

PRINCIPIO 1

QUÍMICA VERDE



Prevención: *Es mejor prevenir la generación de residuos que tratar o limpiar los residuos después de que se hayan formado.*

-  **Impacto ambiental:** Reducir la generación de residuos minimiza la contaminación del aire, agua y suelo, protegiendo así los ecosistemas y la biodiversidad.
-  **Salud humana:** Prevenir la generación de residuos también reduce la exposición humana a sustancias peligrosas, mejorando la salud y seguridad de los trabajadores y comunidades.
-  **Eficiencia económica:** La prevención de residuos puede reducir costos asociados con la gestión de residuos, tratamiento y cumplimiento normativo, haciendo los procesos más económicos y sostenibles.



Microescala



¿QUÉ PUEDO HACER?

Utilizar reactivos y condiciones de reacción que **minimicen la formación de subproductos y residuos.**

Referencia:

Miranda Ruvalcaba, R., Cid del Prado Mejía, K., Noguez Córdova, M. O., Escobedo González, R. G., Martínez, J. O., Cortés Ruiz Velasco, J. F., Reyes Sánchez, L. B., & Morales Morales, D. (2024). Química verde: Principio por principio (1st ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 978-607-30-8720-9

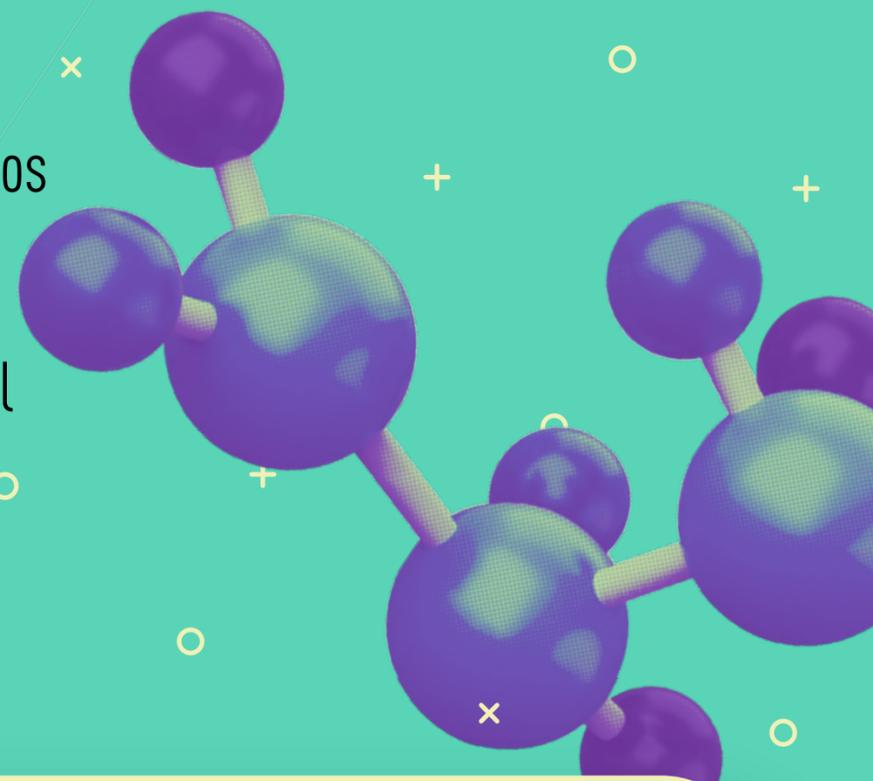


PRINCIPIO 2

QUÍMICA VERDE

"Los métodos de síntesis deberán diseñarse de manera que se incorporen al máximo los reactivos en el producto final, minimizando la formación de subproductos, lo que favorece también al Principio 1".

