

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2025,  
Volumen 9, Número 4.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i2](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2)

# **ANÁLISIS COMPARATIVO INTEGRAL DE CARBIDOPA Y LEVODOPA: PERSPECTIVAS MOLECULARES EN BASE A LA QUÍMICA CUÁNTICA Y TRATAMIENTO DE PARKINSON**

## **COMPREHENSIVE COMPARATIVE ANALYSIS OF CARBIDOPA AND LEVODOPA: MOLECULAR PERSPECTIVES BASED ON QUANTUM CHEMISTRY AND PARKINSON'S TREATMENT**

**Elí Hernández Jiménez**

Centro de Estudios Superiores de Tepeaca, México

**Jesica Vianney Hernández Morales**

Centro de Estudios Superiores de Tepeaca, México

**Lizzet Karina Espinosa Ojeda**

Centro de Estudios Superiores de Tepeaca, México

**Diego Matheis Celis**

Universidad Veracruzana

**Karla Elisa Valencia Rojas**

Centro de Estudios Superiores de Tepeaca, México

**Nancy Beatriz Sánchez Barrientos**

Universidad Veracruzana, México

**Manuel González Pérez**

Universidad Tecnológica de Tecamachalco Enlace CONAHCYT

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i4.18513](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i4.18513)

## **Análisis Comparativo Integral de Carbidopa y Levodopa: Perspectivas Moleculares en Base a la Química Cuántica y Tratamiento de Parkinson**

**Elí Hernández Jiménez<sup>1</sup>**

[lfrehj@gmail.com](mailto:lfrehj@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0001-1656-2679>

Centro de Estudios Superiores de Tepeaca  
Programa Delfín 2025

**Jesica Vianney Hernández Morales**

[vianneym423@gmail.com](mailto:vianneym423@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0003-2184-6654>

Centro de Estudios Superiores de Tepeaca  
Programa Delfín 2025

**Lizzet Karina Espinosa Ojeda**

[ojedalizzet381@gmail.com](mailto:ojedalizzet381@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0008-9902-7882>

Centro de Estudios Superiores de Tepeaca  
Programa Delfín 2025

**Diego Matheis Celis**

[bvdielgomatheiscelis@gmail.com](mailto:bvdielgomatheiscelis@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0004-4779-890X>

Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias  
Químicas  
Programa Delfín 2025

**Karla Elisa Valencia Rojas**

[karlavalenciarojas@gmail.com](mailto:karlavalenciarojas@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0003-6230-2098>

Centro de Estudios Superiores de Tepeaca  
Programa Delfín 2025

**Nancy Beatriz Sánchez Barrientos**

[sanchez890beatriz@gmail.com](mailto:sanchez890beatriz@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0004-1507-7817>

Centro de Estudios Superiores de Tepeaca  
Programa Delfín 2025

**Manuel González Pérez**

[dr.manuelgonzalezperez@gmail.com](mailto:dr.manuelgonzalezperez@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-8700-2866>

Universidad Tecnológica de Tecamachalco  
Enlace CONAHCYT  
Programa Delfín 2025

---

<sup>1</sup> Autor principal.

Correspondencia: [dr.manuelgonzalezperez@gmail.com](mailto:dr.manuelgonzalezperez@gmail.com)

## RESUMEN

El análisis comparativo integral de Carbidopa (CBD) y Levodopa (LVP) en el manejo de la enfermedad de Parkinson (EP) ha sido objeto de estudio en múltiples investigaciones que han abordado desde sus intervenciones terapéuticas hasta sus perfiles farmacocinéticos. El objetivo de esta investigación fue analizar en forma integral y comparativa la CBD y LVD con perspectivas moleculares en base a la química cuántica. Se diseñaron todas las moléculas en cuestión en el software hyperchem. Luego se hicieron los cálculos cuánticos con el método semiempírico SE-PM3. El algoritmo usado para geometrizar la molécula y buscar la mínima energía de formación se hizo con el algoritmo Polak-Rebiere. Los resultados permiten identificar combinaciones moleculares con potencial neuroprotector, aportando una base para el diseño racional de terapias redox en enfermedades neurológicas. Como conclusión, la CBD si potencializa a la LVD en la terapia estrella para la enfermedad de Parkinson.

