



UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería de la Salud



INGENIERÍA  
DE LA SALUD

**TFG del Grado en Ingeniería de la  
Salud**

**título del TFG  
Documentación Técnica**

Presentado por nombre alumno  
en Universidad de Burgos

21 de abril de 2025

Tutores: nombre tutor – nombre tutor 2



## Índice general

I

E.2. Diseño arquitectónico . . . . .	13
<b>Apéndice F Especificación de Requisitos</b>	<b>15</b>
F.1. Diagrama de casos de uso . . . . .	15
F.2. Explicación casos de uso. . . . .	15
F.3. Prototipos de interfaz o interacción con el proyecto. . . . .	15
<b>Apéndice G Estudio experimental</b>	<b>17</b>
G.1. Cuaderno de trabajo. . . . .	17
G.2. Configuración y parametrización de las técnicas. . . . .	21
G.3. Detalle de resultados. . . . .	21
<b>Apéndice H Anexo de sostenibilización curricular</b>	<b>23</b>
H.1. Introducción . . . . .	23
<b>Bibliografía</b>	<b>25</b>

---

## Índice de figuras

---

G.1. Matriz de correlación entre variables independientes. . . . .	18
G.2. Relación entre el Parkinson y las Muertes atribuidas a fuentes de agua inseguras. . . . .	18
G.3. Relación entre el Parkinson y la Tasa de carga de enfermedad por exposición al plomo. . . . .	19
G.4. Relación entre el Parkinson y la Tasa de mortalidad por conta- minación de aire. . . . .	19
G.5. Relación entre el Parkinson y el uso de pesticidas. . . . .	20
G.6. Relación entre el Parkinson y el uso de pesticidas. . . . .	20

---

# Índice de tablas

---

F.1. CU-1 Nombre del caso de uso. . . . .	16
---	----

## Apéndice A

# Plan de Proyecto Software

## A.1. Introducción

bla  
bla  
bla bla bla bla bla bla bla bla bla bla bla bla.

Ojo <sup>1</sup>

## A.2. Planificación temporal

## Planificación económica

## Viabilidad legal

---

<sup>1</sup>Los anexos deben de tener su propia bibliografía, eso es tan fácil como utilizar referencias igual que en la memoria [?]





## *Apéndice B*

---

# **Documentación de usuario**

---

- B.1. Requisitos software y hardware para ejecutar el proyecto.
- B.2. Instalación / Puesta en marcha
- B.3. Manuales y/o Demostraciones prácticas



## *Apéndice C*

---

# **Manual del desarrollador / programador / investigador.**

---

### **C.1. Estructura de directorios**

Descripción de los directorios y ficheros entregados.

### **C.2. Compilación, instalación y ejecución del proyecto**

En caso de ser necesaria esta sección, porque la compilación o ejecución no sea directa.

### **C.3. Pruebas del sistema**

Esta sección puede ser opcional.

Puede tratarse de validación de la interfaz por parte de los usuarios, mediante encuestas o similar o validación del funcionamiento mediante pruebas unitarias.

## **C.4.    Instrucciones para la modificación o mejora del proyecto.**

Instrucciones y consejos para que el trabajo pueda ser mejorado en futuras ediciones.

## *Apéndice D*

---

# Descripción de adquisición y tratamiento de datos

---

Tablas, imágenes, señales, secuencias de ADN...

## D.1. Descripción formal de los datos

Los datos empleados para la elaboración del trabajo provienen de la plataforma Our World in Data (OWD). Las variables consideradas son la prevalencia de la enfermedad de Parkinson, la tasa de mortalidad por contaminación del aire Número estimado de muertes atribuidas a diferentes tipos de contaminación atmosférica, la tasa de carga de morbilidad por exposición al plomo, las muertes atribuidas a fuentes de agua insalubres, el uso de plaguicidas y la precipitación anual.

### D.1.1. Prevalencia de la enfermedad del parkinson (Variable dependiente)

- **Definición y unidad de medida:** Esta variable se define como el numero estimado de personas con enfermedad del Parkinson, cuya unidad de medida se expresa por cada 100.000 habitantes.
- **Estrucutura de los datos:** Los datos se encuentra organizados por país y año, con un rango temporal que abarca desde 1990 hasta 2021.
- **Decripción:** es la variable dependiente en este trabajo, ya que con el estudio de esta se busca entender como factores como la contaminación,

el uso de peptidas u otras variables pueden estar relacionadas con la prevalencia de la enfermedad del Parkinson.