-  **Eficiencia de recursos:** Este principio promueve el uso eficiente de los recursos, asegurando que la mayor cantidad posible de átomos de los reactivos se conviertan en parte del producto final.
-  **Reducción de residuos:** Minimiza la generación de subproductos y residuos, lo que reduce la necesidad de tratamiento y eliminación de desechos.
-  **Impacto ambiental:** Disminuye el impacto ambiental al usar menos materias primas y generar menos residuos.
-  **Eficiencia económica:** Aumenta la rentabilidad de los procesos al optimizar el uso de materiales y reducir costos de residuos.

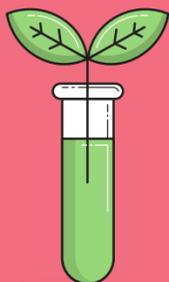


¿Qué puedo hacer?

Realizar reacciones en condiciones que **maximicen el rendimiento y la incorporación de átomos.**

Referencia:

Miranda Ruvalcaba, R., Cid del Prado Mejía, K., Noguez Córdova, M. O., Escobedo González, R. G., Martínez, J. O., Cortés Ruiz Velasco, J. F., Reyes Sánchez, L. B., & Morales Morales, D. (2024). Química verde: Principio por principio (1st ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 978-607-30-8720-9



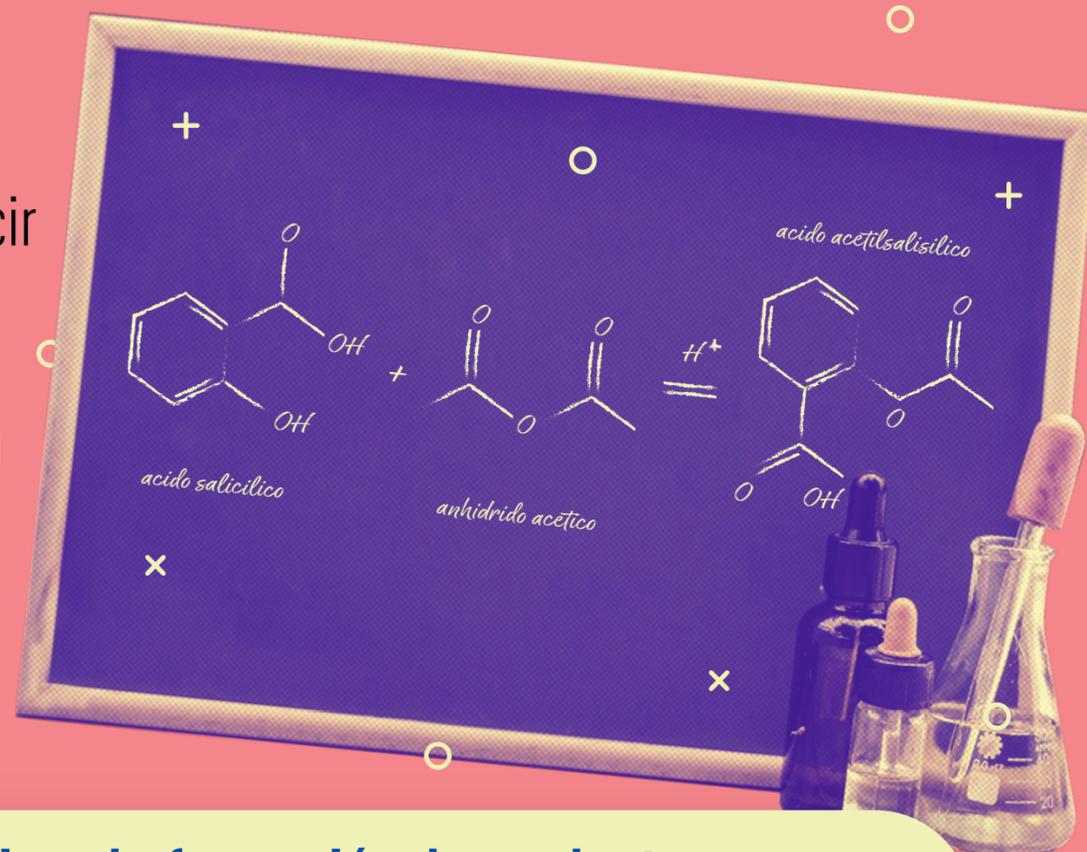
PRINCIPIO 3

QUÍMICA VERDE



"Siempre que sea posible, los métodos de síntesis deberán diseñarse para utilizar y generar sustancias que tengan poca o ninguna toxicidad, tanto para el hombre como para el medio ambiente".