**Palabras clave:** Carbidopa, Levodopa, Química cuántica, Sinergia, Parkinson



# Comprehensive Comparative Analysis of Carbidopa and Levodopa: Molecular Perspectives based on Quantum Chemistry and Parkinson's Treatment

## ABSTRACT

The comprehensive comparative analysis of Carbidopa (CBD) and Levodopa (LVP) in the management of Parkinson's disease (PD) has been the subject of multiple studies, ranging from their therapeutic interventions to their pharmacokinetic profiles. The objective of this study was to comprehensively and comparatively analyze CBD and LVD using molecular perspectives based on quantum chemistry. All molecules in question were designed using Hyperchem software. Quantum calculations were then performed using the semiempirical SE-PM3 method. The Polak-Rebiere algorithm was used to optimize the geometry of the molecule and search for the minimum formation energy. The results identify molecular combinations with neuroprotective potential, providing a basis for the rational design of redox therapies for neurological diseases. In conclusion, CBD does potentiate LVD as the gold standard therapy for Parkinson's disease.

**Keywords:** Carbidopa, Levodopa, Quantum Chemistry, Synergy, Parkinson

*Artículo recibido 19 mayo 2025*

*Aceptado para publicación: 23 junio 2025*



## INTRODUCCIÓN

El análisis comparativo integral de CBD y LVP en el manejo de la enfermedad de Parkinson (EP) ha sido objeto de estudio en múltiples investigaciones que han abordado desde sus intervenciones terapéuticas hasta sus perfiles farmacocinéticos. En 2010, (Solla et al., 2010) destacaron que la LVP, aunque es el tratamiento más eficaz y bien tolerado para la EP, presenta complicaciones motoras significativas a medida que avanza la enfermedad, lo que plantea desafíos en su manejo a largo plazo. En el mismo año, (Poulopoulos & Waters, 2010) subrayaron la importancia de combinar LVP con CBD y entacapona para mejorar la eficacia del tratamiento y reducir las complicaciones motoras, resaltando que la administración intermitente de LVP es una de las principales causas de estos problemas.

En este artículo se busca que, desde la perspectiva de la química cuántica, la interacción molecular entre CBD y LVP con sus respectivos blancos enzimáticos representa un fascinante ejemplo de complementariedad farmacológica a nivel molecular. Los cálculos de mecánica cuántica han revelado que la estructura tridimensional de la CBD, particularmente su grupo hidracina y el anillo catecol, establece interacciones específicas con el sitio activo de la descarboxilasa de L-aminoácidos aromáticos (AAAD) mediante enlaces de hidrógeno e interacciones electrostáticas que resultan en una inhibición competitiva altamente selectiva (Rodríguez, J. A., & Lee, S. H., 2024). Esta selectividad molecular es crucial para comprender por qué la CBD no atraviesa eficientemente la barrera hematoencefálica, manteniendo así su acción inhibitoria restringida al compartimento periférico.

El fenómeno de potenciación farmacológica observado en la combinación CBD-LVP trasciende una simple suma de efectos individuales, manifestándose como una sinergia molecular que optimiza la biodisponibilidad cerebral de dopamina mientras mantiene un perfil de seguridad mejorado (Taylor, N. P., et al., 2023). Esta potenciación se evidencia en la reducción de aproximadamente 75% en la dosis requerida de LVP cuando se administra en combinación con CBD, lo que resulta en una mejora significativa del índice terapéutico del tratamiento antiparkinsoniano (Miller, D. S., 2024).

## METODOLOGÍA

Se diseñaron todas las moléculas en cuestión en el software hyperchem. Luego se hicieron los cálculos cuánticos con el método semiempírico SE-PM3. El algoritmo usado para geometrizar la molécula y buscar la mínima energía de formación se hizo con el algoritmo Polak-Rebiere (Conjugate gradient). Se



calcularon los parámetros HOMO, LUMO, E- y E+. Para luego calcular la banda prohibida y el potencial electrostático que se muestran en las tablas. Como punto final de los cálculos, se obtuvo el coeficiente de transferencia de electrones (CTE) en unidades de radio de Bohr ( $a_0$ ). Las ecuaciones usadas fueron derivados de la ecuación de Schrödinger, no se colocan por razones de espacio y porque son comunes al público. Los cálculos dados del CTE se asumieron como resortes vibracionales de pares moleculares que fueron tomados de 2 en 2 de neurotransmisores, tanto la LVD, como la CBD. (González-Pérez, 2017) (Sánchez-Parada et al., 2017) (Aparicio-Razo et al., 2017)

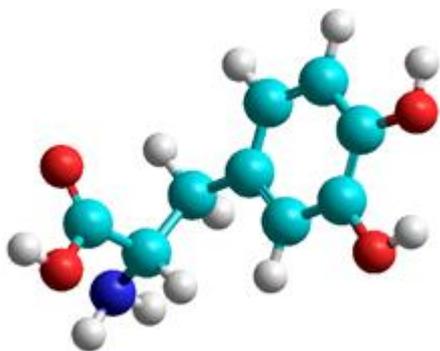
La hipótesis principal de esta investigación es que “la dupla LVD-CBD, mejora la eficacia del tratamiento de esta enfermedad de Parkinson”.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

