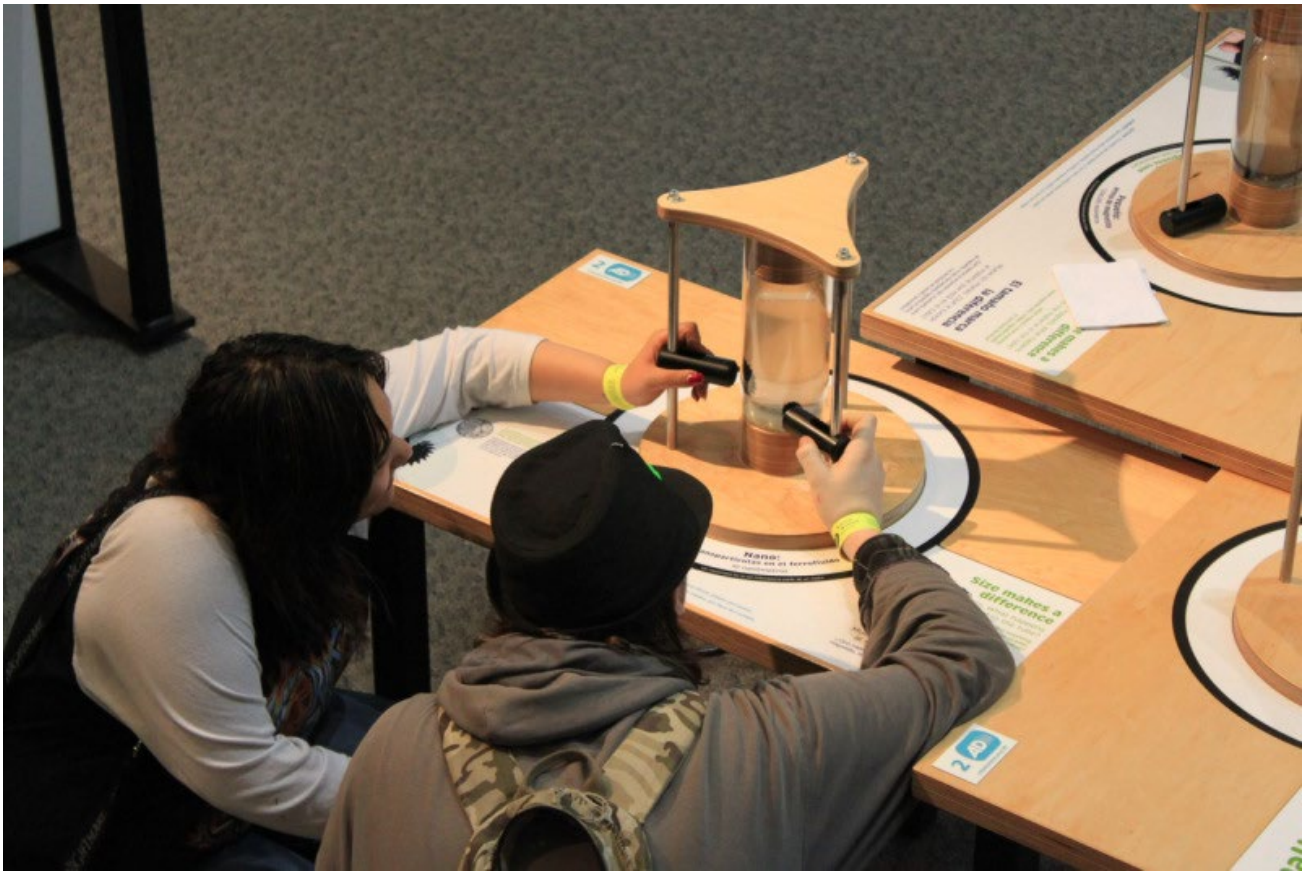
REVISTA BIOIKA

ECOVOCES

Edição 13 • outubro de 2026
ISSN: 2619-3191 (Em línea)