-  **Seguridad humana y ambiental:** Este principio prioriza la protección de la salud humana y el medio ambiente, promoviendo el uso de sustancias no tóxicas en los procesos químicos.
-  **Prevención de riesgos:** Minimiza los riesgos asociados con la manipulación, almacenamiento y eliminación de sustancias peligrosas.
-  **Cumplimiento normativo:** Facilita el cumplimiento de regulaciones ambientales y de seguridad laboral al reducir el uso de sustancias peligrosas.
-  **Responsabilidad social:** Refleja un compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad social corporativa.

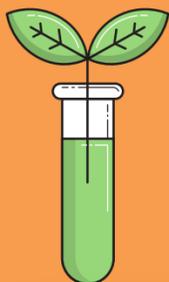


¿Qué puedo hacer?

Realizar reacciones en condiciones que **minimicen la formación de productos peligrosos.**

Referencia:

Miranda Ruvalcaba, R., Cid del Prado Mejía, K., Noguez Córdova, M. O., Escobedo González, R. G., Martínez, J. O., Cortés Ruiz Velasco, J. F., Reyes Sánchez, L. B., & Morales Morales, D. (2024). *Química verde: Principio por principio* (1st ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 978-607-30-8720-9



PRINCIPIO 4

QUÍMICA VERDE



"Los productos químicos deberán ser diseñados de manera que mantengan la eficacia a la vez que reduzcan su toxicidad".

- Seguridad:** Prioriza la seguridad de los usuarios finales y del medio ambiente, reduciendo los riesgos asociados con la exposición a productos químicos tóxicos.
- Desempeño y funcionalidad:** Asegura que los productos cumplan con su función prevista sin comprometer la seguridad.
- Responsabilidad:** Promueve la responsabilidad social y ambiental en el desarrollo de nuevos productos químicos.
- Cumplimiento normativo:** Facilita el cumplimiento de regulaciones sobre el uso y disposición de productos químicos.

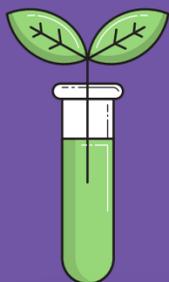


¿Qué puedo hacer?

- Evaluar la toxicidad de los productos químicos** durante las etapas de diseño y desarrollo.
- Identificar y eliminar** componentes con **alta toxicidad**.
- Diseñar **moléculas que sean efectivas** en su función pero con **menor toxicidad**.
- Optimizar las estructuras químicas** para reducir la toxicidad sin perder eficacia.
- Realizar pruebas exhaustivas** para asegurar que los productos son seguros para su uso previsto.
- Validar que los productos **no generen subproductos tóxicos durante su uso o degradación**.

Referencia:

Miranda Ruvalcaba, R., Cid del Prado Mejía, K., Noguez Córdova, M. O., Escobedo González, R. G., Martínez, J. O., Cortés Ruiz Velasco, J. F., Reyes Sánchez, L. B., & Morales Morales, D. (2024). Química verde: Principio por principio (1st ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 978-607-30-8720-9



PRINCIPIO 5

QUÍMICA VERDE



"El uso de sustancias auxiliares (disolventes, agentes de separación, etcétera) debe ser eliminado de los procesos cuando sea posible, si el uso es necesario estos deberán ser inocuos."

- 
Seguridad y salud: Minimiza la exposición a disolventes y sustancias peligrosas, protegiendo la salud.
- 
Impacto ambiental: Reduce la contaminación ambiental y los desechos peligrosos, promoviendo un entorno más limpio.
- 
Eficiencia de recursos: Promueve el uso eficiente de recursos al reducir la necesidad de disolventes y otras sustancias auxiliares.
- 
Cumplimiento regulatorio: Facilita el cumplimiento de normativas sobre el manejo y disposición de sustancias químicas peligrosas.