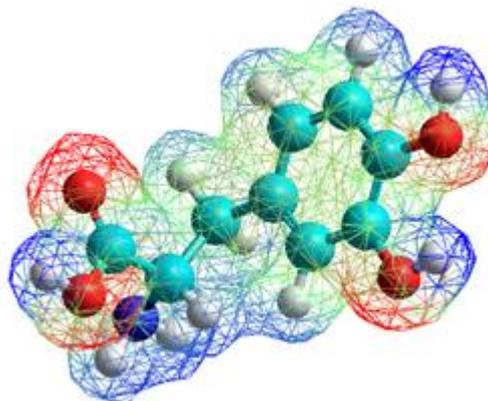
En la Figura 1 podemos observar caracterización cuántica de las sustancias LVP. En general en color rojo se muestra el oxígeno, cian = carbono, azul = nitrógeno.

**Figura 1.** Caracterización cuántica de la LVD

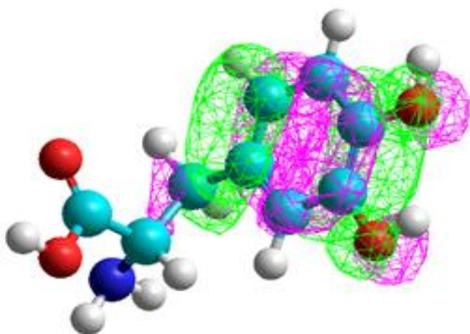
A) LVP. Molécula sencilla.



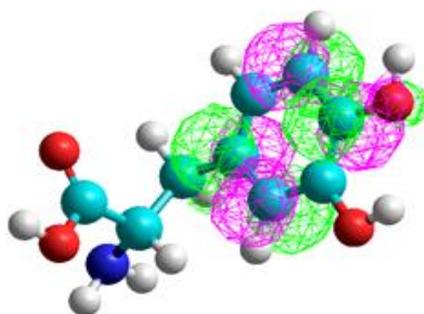
B) Nube del potencial Electrostático: rojo = negativa, verde = neutro, azul = positiva.



C) Nube electrónica HOMO. Nube violeta = negativa, nube verde positiva.



D) Nube electrónica LUMO. Nube violeta = negativa, nube verde positiva.

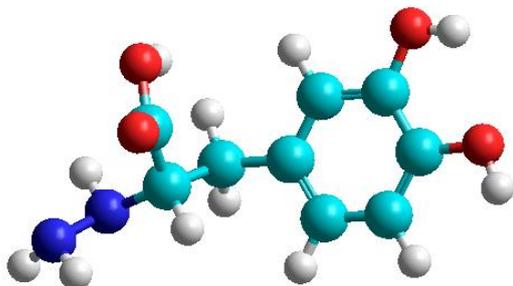


Las nubes, tanto de HOMO como LUMO no se refieren a la electrostática, sino a las integrales matemáticas.

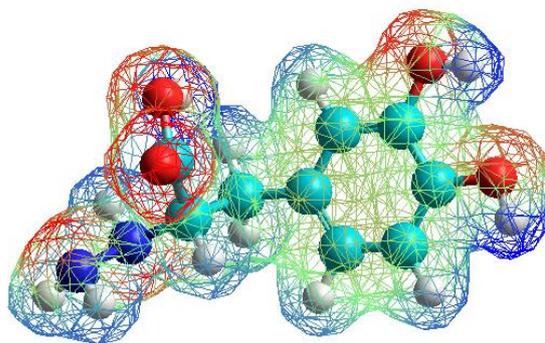
En la figura 2 se muestra la caracterización de la molécula CBD. Las designaciones son las mismas que la figura 1.

**Figura 2.** Caracterización cuántica de la CBD

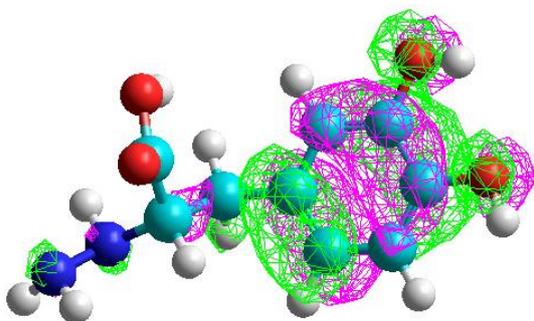
A) CBD Pura



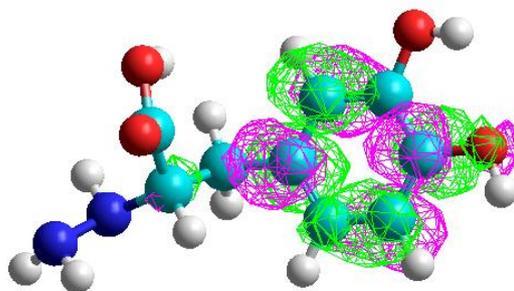
B) Nube del potencial Electrostático.