### D.1.2. Variables independientes

Las variables independientes son aquellas que se consideran factores que pueden influir o tener un impacto sobre la prevalencia de la enfermedad de Parkinson.

#### 1. Tasa de mortalidad por contaminación del aire

- **Definición y unidad de medida:** Representa el numero estimado de muertes atribuidas a diferentes tipos de contaminación del aire por cada 100.000 habitantes.
- **Estructura:** Los datos están disponibles por país y año desde 1990 hasta 2021.
- **Descripción:** Esta variable mide el impacto de la contaminación del aire en la mortalidad. A través de esta variable, se puede evaluar como la exposición a ciertos contaminantes como las partículas PM2.5, podría estar relacionada con la prevalencia de la enfermedad.

#### 2. Tasa de carga de enfermedad por exposición al plomo

- **Definición y unidad de medida:** Numero estimado de años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) debido a la exposición al plomo, estandarizados por edad, provenientes de todas las causas, por cada 100.000 habitantes.
- **Estructura:** Los datos se encuentran organizados por país y año, con un rango temporal que abarca desde 1990 hasta 2021.
- **Descripción:** Los años de vida ajustado por discapacidad (AVAD) miden la carga total sobre la salud de la población, considerando los años de vida perdidos por muertes prematuras y los años vividos con discapacidad. En este caso, la exposición al plomo se asocia con diversos problemas de salud que afectan a la calidad de vida y la mortalidad. La carga total se calcula sumando todos los efectos de salud relacionados con esta exposición, sin especificar las causas exactas de las muertes o discapacidades.

#### 3. Muertes atribuidas a fuentes de agua inseguras

- **Definición y unidad de medida:** Se define como el número total de muertes causadas por fuentes de agua no seguras.
- **Estructura:** Los datos están organizados por país y año, con un rango temporal que abarca desde 1990 hasta 2021.
- **Descripción:** Esta variable mide el impacto del consumo de agua no segura en la mortalidad, sumando todas las muertes que pueden estar relacionadas con el agua insalubre, como enfermedades transmitidas por el agua o infecciones gastrointestinales. Se considera el total de muertes atribuidas a esta causa, sin especificar cada enfermedad o condición que causó la muerte.

#### 4. Uso total de pesticidas

- **Definición y unidad de medida:** Se define como el uso total de pesticidas medido en toneladas.
- **Estructura:** Los datos se encuentran organizados por país y año, con un rango temporal que cubre desde 1990 hasta 2022.
- **Descripción:** Los pesticidas totales, incluyen los insecticidas, fungicidas y bactericidas, herbicidas, reguladores de crecimiento de las plantas, rodenticidas, desifencantes entre otros.

#### 5. Precipitaciones anuales

- **Definición y unidad de medida:** Se define como las precipitaciones anuales totales (lluvia y nieve), calculada como la suma de los promedios diarios y expresada como la profundidad del agua que cae a la superficie de la Tierra, excluyendo la niebla y el rocío. La variable se mide por milímetros de precipitación.
- **Estructura:** Los datos están organizados por país y por año, con un rango temporal que abarca desde 1940 hasta 2024.
- **Descripción:** Esta variable representa la cantidad total de precipitación que ocurre en un área durante un año, incluyendo tanto la lluvia como la nieve derretida. La medida se expresa en milímetros, indicando la profundidad del agua que caería sobre la superficie terrestre si se recogiera toda la precipitación. Los valores no incluyen fenómenos como la niebla o el rocío, que no aportan agua de manera significativa al suelo.

## D.2. Descripción clínica de los datos.

En esta sección se presenta la perspectiva clínica de las variables consideradas para el estudio, el objetivo de esto es contextualizar de que manera estas variables pueden influir en la prevalencia de la enfermedad del Parkinson.

### D.2.1. Prevalencia de la enfermedad del Parkinson

La enfermedad de Parkinson es un trastorno neurodegenerativo progresivo que afecta principalmente al sistema motor, causado por la pérdida de neuronas dopaminérgicas en la sustancia negra del cerebro. Clínicamente, se manifiesta con síntomas como temblores en reposo, rigidez muscular, bradicinesia (lentitud de movimientos) y alteraciones posturales. Su prevalencia aumenta con la edad y puede estar influenciada por factores ambientales y genéticos.[[Instituto Nacional sobre el Envejecimiento \(NIA\), 2022](#)] .