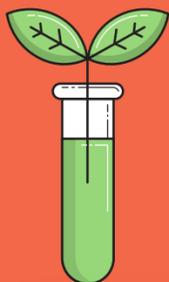
¿Qué puedo hacer?

- 
 Diseñar procesos que **reduzcan o eliminen la necesidad de disolventes**.
- 
 Usar **disolventes no tóxicos, biodegradables y de bajo impacto ambiental**, como el agua, etanol y acetato de etilo.
- 
 Evitar disolventes peligrosos como **benceno, cloroformo y tetracloruro de carbono**.

Referencia:

Miranda Ruvalcaba, R., Cid del Prado Mejía, K., Noguez Córdova, M. O., Escobedo González, R. G., Martínez, J. O., Cortés Ruiz Velasco, J. F., Reyes Sánchez, L. B., & Morales Morales, D. (2024). Química verde: Principio por principio (1st ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 978-607-30-8720-9





PRINCIPIO 6

QUÍMICA VERDE



"Los requerimientos de energía en los procesos químicos deben ser reconocidos por su impacto ambiental y económico. Por lo que deben de ser minimizados, así mismo se preferirá el uso de presión y temperatura ambiente".

-  **Impacto ambiental:** Reducir el consumo de energía disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.
-  **Sostenibilidad:** Promueve el uso eficiente de los recursos energéticos, lo cual es crucial para la sostenibilidad a largo plazo.
-  **Costos operativos:** La eficiencia energética puede reducir significativamente los costos asociados con el consumo de energía en los procesos químicos.
-  **Innovación tecnológica:** Fomenta el desarrollo de nuevas tecnologías y métodos que optimicen el uso de energía en las reacciones químicas.

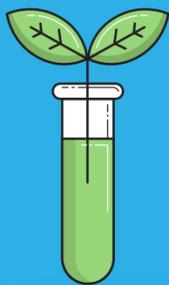


¿Qué puedo hacer?

-  Diseñar procesos químicos que puedan **llevarse a cabo a temperatura y presión ambiente, reduciendo así la necesidad de calefacción y refrigeración.**
-  **Adoptar tecnologías que optimicen el uso de energía,** como la microondas, ultrasonido y fotocatalisis.
-  **Integrar fuentes de energía renovable,** como la solar, eólica o hidroeléctrica, en los procesos de producción.

Referencia:

Miranda Ruvalcaba, R., Cid del Prado Mejía, K., Noguez Córdova, M. O., Escobedo González, R. G., Martínez, J. O., Cortés Ruiz Velasco, J. F., Reyes Sánchez, L. B., & Morales Morales, D. (2024). Química verde: Principio por principio (1st ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 978-607-30-8720-9



PRINCIPIO 7

QUÍMICA VERDE



"Una materia prima debe ser renovable en lugar de agotarse siempre que sea técnica y económicamente posible".

-  **Sostenibilidad:** El uso de materias primas renovables reduce la dependencia de recursos no renovables, promoviendo la sostenibilidad a largo plazo.
-  **Impacto ambiental:** Disminuye el impacto ambiental asociado con la extracción y uso de recursos no renovables, como los combustibles fósiles.
-  **Economía circular:** Promueve la economía circular al reutilizar y reciclar recursos renovables, cerrando el ciclo de vida de los productos.
-  **Innovación:** Fomenta la innovación en la búsqueda de nuevas fuentes de materias primas y tecnologías más sostenibles.

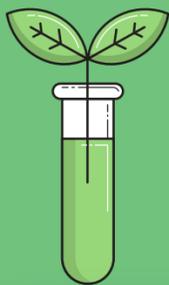


¿Qué puedo hacer?

-  Identificar y utilizar **materias primas de fuentes renovables** como biomasa, aceites vegetales y residuos agrícolas.
-  Utilizar **procesos biotecnológicos**, como la fermentación y la biocatálisis, para transformar biomasa en productos químicos.
-  Realizar **evaluaciones de ciclo de vida** para asegurar que el uso de materias primas renovables sea realmente beneficioso desde el punto de vista ambiental y económico.