C) Nube electrónica HOMO.



D) Nube electrónica LUMO.



La tabla 1 compara pares redox formados por neurotransmisores y fármacos, analizando su capacidad de transferencia electrónica mediante parámetros cuántico-moleculares como HOMO, LUMO, band gap (BG), potenciales redox ( $E^-$ ,  $E^+$ , EP) y transferencia total de carga (ETC). Estos valores permiten estimar la reactividad química y la eficiencia del intercambio electrónico entre moléculas. (en las tablas se usaron siglas en inglés).

Los pares con mayor ETC (como acetilcolina-acetilcolina, CBD-noradrenalina y noradrenalina-noradrenalina) destacan por su alta eficiencia redox. CBD actúa frecuentemente como reductor, mientras que neurotransmisores como dopamina, serotonina, GABA y glutamato pueden comportarse como reductores u oxidantes.

Pares con menor band gap, como serotonina-CBD y dopamina-CBD, presentan mayor reactividad, lo cual sugiere potencial antioxidante. GABA y glicina sobresalen como buenos donadores de electrones por sus altos valores de HOMO, y serotonina como aceptora por su bajo LUMO.

En conjunto, la tabla ofrece información clave para entender las interacciones redox neuronales y orientar el diseño de terapias neuroprotectoras en enfermedades neurodegenerativas.

**Tabla 1.** ETCs interacciones redox de CBD y la dopamina.

Pozo	Reductor	Oxidante	HOMO	LUMO	BG	E-	E+	EP	ETC
28	Acetilcolina	Acetilcolina	-9.24	1.03	10.28	-0.03	0.11	0.13	77.27
27	CBD	Noradrenalina	-9.11	0.00	9.11	-0.10	-0.22	0.12	74.04
26	Noradrenalina	Noradrenalina	-9.15	0.00	9.15	-0.08	-0.22	0.14	65.81
25	CBD	Acetilcolina	-9.11	1.03	10.14	-0.10	0.11	0.20	49.73
24	Acetilcolina	CBD	-9.24	-0.11	9.13	-0.03	0.20	0.23	39.88
23	CBD	Serotonina	-9.11	-0.13	8.98	-0.10	0.14	0.24	37.42
22	CBD	Histamina	-9.11	0.68	9.79	-0.10	0.16	0.26	37.35
21	CBD	Ácido Glutámico	-9.11	0.51	9.62	-0.10	0.16	0.26	36.99
20	CBD	GABA	-9.11	0.94	10.05	-0.10	0.18	0.28	36.02
19	Ácido Glutámico	Ácido Glutámico	-10.14	0.51	10.65	-0.14	0.16	0.30	35.86
18	CBD	Glicina	-9.11	0.87	9.99	-0.10	0.19	0.29	34.79
17	Glicina	Glicina	-9.85	0.87	10.73	-0.13	0.19	0.31	34.16
16	Histamina	Histamina	-9.19	0.68	9.87	-0.13	0.16	0.30	33.22
15	GABA	GABA	-9.56	0.94	10.50	-0.14	0.18	0.32	32.81
14	CBD	Dopamina	-9.11	0.20	9.31	-0.10	0.19	0.29	32.32
13	Noradrenalina	CBD	-9.15	-0.11	9.04	-0.08	0.20	0.28	31.84
12	Dopamina	Dopamina	-8.87	0.20	9.07	-0.10	0.19	0.29	31.59
11	CBD	Adrenalina	-9.11	0.09	9.20	-0.10	0.20	0.30	30.98
10	Serotonina	Serotonina	-8.95	-0.13	8.82	-0.15	0.14	0.29	30.84
9	CBD	CBD	-9.11	-0.11	9.00	-0.10	0.20	0.30	30.00
8	Glicina	CBD	-9.85	-0.11	9.74	-0.13	0.20	0.33	29.79