### D.2.2. Tasa de mortalidad por contaminación del aire

La exposición prolongada a contaminantes del aire como las partículas finas ( $PM_{2.5}$ ), dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) y ozono ( $O_3$ ) se ha asociado con un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas. Estudios recientes sugieren que la contaminación del aire puede inducir estrés oxidativo e inflamación sistémica, lo que podría contribuir a la neurodegeneración observada en enfermedades como el Parkinson.[[Kilrane et al., 2015](#)]

### D.2.3. Carga de enfermedad por exposición al plomo

El plomo es un neurotóxico conocido que puede acumularse en el cerebro y alterar funciones neurológicas. En adultos, la exposición crónica al plomo ha sido relacionada con una mayor incidencia de deterioro cognitivo y enfermedades neurodegenerativas. Desde una perspectiva clínica, su asociación con el Parkinson se explica por el daño oxidativo y la disfunción mitocondrial inducida por este metal pesado.[[Pyatha et al., 2022](#)]

### D.2.4. Muertes atribuidas a fuentes de agua inseguras

Aunque las enfermedades derivadas del consumo de agua contaminada no tienen una relación directa con el Parkinson en todos los casos, la exposición a ciertos contaminantes químicos presentes en el agua, como pesticidas y metales pesados, ha sido asociada con efectos neurotóxicos. Varios estudios



indican que la exposición prolongada a contaminantes del agua, como el tetracloroetileno (TCE) y otros productos químicos, puede estar relacionada con un mayor riesgo de desarrollar enfermedades neurodegenerativas, incluida la enfermedad de Parkinson.[[Pacheco Moisés et al., 2011](#), [inf, 2023](#), [ken, 2022](#)].

### **D.2.5. Uso total de pesticidas**

El uso de pesticidas, especialmente herbicidas como el paraquat y fungicidas como el maneb, ha sido consistentemente asociado con un mayor riesgo de desarrollar la enfermedad de Parkinson. Estos compuestos pueden inducir estrés oxidativo y afectar la función mitocondrial, contribuyendo al daño neuronal característico de la enfermedad. Varios estudios han encontrado que la exposición prolongada a estos pesticidas aumenta significativamente el riesgo de desarrollar Parkinson, particularmente en áreas agrícolas donde su uso es elevado.[[Pearce et al., 2013](#), [Tanner et al., 2011](#), [Starks et al., 2013](#)]

### **D.2.6. Precipitaciones anuales**

Aunque las precipitaciones no influyen directamente en la salud humana, pueden actuar como moduladores del entorno, afectando la dispersión de contaminantes o el uso agrícola de pesticidas. Desde un punto de vista clínico, su relevancia radica en su potencial para modificar la exposición a factores ambientales vinculados con la neurotoxicidad.[[America, 2023](#)]



## *Apéndice E*

---

# **Manual de especificación de diseño**

---

Si es necesario.

Planos (Si procede) Diseño arquitectónico (Si procede) Diagrama de  
clases, diagrama de despliegue

### **E.1. Planos**

Si procede

### **E.2. Diseño arquitectónico**

Si procede.

Diagramas de clases, diagramas de despliegue ...



## *Apéndice F*

---

# **Especificación de Requisitos**

---

Si procede.

### **F.1. Diagrama de casos de uso**

### **F.2. Explicación casos de uso.**

Se puede describir mediante el uso de tablas o mediante lenguaje natural.

Una muestra de cómo podría ser una tabla de casos de uso:

### **F.3. Prototipos de interfaz o interacción con el proyecto.**

CU-1	Ejemplo de caso de uso
<b>Versión</b>	1.0
<b>Autor</b>	Alumno
<b>Requisitos asociados</b>	RF-xx, RF-xx
<b>Descripción</b>	La descripción del CU
<b>Precondición</b>	Precondiciones (podría haber más de una)
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pasos del CU</li> <li>2. Pasos del CU (añadir tantos como sean necesarios)</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	Postcondiciones (podría haber más de una)
<b>Excepciones</b>	Excepciones
<b>Importancia</b>	Alta o Media o Baja...

Tabla F.1: CU-1 Nombre del caso de uso.

## Apéndice *G*

---

# Estudio experimental

---

### G.1. Cuaderno de trabajo.

Enumeración de todos los métodos probados con resultados positivos o no.