Referencia:

Miranda Ruvalcaba, R., Cid del Prado Mejía, K., Noguez Córdova, M. O., Escobedo González, R. G., Martínez, J. O., Cortés Ruiz Velasco, J. F., Reyes Sánchez, L. B., & Morales Morales, D. (2024). Química verde: Principio por principio (1st ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 978-607-30-8720-9



PRINCIPIO 8

QUÍMICA VERDE



"Se evitará en lo posible la formación de derivados que impliquen sistemas de bloqueo temporal, es decir, de protección/desprotección para evitar el desperdicio y uso adicional de sustratos-reactivos-disolventes".

-  **Eficiencia:** El uso de derivados añade pasos adicionales a los procesos químicos, lo que puede aumentar el tiempo y los costos de producción.
-  **Minimización de residuos:** Cada paso adicional puede generar residuos y subproductos no deseados, aumentando el impacto ambiental del proceso.
-  **Seguridad:** Evitar derivados puede reducir la manipulación de reactivos adicionales, mejorando la seguridad en el laboratorio y en la producción.
-  **Sostenibilidad:** Procesos más directos y eficientes contribuyen a la sostenibilidad al utilizar menos recursos y generar menos residuos.

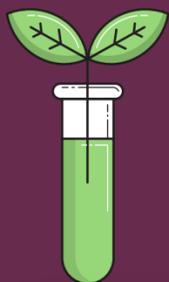


¿Qué puedo hacer?

-  **Desarrollar métodos sintéticos** que eviten la necesidad de grupos protectores y otros derivados.
-  **Optimizar las rutas sintéticas** para que los reactivos se conviertan directamente en el producto deseado.

Referencia:

Miranda Ruvalcaba, R., Cid del Prado Mejía, K., Noguez Córdova, M. O., Escobedo González, R. G., Martínez, J. O., Cortés Ruiz Velasco, J. F., Reyes Sánchez, L. B., & Morales Morales, D. (2024). Química verde: Principio por principio (1st ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 978-607-30-8720-9



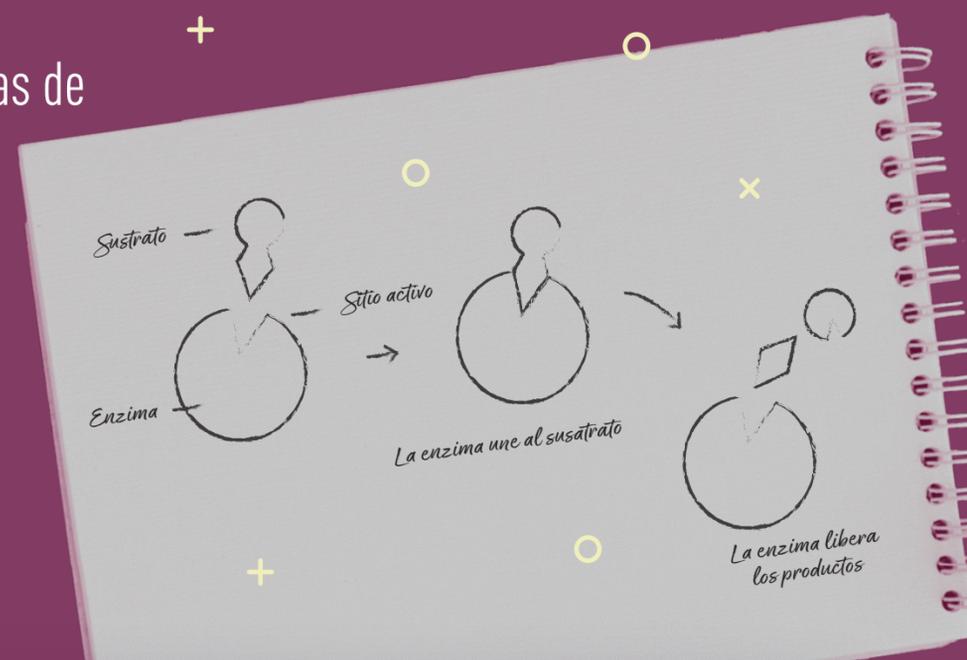
PRINCIPIO 9

QUÍMICA VERDE



"Se emplearán catalizadores (los más selectivos), reutilizables en lo posible, en lugar de reactivos estequiométricos."