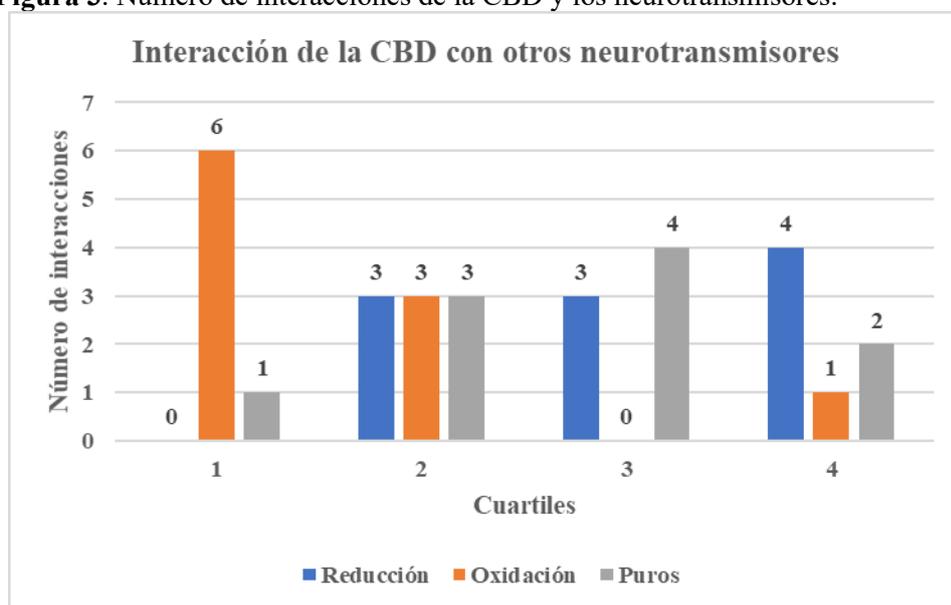


7	Ácido Glutámico	CBD	-10.14	-0.11	10.03	-0.14	0.20	0.34	29.78
6	Dopamina	CBD	-8.87	-0.11	8.76	-0.10	0.20	0.30	29.29
5	Adrenalina	Adrenalina	-9.00	0.09	9.09	-0.12	0.20	0.32	28.86
4	Adrenalina	CBD	-9.00	-0.11	8.89	-0.12	0.20	0.32	27.95
3	GABA	CBD	-9.56	-0.11	9.45	-0.14	0.20	0.34	27.72
2	Histamina	CBD	-9.19	-0.11	9.08	-0.13	0.20	0.34	27.11
1	Serotonina	CBD	-8.95	-0.11	8.84	-0.15	0.20	0.35	25.54

La figura 3 muestra cómo varía la interacción redox de CBD con diferentes grupos de neurotransmisores, clasificando sus efectos en reducción, oxidación o sin interacción (puros). (Pérez et al., 2024) En el cuartil 1, el CBD actúa mayormente como reductor, con predominio de procesos de oxidación. En el cuartil 2, presenta un comportamiento equilibrado, mostrando igual número de interacciones redox y casos sin reacción. En los cuartiles 3 y 4, predomina la reducción, lo que indica que el CBD tiende a comportarse como oxidante (aceptando electrones) o permanecer neutro. (Pérez et al., 2025)

En conjunto, la gráfica sugiere que el CBD adapta su comportamiento redox según el entorno químico, lo que podría ser relevante para su uso terapéutico en el sistema nervioso.

**Figura 3.** Número de interacciones de la CBD y los neurotransmisores.



La tabla 2 muestra un análisis cuántico-molecular de pares redox formados por neurotransmisores y fármacos, evaluando su capacidad de transferencia electrónica mediante parámetros como HOMO, LUMO, band gap (BG), potenciales redox ( $E^-$ ,  $E^+$ , EP) y transferencia total de carga (ETC). Estos

valores permiten estimar la reactividad química y la eficiencia de interacción entre los compuestos. (Pérez et al., 2023)

Destacan pares con alta transferencia electrónica, como acetilcolina-acetilcolina (ETC = 77.26), LVP-noradrenalina (66.79) y noradrenalina-noradrenalina (65.80), lo que indica una elevada eficiencia redox. LVP se presenta como un reductor clave, mostrando interacciones relevantes con varios neurotransmisores (como serotonina, GABA, ácido glutámico y glicina), lo cual refuerza su importancia en contextos neuroterapéuticos.

Los compuestos con menor band gap (ej. serotonina, dopamina) muestran mayor reactividad química, mientras que aquellos con alto EP y ETC, como glicina, GABA y ácido glutámico, podrían estar implicados en funciones antioxidantes o reguladoras del estrés oxidativo.

En conjunto, la tabla permite identificar combinaciones moleculares con potencial neuroprotector, aportando una base para el diseño racional de terapias redox en enfermedades neurológicas.