Con el finde evaluar la relación entre las variables ambientales y prevalencia del Parkinson a escala muncial, se ha llevado a cabo un análisis exploratorio preliminar. Esta etapa tuvo como objetivo detectar posibles problemas de multicolinealidad entre las variables independientes y orientar adecuadamente la fase de modelado.

Para ello, se construyó una matriz de correlación (véase Figura [G.1](#)), a partir de la cual se observó que ninguna de las variables presentaba coeficientes de correlación superiores a 0.7. Esto permitió descartar redundancia estadística y justificar el uso conjunto de todas ellas en los modelos predictivos.

Posteriormente, se estudiaron las relaciones individuales entre cada variable independiente y la variable objetivo (casos de Parkinson). Para ello, se realizaron gráficos de dispersión con líneas de tendencia ajustadas, lo que permitió observar que algunas relaciones eran no lineales. En particular, se observó que variables como Muertes por agua contaminada, Pesticidas o Exposición al plomo mostraban patrones curvados que indicaban una relación más compleja con los casos de Parkinson.

Figura [G.2](#) muestra la relación entre Muertes por agua contaminada y los casos de Parkinson, donde se puede observar una curvatura inicial que luego se estabiliza.

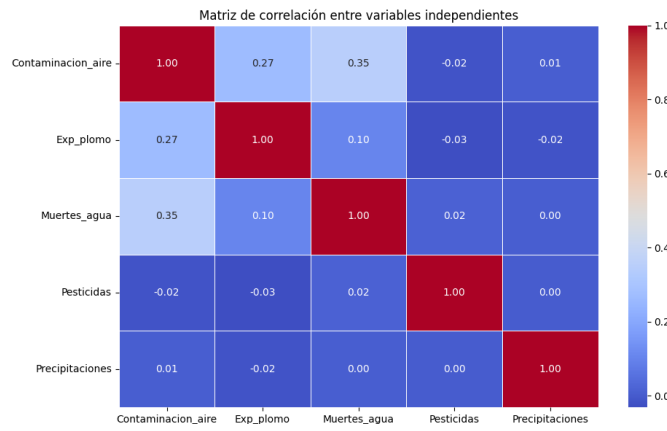


Figura G.1: Matriz de correlación entre variables independientes.

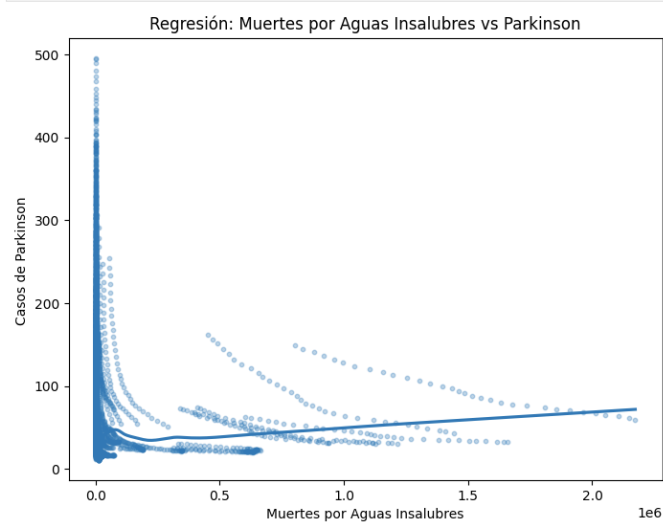


Figura G.2: Relación entre el Parkinson y las Muertes atribuidas a fuentes de agua inseguras.

De manera similar, las variables Exposición al plomo y Contaminación del aire también mostraron un comportamiento curvado, lo que llevó a la aplicación de transformaciones cuadráticas para mejorar el ajuste del modelo (ver Figura G.3 y Figura G.4).

Por otro lado, la variable Pesticidas mostró un patrón logarítmico con picos, lo que indicó la necesidad de aplicar una transformación logarítmica para estabilizar la variabilidad y mejorar el modelo predictivo. Figura 3 ilustra este comportamiento logarítmico.