Nanomateriais: os pequenos invisíveis de grandes impactos

Por Analía Ale



A nanotecnologia é uma disciplina ampla que inclui a fabricação e a utilização de materiais com dimensões tão reduzidas que só podem ser vistos com o uso de microscópios especializados. No entanto, justamente por causa de seu tamanho, eles também podem causar efeitos indesejados na saúde dos ecossistemas e das pessoas —efeitos que ainda estamos estudando. / Imagem: Ryan Somma - Flickr

A nanotecnologia é definida como a disciplina dedicada à síntese e à aplicação de nanomateriais (NM), que incluem nanopartículas (NP), nanotubos, nanofios e nanolâminas, entre outras formas, cujas propriedades são de interesse para aplicações específicas.

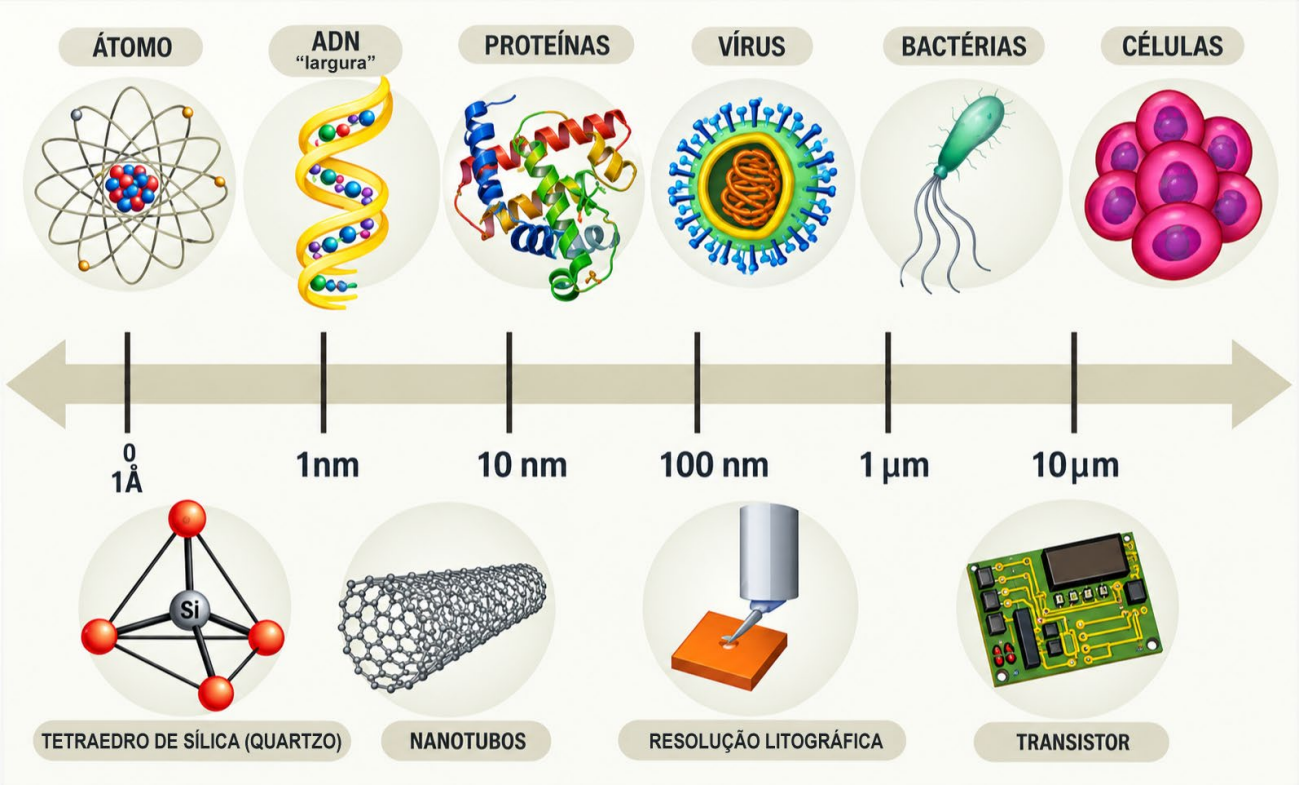
Edição 13 • outubro de 2026
ISSN: 2619-3191 (Em línea)



