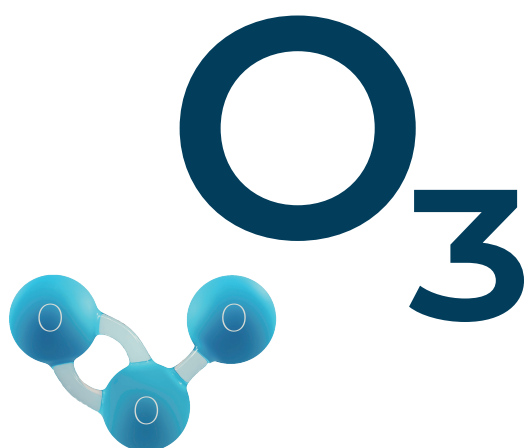


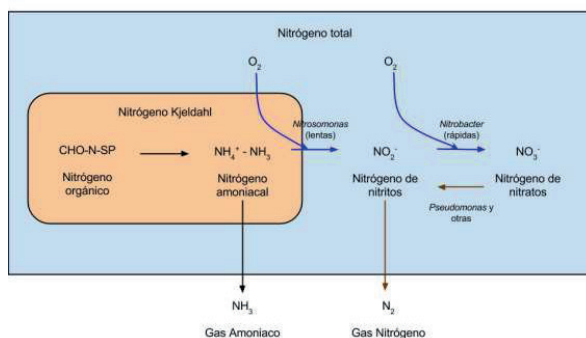


Ozonización de compuestos nitrogenados



La oxidación de compuestos orgánicos nitrogenados es muy compleja debido a la gran variedad química presente en las aguas residuales. Concretamente la oxidación de estos mediante ozono en agua, atiende a procesos tanto puramente químicos como de transferencia de materia entre fases. A groso modo, se contempla un esquema general donde se oxidan progresivamente los compuestos presentándose el nitrógeno en una forma u otra dependiendo principalmente del estado de oxidación, la temperatura y el pH de los procesos implicados:
Nitrógeno Orgánico (aminas, amidas, cianuros...)
→ $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3^-$ → NO_2^- → NO_3^- → N_2

El ciclo del nitrógeno en la naturaleza se cierra en los nitratos, donde vuelven a ser consumidos por las plantas para formar de nuevo nitrógeno orgánico. El concepto nitrógeno total engloba a todas las formas del nitrógeno presentes. En primera instancia nos encontramos con compuestos tales como la urea, el ácido úrico, anilinas u otros compuestos cíclicos o lineales de esqueletos carbonados donde el nitrógeno se encuentra asociado. En este punto es donde prioritariamente actúa la mayor cantidad de ozono suministrado, rompiendo las cadenas de carbonos y simplificando las formas en las que se presenta el nitrógeno.



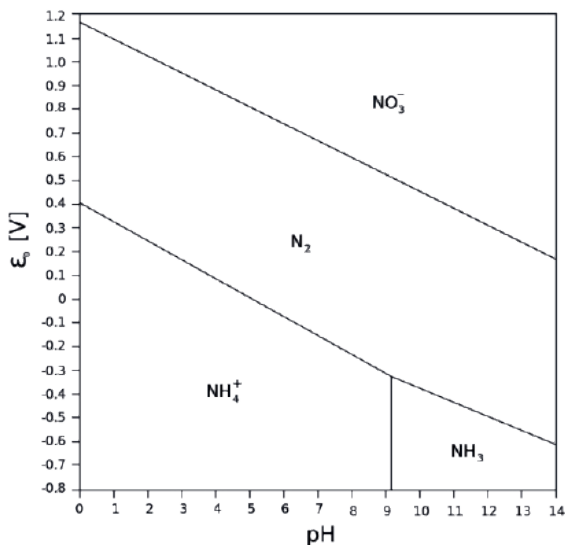
Posteriormente, tras una oxidación, parte del nitrógeno orgánico pasar al estado de nitrógeno amoniacal. Este se encuentra en equilibrio ácido/base con su par conjugado que es el amoniaco. A pH ácidos predomina la forma amoniacal, mientras que a pH alcalino comienza a predominar la molécula de amoniaco, la cual es relativamente fácil de volatilizar.



Ozonización de compuestos nitrogenados

A continuación, la oxidación del nitrógeno amoniacal da como resultado la formación de aniones nitritos, el cual suele ser una especie transitoria de rápida oxidación y difícil volatilización.

Finalmente, el nitrito se oxida a nitrato, forma final y estable del nitrógeno ya que se encuentra en su máximo estado de oxidación (+5). A partir de aquí solo existe las opciones de reducción a nitrito, di-nitrógeno o vuelta al comienzo del ciclo mediante reducciones bioquímicas.



Se adjunta el diagrama de pourbaix del nitrógeno donde se grafica el comportamiento ideal de las especies interconvertibles del nitrógeno en disolución acuosa en función de las condiciones de potencial electroquímico y pH:

Tras un análisis en la bibliografía disponible, se obtienen algunas conclusiones concretas y particulares de cada caso de estudio, donde se corrobora la oxidación de especies nitrogenadas mediante procesos de ozonización:

- Se demuestra la degradación de dietilamina en presencia de ozono a pH 6,5 y una dosis de 40 g/m³ a 35 L/h. La combinación de la ozonización con procesos fotocatalíticos y radiativos mejoran notablemente el potencial de oxidación en los procesos de degradación.

- Se observaron tanto concentraciones crecientes de nitratos como concentraciones decrecientes de amonio aplicando dosis crecientes de ozono. Se usaron diferentes proporciones de ozono en gramos por gramo de nitrógeno orgánico disuelto, además de concentraciones desde 100 hasta 400 μ M. Se demostró una correlación entre las concentraciones de nitrato y las dosis de exposición de ozono tanto en aguas sintéticas como reales.

- También se aumenta la efectividad de procesos biológicos de desnitrificación tratando previamente el sustrato con ozono a pH 9 y con una dosis de 0,112 g O₃/L.

- Igualmente, la ozonización se ha usado en procesos de nitrificación/desnitrificación reportando buenos resultados al minimizar la cantidad de lodos generados.