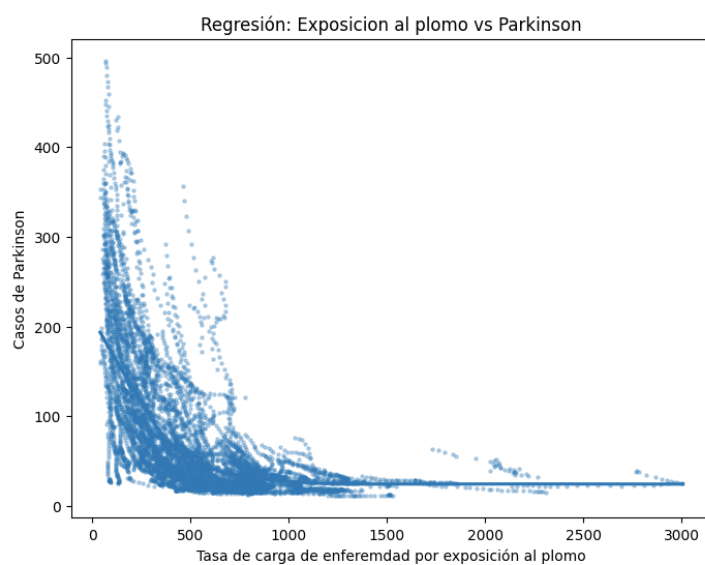


Figura G.3: Relación entre el Parkinson y la Tasa de carga de enfermedad por exposición al plomo.

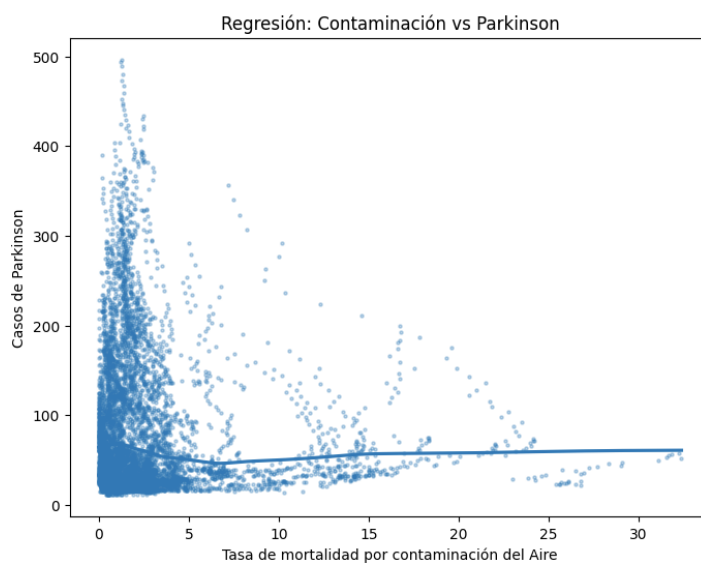


Figura G.4: Relación entre el Parkinson y la Tasa de mortalidad por contaminación de aire.

En cuanto a Precipitaciones, la relación con los casos de Parkinson fue lineal, por lo que no se requirió ninguna transformación, como se muestra en Figura [G.6](#).

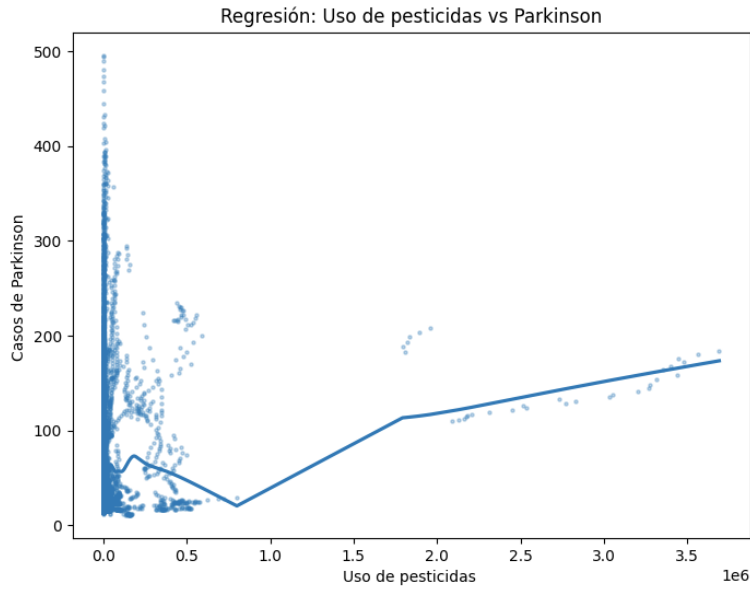


Figura G.5: Relación entre el Parkinson y el uso de pesticidas.