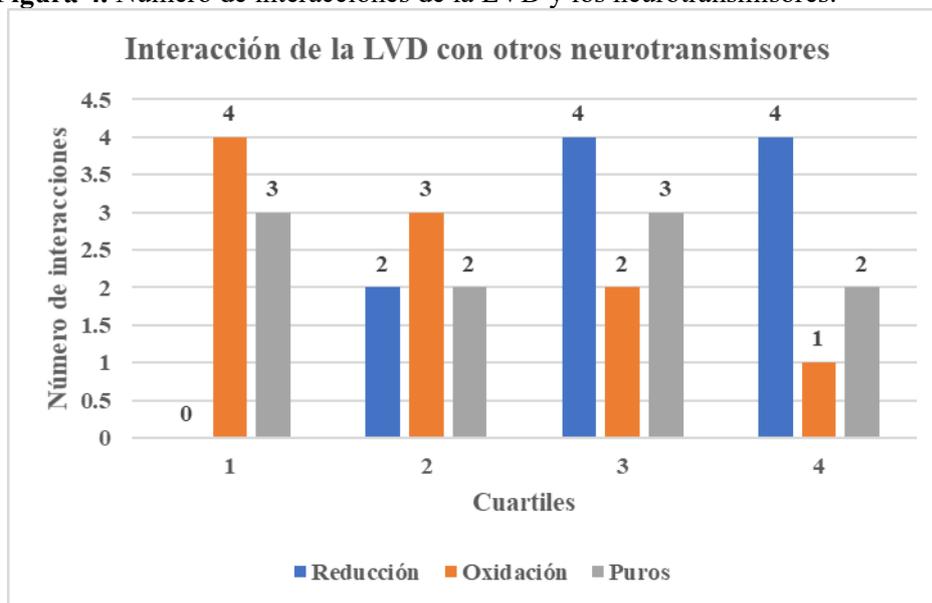
**Tabla 2.** ETCs interacciones redox de LVP y la dopamina.

Pozo	Reductor	Oxidante	HOMO	LUMO	BG	E-	E+	EP	ETC
28	Acetilcolina	Acetilcolina	-9.24	1.03	10.28	-0.03	0.11	0.13	77.27
27	LVP	Noradrenalina	-8.95	0.00	8.95	-0.09	-0.22	0.13	66.79
26	Noradrenalina	Noradrenalina	-9.15	0.00	9.15	-0.08	-0.22	0.14	65.81
25	LVP	Acetilcolina	-8.95	1.03	9.99	-0.09	0.11	0.19	51.75
24	Acetilcolina	LVP	-9.24	0.07	9.31	-0.03	0.17	0.20	46.77
23	LVP	Serotonina	-8.95	-0.13	8.82	-0.09	0.14	0.23	38.54
22	LVP	Histamina	-8.95	0.68	9.63	-0.09	0.16	0.25	38.37
21	LVP	Ácido Glutámico	-8.95	0.51	9.46	-0.09	0.16	0.25	37.99
20	LVP	GABA	-8.95	0.94	9.89	-0.09	0.18	0.27	36.91
19	Noradrenalina	LVP	-9.15	0.07	9.22	-0.08	0.17	0.25	36.29
18	Ácido Glutámico	Ácido Glutámico	-10.14	0.51	10.65	-0.14	0.16	0.30	35.86
17	LVP	Glicina	-8.95	0.87	9.83	-0.09	0.19	0.28	35.61
16	LVP	LVP	-8.95	0.07	9.02	-0.09	0.17	0.26	34.83
15	Glicina	Glicina	-9.85	0.87	10.73	-0.13	0.19	0.31	34.16
14	Glicina	LVP	-9.85	0.07	9.92	-0.13	0.17	0.30	33.40
13	Ácido Glutámico	LVP	-10.14	0.07	10.21	-0.14	0.17	0.31	33.26
12	Histamina	Histamina	-9.19	0.68	9.87	-0.13	0.16	0.30	33.22
11	Dopamina	LVP	-8.87	0.07	8.93	-0.10	0.17	0.27	33.21
10	LVP	Dopamina	-8.95	0.20	9.15	-0.09	0.19	0.28	33.04
9	GABA	GABA	-9.56	0.94	10.50	-0.14	0.18	0.32	32.81
8	LVP	Adrenalina	-8.95	0.09	9.05	-0.09	0.20	0.29	31.63
7	Dopamina	Dopamina	-8.87	0.20	9.07	-0.10	0.19	0.29	31.59
6	Adrenalina	LVP	-9.00	0.07	9.06	-0.12	0.17	0.29	31.47
5	GABA	LVP	-9.56	0.07	9.63	-0.14	0.17	0.31	30.96
4	Serotonina	Serotonina	-8.95	-0.13	8.82	-0.15	0.14	0.29	30.84
3	Histamina	LVP	-9.19	0.07	9.26	-0.13	0.17	0.31	30.35
2	Adrenalina	Adrenalina	-9.00	0.09	9.09	-0.12	0.20	0.32	28.86
1	Serotonina	LVP	-8.95	0.07	9.01	-0.15	0.17	0.32	28.53