O que é a nanociência e para que a utilizamos? / Vídeo: CanalTech. Video: https://www.youtube.com/watch?v=9cO4Ze3Ccmk

De acordo com as definições normativas da União Europeia, considera-se **nanomaterial** todo material que apresente uma **dimensão entre 1 e 100 nanômetros** (um único fio de cabelo humano tem uma espessura média de aproximadamente 80.000 a 100.000 nanômetros), ou que 50% ou mais de seus componentes estejam dentro dessa faixa de tamanho, abrangendo, assim, diferentes formas estruturais, como partículas, fibras, tubos ou discos.

Edição 13 • outubro de 2026
ISSN: 2619-3191 (Em línea)



Escala de dimensões para identificar a escala nanométrica e a faixa de tamanhos em que podemos situar os nanomateriais em comparação com elementos de origem natural. / Imagem: https://quimicasthai.wordpress.com/

O caminho da nanotecnologia começou aproximadamente na década de 1990, com o desenvolvimento desses materiais invisíveis, que se mostraram muito úteis e eficientes e que, inclusive, permitiram tornar mais econômicos diversos processos de síntese industrial, como a síntese de polímeros, a mistura de concreto, o desenvolvimento de tintas para automóveis ou a fabricação de baterias, reduzindo os custos operacionais e aumentando a velocidade de produção.

Neste artigo, faremos a distinção entre os NM sintetizados por processos de engenharia e aqueles que ocorrem naturalmente no ambiente. Nosso planeta produz NM há milhões de anos por meio de processos geológicos, atmosféricos e biológicos. É o caso dos aerossóis de sal marinho, da poeira dos desertos ou dos óxidos

Edição 13 • outubro de 2026
ISSN: 2619-3191 (Em línea)

metálicos liberados no ambiente como resultado da erosão causada pela água e do intemperismo das rochas.

Por sua vez, as NP sintetizadas por meio de procedimentos de engenharia apresentam uma variedade muito maior. Entre as mais conhecidas, as NP magnéticas são utilizadas em vacinas e medicamentos, enquanto as NP à base de metais são empregadas na formulação de determinados alimentos para conferir-lhes alguma característica, como uma coloração mais intensa, ou para adicionar algum elemento desejável à dieta, como o zinco. Além disso, as NP são utilizadas no desenvolvimento de produtos de uso diário, como dentifrícios, protetores solares, cremes hidratantes e maquiagens; também são empregadas em filtros de água e de ar, embalagens de alimentos e, praticamente, em tudo ao nosso redor! Particularmente importantes são os NM à base de carbono (como os grafenos), aplicados em produtos como tintas, cimento, calçados esportivos ou pneus, pois conferem resistência e elasticidade ao mesmo tempo.

Menos é mais, mas quanto mais?

Como explicamos anteriormente, uma das promessas mais importantes dos NM é a eficiência e a redução dos custos envolvidos em sua síntese, em comparação com suas contrapartes macrométricas. Por exemplo, um dos NM mais populares e estudados é a nanoprata (ou NP de prata). A nanoprata desperta grande interesse devido às suas atividades antimicrobianas únicas e ao fato de que sua síntese é relativamente simples e econômica. Em outras palavras, para obter um determinado efeito bactericida, por exemplo, em produtos de limpeza, é necessária uma menor quantidade do elemento prata quando partimos da nanoprata do que quando utilizamos um sal de prata, como o nitrato de prata. A nanoprata se popularizou, sobretudo, durante a pandemia de

Edição 13 • outubro de 2026
ISSN: 2619-3191 (Em línea)

COVID-19, quando passou a ser facilmente encontrada em produtos de limpeza «com nanotecnologia» e até mesmo em máscaras de uso diário.



