su capacidad para manejar relaciones no lineales y múltiples variables relevantes.

7. Limitaciones

- Sesgo: 53 % de datos sin resultado a 24h (córneas no requieren seguimiento).
- Cobertura: 28/32 estados con datos (Yucatán y Quintana Roo subrepresentados).
- Privacidad: Datos anonimizados (sin NSS/edad exacta).

8. Conclusiones

Perfil de pacientes

- Predominan los **hombres adultos jóvenes** (18–39 años).
- En los extremos: **más niños varones y más mujeres en adultos mayores**.

Instituciones y órganos

- **Privados e IMSS** concentran **córnea** (y también corazón); la **córnea** es el tejido más trasplantado en privados.
- IMSS, ISSSTE y SSA participan en los cuatro tipos, con distinta intensidad.

Compatibilidad sanguínea

- Más del **80 %** de pacientes tienen **Rh positivo**; **O+** es el grupo más frecuente.
- Abundan *no aplica* en Rh/grupo (especialmente córnea) por campos no obligatorios o falta de registro.

Temporal y calidad de datos

- **2023** es el **año pico** de trasplantes.
- La codificación es generalmente correcta, pero hay valores especiales (97, 99, –1) que deben tratarse como *otros/no aplica*.

Tipo de donación por edad

- **Cadáverico**: predominante en edades adultas (40–65).
- **Vivo**: más frecuente en **adultos jóvenes**.
- **Córnea importada**: mayor en **adultos mayores**.
- **Infantil**: participación baja, pero presente en cadavéricos.

Órganos

- En cadavéricos predominan **córnea**, luego **riñón** e **hígado**.
- **Vivo** se asocia casi exclusivamente con **riñón**.
- **Córnea importada** se destina sólo a **córnea**.
- **Hígado**: menos frecuente, concentrado en adultos (criterios/compatibilidad más estrictos).

Distribución geográfica

- **Cadáver** domina en la mayoría de estados.
- **Vivo** destaca en **Jalisco, Nuevo León, Aguascalientes y Estado de México**.
- **Córnea importada**: distribución más homogénea, menor volumen.

Implicaciones de política pública

- Fortalecer la **donación post-mortem** (ya $>50\%$) y el **registro clínico temprano**.
- Atender posible **demanda** $>$ **oferta** de **córneas** (rol de importación) y planear capacidades según **patrones edad-órgano**.
- Random Forest es más robusto frente a ambigüedades entre cadáver y córnea importada, lo que probablemente se deba a su capacidad para manejar relaciones no lineales y múltiples variables relevantes.