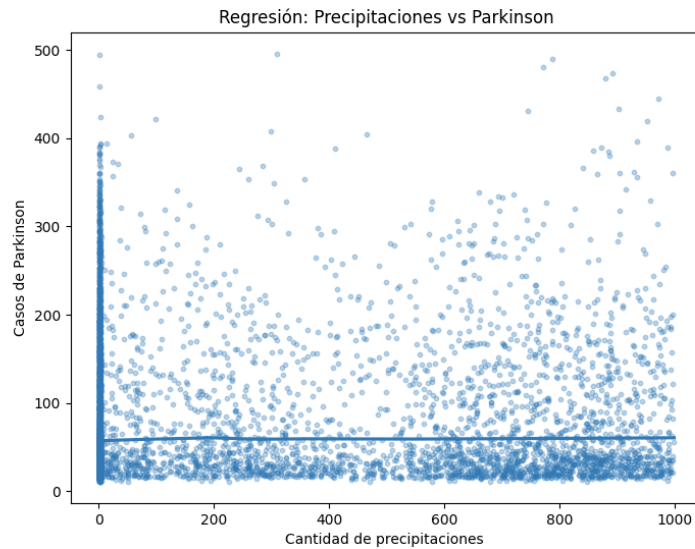


Figura G.6: Relación entre el Parkinson y el uso de pesticidas.

Como resultado, se aplicaron transformaciones cuadráticas y logarítmicas a las variables con relaciones no lineales, con el objetivo de linearizar las relaciones y mejorar el rendimiento de los modelos predictivos. Estas transformaciones permitieron que los modelos ajustaran mejor los efectos no lineales y aumentaron la capacidad de predicción de los casos de Parkinson.

**G.2. Configuración y parametrización de las técnicas.**

**G.3. Detalle de resultados.**



## *Apéndice H*

---

# **Anexo de sostenibilización curricular**

---

## **H.1. Introducción**

Este anexo incluirá una reflexión personal del alumnado sobre los aspectos de la sostenibilidad que se abordan en el trabajo. Se pueden incluir tantas subsecciones como sean necesarias con la intención de explicar las competencias de sostenibilidad adquiridas durante el alumnado y aplicadas al Trabajo de Fin de Grado.

Más información en el documento de la CRUE [https://www.crue.org/wp-content/uploads/2020/02/Directrices\\_Sostenibilidad\\_Crue2012.pdf](https://www.crue.org/wp-content/uploads/2020/02/Directrices_Sostenibilidad_Crue2012.pdf).

Este anexo tendrá una extensión comprendida entre 600 y 800 palabras.



---

## Bibliografía

---

- [ken, 2022] (2022). Parkinson’s disease and camp lejeune contaminated water claims. *Ken Allen Law*.
- [inf, 2023] (2023). Sustancia química que permanece en el agua puede aumentar un 70 *InfoSalus*.
- [America, 2023] America, P. N. (2023). Los pesticidas y el cambio climático: Un círculo vicioso. Accedido: 2025-04-10.
- [Instituto Nacional sobre el Envejecimiento (NIA), 2022] Instituto Nacional sobre el Envejecimiento (NIA) (2022). La enfermedad de parkinson: causas, síntomas y tratamientos. Consultado el 10 de abril de 2025.
- [Kirrane et al., 2015] Kirrane, E. F., Bowman, C., Davis, J. A., Hoppin, J. A., Blair, A., Chen, H., Patel, M. M., Sandler, D. P., Tanner, C. M., Vinikoor-Imler, L., et al. (2015). Associations of ozone and pm2.5 concentrations with parkinson’s disease among participants in the agricultural health study. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 57(5):509–517.
- [Pacheco Moisés et al., 2011] Pacheco Moisés, F. P. et al. (2011). Toxicidad de plaguicidas y su asociación con la enfermedad de parkinson. *Archivos de neurociencias*, 16(1):33–39.
- [Pearce et al., 2013] Pearce, N. et al. (2013). Paraquat and parkinson’s disease: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Environmental Health Perspectives*, 121(5):704–709.

- [Pyatha et al., 2022] Pyatha, S., Kim, H., Lee, D., and Kim, K. (2022). Association between heavy metal exposure and parkinson’s disease: A review of the mechanisms related to oxidative stress. *Antioxidants*, 11(12):2467.
- [Starks et al., 2013] Starks, Z. et al. (2013). Pesticide exposure and parkinson’s disease: The potential role of environmental factors. *Journal of Clinical Neuroscience*, 20(6):794–799.
- [Tanner et al., 2011] Tanner, C. M. et al. (2011). Pesticide exposure and parkinson’s disease: A review of the literature. *Environmental Health Perspectives*, 119(6):823–827.