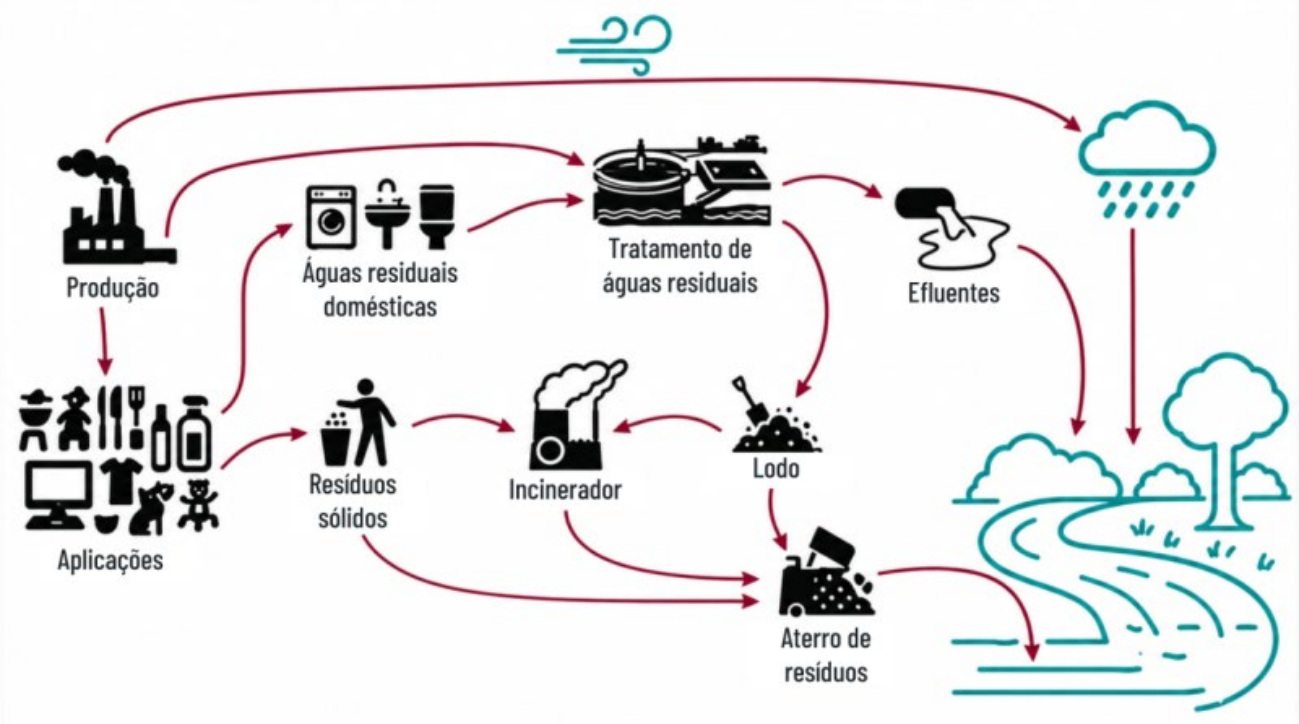
Imagens representativas de máscaras com adição de nanopartículas de prata (à esquerda) e de guloseimas com adição de nanopartículas de dióxido de titânio (à direita). / Imagem: ChatGPT

Mas o que acontece quando inalamos nanoprata por meio de máscaras que contêm esse material? E o que acontece quando ingerimos grandes quantidades de NP de dióxido de titânio (ou nanotitânio) ao consumir balas? Essas questões também são importantes e têm despertado grande interesse entre toxicologistas e ecotoxicologistas, que buscam investigar se esses materiais são realmente invisíveis ao nosso sistema imunológico e compreender seu destino ambiental quando chegam aos ecossistemas por diferentes vias e entram em contato com a biota local.

Parte-se do pressuposto de que, ao longo de todo o ciclo de vida dos NM, esses materiais são liberados no ambiente em quantidades ainda desconhecidas. Isso se deve, em parte, ao fato de que

Edição 13 • outubro de 2026
ISSN: 2619-3191 (Em línea)

atualmente não há regulamentação estabelecida que determine os limites permitidos de emissão desses materiais no ambiente. Além disso, não há regulamentação que obrigue as empresas a declarar — e incluir na rotulagem dos produtos — o uso de NM em suas formulações.