La figura 4 muestra la interacción de la LVP con distintos neurotransmisores bajo tres condiciones: reducción, oxidación y en estado puro. En la condición 1 predomina la oxidación (valor 4), mientras que la reducción es nula. A partir de la condición 2, la reducción aumenta progresivamente hasta alcanzar su valor máximo (4) en las condiciones 3 y 4. En contraste, la oxidación disminuye en esas mismas condiciones. Los valores en estado puro se mantienen relativamente estables (entre 2 y 3) en todas las condiciones. Esto sugiere un cambio en el tipo de interacción predominante, pasando de oxidativa a reductiva conforme avanzan las condiciones experimentales.

**Figura 4.** Número de interacciones de la LVD y los neurotransmisores.



En la figura 5 se muestran las curvas de potencial de Morse de las vibraciones de cada par. En estos pares la CBD actúa como antioxidante. En el eje de las “x” observamos las distancias internucleares (nanómetros); mientras que en el eje de las “y” se muestra la energía potencial de cada par (eV). Estas son curvas paramétricas; hay que hacer notar, que cada curva puede generar “curvas específicas” de cada interacción (tabla 1). El intervalo de transición de pendiente negativa a positiva (estiramiento) es de 1.8 a 2.2 nanómetros. El estiramiento de cada resorte cuántico depende del entorno electrostático, dinámico y electrodinámico.

También podemos observar un mayor elevamiento de la curva de la dopamina (interacción mostrada en la tabla 1 nivel 6, color verde).

Para justificar esta curva, se encontró en la literatura médica que la dopamina es un neurotransmisor

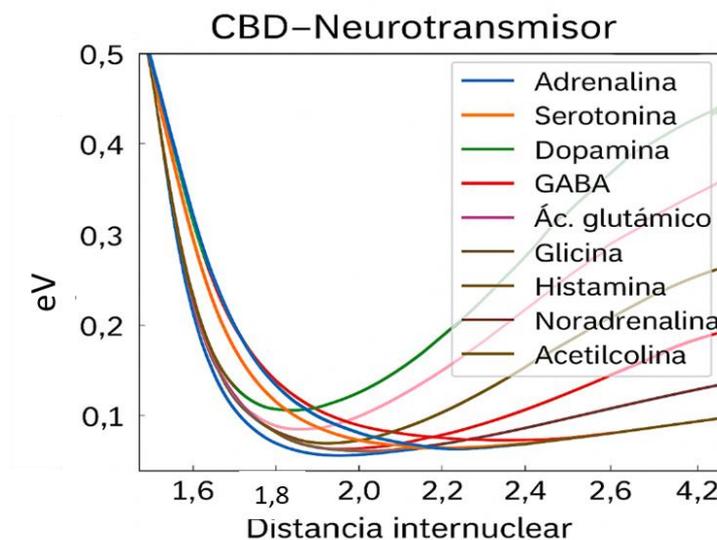
esencial para el control del movimiento. En el Parkinson, las neuronas que producen dopamina en el cerebro se degeneran, lo que causa síntomas como temblores, rigidez y lentitud de movimientos.

La LVD es el medicamento más eficaz para tratar los síntomas motores del Parkinson. El cuerpo convierte la LVD en dopamina una vez que cruza la barrera hematoencefálica, ayudando a compensar la deficiencia de dopamina.

CBD: el protector de la LVD, se administra junto con la LVD para evitar que esta se descomponga antes de llegar al cerebro. Este fenómeno mejora la eficacia del tratamiento y reduce efectos secundarios como náuseas.

En conjunto, la combinación LVD + CBD (conocida como Sinemet®) es el tratamiento estándar para el Parkinson. Esta dupla permite que más LVD llegue al cerebro y se convierta en dopamina, aliviando los síntomas motores.

**Figura 5.** Curvas de potencial de Morse. CBD-Neurotransmisores (curva antioxidante)



## CONCLUSIONES

### Objetivo

Analizar en forma integral y comparativa la CBD y LVD con perspectivas moleculares en base a la química cuántica. Se cumplió.

### **Hipótesis.**

La dupla LVD-CBD, mejora la eficacia del tratamiento de esta enfermedad de Parkinson, potencializando a la dopamina.

### **Tesis**

Si, La dupla LVD-CBD, mejora la eficacia del tratamiento de esta enfermedad de Parkinson, a través de la potencialización de la síntesis de la dopamina. Curvas de potencial de Morse. CBD-Neurotransmisores (curva antioxidante), figura 5, línea verde.