Esquema que mostra as possíveis vias de liberação de nanomateriais no ambiente ao longo de seu ciclo de vida, que atualmente não contam com regulamentações nacionais ou internacionais que controlem as vias de exposição, transporte ou armazenamento desses nanomateriais. / Imagem: Ale y Andrade (2023)

Essa incerteza tem gerado uma preocupação crescente e contribuído para o surgimento de uma área científica que hoje conhecemos como **Nanotoxicologia**. Nessa área, estudamos os possíveis efeitos tóxicos que podem ocorrer quando quantidades crescentes de NM entram em contato com nossas células (e com as células dos demais organismos do planeta). Esses estudos são fundamentais para gerar informações que possam subsidiar futuras medidas de regulamentação e prevenção por parte das autoridades

Edição 13 • outubro de 2026
ISSN: 2619-3191 (Em línea)

competentes. Poderíamos supor que a nanotoxicologia ganhou importância nas últimas décadas; no entanto, seu desenvolvimento não acompanha o ritmo de expansão da nanotecnologia.

O que sabemos até o momento é que os NM podem sofrer diversas modificações em sua estrutura quando chegam aos ambientes naturais e interagem com seus componentes. Nos sistemas aquáticos, por exemplo, uma vez que entram no ambiente, tendem a se aglomerar e sedimentar. Quando isso acontece, esses NM podem interagir com organismos que vivem no fundo, como pequenos invertebrados, alguns peixes e moluscos. Existem estimativas, embora ainda bastante variáveis, sobre as concentrações previstas de diferentes tipos de NM nas matrizes ambientais (água, ar e sedimento). Embora, na maioria dos casos, sejam concentrações muito baixas, alguns NM merecem atenção especial, como as NP de dióxido de titânio, também conhecidas como nanotitânio.

Nanotoxicologia e uma perspectiva ambiental

Estudar como os NM afetam a saúde humana e o meio ambiente é fundamental para ampliar a compreensão dos possíveis riscos associados à exposição a esses materiais. Nesse contexto, os NM têm sido amplamente estudados, por meio de experimentos controlados, em organismos aquáticos, como peixes e invertebrados (microcrustáceos e bivalves) e, em menor proporção, em organismos terrestres. Está bem documentado que muitos NM podem desencadear, nas células com as quais entram em contato, um mecanismo de toxicidade conhecido como estresse oxidativo. Esse processo está relacionado ao envelhecimento celular precoce e à ativação de diferentes respostas celulares que buscam reduzir os danos causados pelo estresse.

Edição 13 • outubro de 2026
ISSN: 2619-3191 (Em línea)

Por exemplo, diversos estudos demonstraram que alguns NM, como a nanoprata, a nanosílica e o nanotitânio, podem interferir nos mecanismos naturais de defesa dos organismos. Em particular, podem alterar a atividade de enzimas antioxidantes, responsáveis por neutralizar substâncias potencialmente nocivas conhecidas como espécies reativas de oxigênio. Essas substâncias podem se tornar tóxicas para as células quando se acumulam em excesso. Os NM também podem afetar enzimas responsáveis por transformar compostos tóxicos em substâncias mais fáceis de serem eliminadas pelo organismo. Além disso, ensaios realizados em condições controladas de laboratório indicam que esses NM podem provocar outros efeitos negativos, como alterações nas reservas de energia, no crescimento e na reprodução, danos aos tecidos e alterações no funcionamento das membranas celulares. Em peixes expostos a esses NM, por exemplo, já foram observadas lesões nas brânquias, um tecido fundamental para a respiração na água.

Um aspecto particularmente interessante é que os efeitos tóxicos também dependem do ambiente em que os NM são liberados. Em ambientes marinhos, por exemplo, esses materiais tendem a se aglomerar e sedimentar mais rapidamente do que em ambientes de água doce. Além disso, a toxicidade de um NM não depende apenas da concentração à qual o organismo é exposto. Ela também pode variar de acordo com o organismo envolvido — organismos filtradores, como os bivalves, são particularmente suscetíveis —, com o tipo de ambiente (terrestre, atmosférico, de água doce ou marinho) e com as propriedades específicas de cada nanomaterial.

Em nosso laboratório de **Ecotoxicologia da Faculdade de Bioquímica e Ciências Biológicas da Universidade Nacional do Litoral (UNL, Argentina)**, há anos investigamos os efeitos tóxicos de concentrações ambientalmente relevantes de NM, principalmente NP metálicas, em organismos aquáticos, como peixes, bivalves e

Edição 13 • outubro de 2026
ISSN: 2619-3191 (Em línea)

microcrustáceos. Também mantemos colaborações com outras instituições, tanto nacionais, como o **Instituto Nacional de Limnologia (INALI, CONICET-UNL)** e a **Universidade de Buenos Aires**, quanto internacionais, como a **Universidade Federal do Rio Grande (Brasil)** e a **Università degli Studi di Siena (Itália)**.

Em diversos estudos que realizamos, identificamos respostas significativas relacionadas aos efeitos dos NM sobre diferentes parâmetros biológicos dos organismos, incluindo alterações no equilíbrio antioxidante e o desenvolvimento de lesões nos tecidos.

Rumo à nanossegurança

Por tudo isso, tem crescido a atenção voltada ao desenvolvimento de nanotecnologias mais amigáveis ao meio ambiente. Nesse contexto, novas metodologias de síntese, conhecidas como “síntese verde” ou “química verde”, incluem o uso de estabilizantes não tóxicos à base de plantas e de seus extratos, como frutos, folhas, caules e raízes. Também são utilizados microrganismos, como bactérias e fungos, para estabilizar os materiais e evitar que percam sua dimensão “nano” — e, curiosamente, até mesmo extratos de moscas! Embora a potencial toxicidade desses “NM verdes” ainda precise ser melhor esclarecida, essa abordagem representa um caminho promissor para um futuro mais sustentável.

Da mesma forma, no que diz respeito à regulamentação dos possíveis efeitos negativos que os NM podem causar no ambiente, ganha espaço o conceito de “seguro desde o projeto” (safe by design). Nesse sentido, diversas iniciativas da comunidade científica internacional têm impulsionado uma abordagem que recomenda não apenas o uso de substâncias não tóxicas desde as etapas iniciais da síntese de um NM, mas também o monitoramento de todo o processo de produção, uso e descarte, a fim de verificar se esses

Edição 13 • outubro de 2026
ISSN: 2619-3191 (Em línea)

materiais podem causar efeitos tóxicos em caso de exposição dos organismos — incluindo nós, seres humanos.

É justamente nesse ponto que a nanotecnologia e a nanotoxicologia podem convergir, permitindo que continuemos aproveitando os inúmeros benefícios dos NM e, ao mesmo tempo, contribuindo para garantir um futuro mais sustentável para todos nós.

Mais informações:

1. Rauscher H, Kestens V, Rasmussen K, Linsinger T, Stefaniak E (2023). 1092 Guidance on the Implementation of the Commission 1093 Recommendation 2022/C 229/01 on the Definition of Nanomaterial.; 1094. doi:10.2760/143118.
2. Ale A, Andrade VS (2024). Nano-ecotoxicología: una mirada ambiental. En: NANOTECNOLOGÍA y Sociedad en Argentina. Vol. 2. Regiones del Conocimiento Tecnocientífico, 471-498.

Edição: Diego Frau

Colaboração: Ángela Gutiérrez C., Mitha Angulo, David F. González T.

Cite como: Ale, A. 2026. Nanomateriais: os pequenos invisíveis de grandes impactos. Revista Bioika, edição 13. Disponível em: https://revistabioika.org/pt/ecovozes/post?id=186