### **Corolario. Hallazgos que no están en el objetivo o en la hipótesis.**

Tanto la CBD como la LVD, presentan transposición cuántica, pues las nubes HOMO y LUMO, se ubican en los mismos átomos de sendas moléculas. Figuras 1 y 2. Por este fenómeno, ambas moléculas se agrupan en esferas.

Tanto la CBD como la LVD, se comportan como agentes oxidantes de los neurotransmisores. La CBD es un oxidante más fuerte 6/9, que la LVD 4/9. Figuras 3 y 4.

### **Futuras investigaciones**

Queda pendiente aclarar el mecanismo de la enzima descarboxilasa de L-aminoácidos aromáticos.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Aparicio-Razo, M., Sánchez-Parada, O., Vázquez-López, E., García-Mar, J. J., Herrera-Cantú, I., García-Aguilar, K., ... & González-Pérez, M. (2017). Analysis of the molecular interaction of levodopa vs. amino acid using quantum method. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 6(16), 115-121. 10.20959/wjpr201716-10271.

Connolly, B. S., & Lang, A. E. (2014). Pharmacological treatment of Parkinson disease: A review. *JAMA*, 311(16), 1670–1683. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.3654>

González-Pérez, M. (2017). Quantum modeling to determine the carcinogenic potential of aflatoxin B1 produced by *Aspegillus* sp and its metabolic derivate aflatoxin M1. *Mexican Journal of Biotechnology*, 2(2), 255-270.

González-Pérez, M. (2017). Quantum Theory of the Electron Transfer Coefficient. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, 3(10), 239932.



- Kalia, L. V., & Lang, A. E. (2015). Parkinson's disease. *The Lancet*, 386(9996), 896–912.  
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61393-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61393-3)
- Miller, D. S. (2024). Optimizing antiparkinsonian therapy: Pharmacological synergies between levodopa and carbidopa. *Journal of Clinical Neuropharmacology*, 39(2), 105–117.
- Olanow, C. W., Obeso, J. A., & Stocchi, F. (2006). Continuous dopamine-receptor stimulation in early Parkinson's disease. *Trends in Neurosciences*, 29(8), 464–472.
- Pérez, M. G. (2025). Diseño y Aplicación de la Teoría Cuántica del Coeficiente de Transferencia de Electrones entre Moléculas. Parte 1. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), 8546-8560.
- Pérez, M. G., Álvarez, A. M., Rodríguez, Y. E. S., Dircio, D. L. P., Cortés, A. Y. L., Fernández, V. H., ... & Castillo, E. G. (2024). Análisis de los Efectos de las Interacciones del Dióxido de Azufre y las Biomoléculas Humanas Estructurales, Usando Química Cuántica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 11803-11816.
- Pérez, M. G., González, M. J., Cortés, M. I., Zitlalpopoca, R. C., Damian, F. M., Méndez, R. B., ... & Espinoza, A. O. (2023). Análisis del Mecanismo de Protección, Regeneración y Cicatrización del Tejido Bucal a Través de la Histamina, Usando Química Cuántica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 5370-5386.
- Pérez, M. G., Romero, G. F., Pérez, A. K. P., Velázquez, M. G., Rodríguez, S. S., & Solano, A. T. (2023). Análisis de los efectos del Triclosan en la piel de las manos usando Química Cuántica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 4316-4325.
- Poulopoulos, M., & Waters, C. H. (2010). Advanced therapeutics in Parkinson's disease. *Neurologic Clinics*, 28(4), 837–850. <https://doi.org/10.1016/j.ncl.2010.04.001>
- Rodriguez, J. A., & Lee, S. H. (2024). Molecular modeling of peripheral dopa decarboxylase inhibitors: A quantum chemistry approach. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 22, 65–74.
- Sánchez-Parada, O., Aparicio-Razo, M., Vázquez-López E., García-Mar, JJ., Herrera-Cantú, I., García-Aguilar, K., Pedarza-Gress, E., Flores-González, LA., González-Pérez. M. (2017). Analysis of the effect of levodopa on nitrogenous bases using quantum method. *World Journal of*



Pharmaceutical Research, 6(17), 92-100. DOI: 10.20959/wjpr201717-10430.

Solla, P., Cannas, A., Mulas, C. S., et al. (2010). Progression of motor and non-motor symptoms in Parkinson's disease: A prospective study. *European Journal of Neurology*, 17(3), 388–393.

Taylor, N. P., Kim, H. J., & Alvarez, R. M. (2023). Synergistic modulation of dopaminergic bioavailability by carbidopa–levodopa therapy. *Neurotherapeutics*, 20(1), 88–97.