- Eficiencia:** Los catalizadores aumentan la velocidad de las reacciones químicas y permiten que se lleven a cabo bajo condiciones más suaves (temperatura y presión más bajas), lo que puede ahorrar energía y reducir costos.
- Selectividad:** Los catalizadores selectivos producen menos subproductos indeseados, aumentando la eficiencia de la reacción y disminuyendo la necesidad de purificación.
- Reducción de residuos:** Al evitar el uso de cantidades estequiométricas de reactivos, los catalizadores reducen la cantidad de residuos generados.
- Sostenibilidad:** Los procesos catalíticos son más sostenibles porque utilizan menos recursos y generan menos desechos, alineándose con los principios de la química verde.

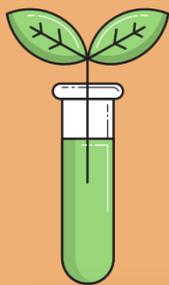


¿Qué puedo hacer?

- Implementar sistemas para **recuperar y reutilizar catalizadores**, reduciendo los costos y el **impacto ambiental**.
- Emplear **enzimas como catalizadores** en procesos biotecnológicos, aprovechando su **alta selectividad y eficiencia** bajo condiciones suaves.
- Investigar y desarrollar catalizadores que sean **altamente eficientes y selectivos** para las reacciones deseadas.
- Utilizar **catalizadores homogéneos y heterogéneos** dependiendo de la aplicación específica.

Referencia:

Miranda Ruvalcaba, R., Cid del Prado Mejía, K., Noguez Córdova, M. O., Escobedo González, R. G., Martínez, J. O., Cortés Ruiz Velasco, J. F., Reyes Sánchez, L. B., & Morales Morales, D. (2024). *Química verde: Principio por principio* (1st ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 978-607-30-8720-9



PRINCIPIO 10

QUÍMICA VERDE



"Los productos químicos se diseñarán de tal manera que al finalizar su función no persistan en el medioambiente, sino que se transformen en productos de degradación inocuos."

-  **Reducción de la contaminación:** Diseñar productos que se descompongan en sustancias inocuas reduce la acumulación de contaminantes en el medio ambiente.
-  **Biodiversidad y ecosistemas:** Minimiza el impacto negativo en la vida silvestre y los ecosistemas, preservando la biodiversidad.
-  **Salud humana:** Disminuye el riesgo de exposición a sustancias químicas peligrosas y persistentes que pueden tener efectos adversos en la salud humana.
-  **Ciclo de vida del producto:** Promueve una gestión más sostenible del ciclo de vida de los productos químicos, desde su creación hasta su eliminación.

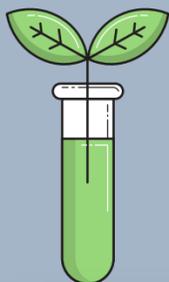


¿Qué puedo hacer?

-  **Utilizar materiales que sean fácilmente biodegradables** y no generen productos de degradación tóxicos.
-  Realizar pruebas exhaustivas para asegurar que **los productos se degradan de manera segura y completa** después de su uso.
-  Validar que **los productos de degradación no sean tóxicos** y sean inofensivos para el medio ambiente.

Referencia:

Miranda Ruvalcaba, R., Cid del Prado Mejía, K., Noguez Córdova, M. O., Escobedo González, R. G., Martínez, J. O., Cortés Ruiz Velasco, J. F., Reyes Sánchez, L. B., & Morales Morales, D. (2024). Química verde: Principio por principio (1st ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 978-607-30-8720-9

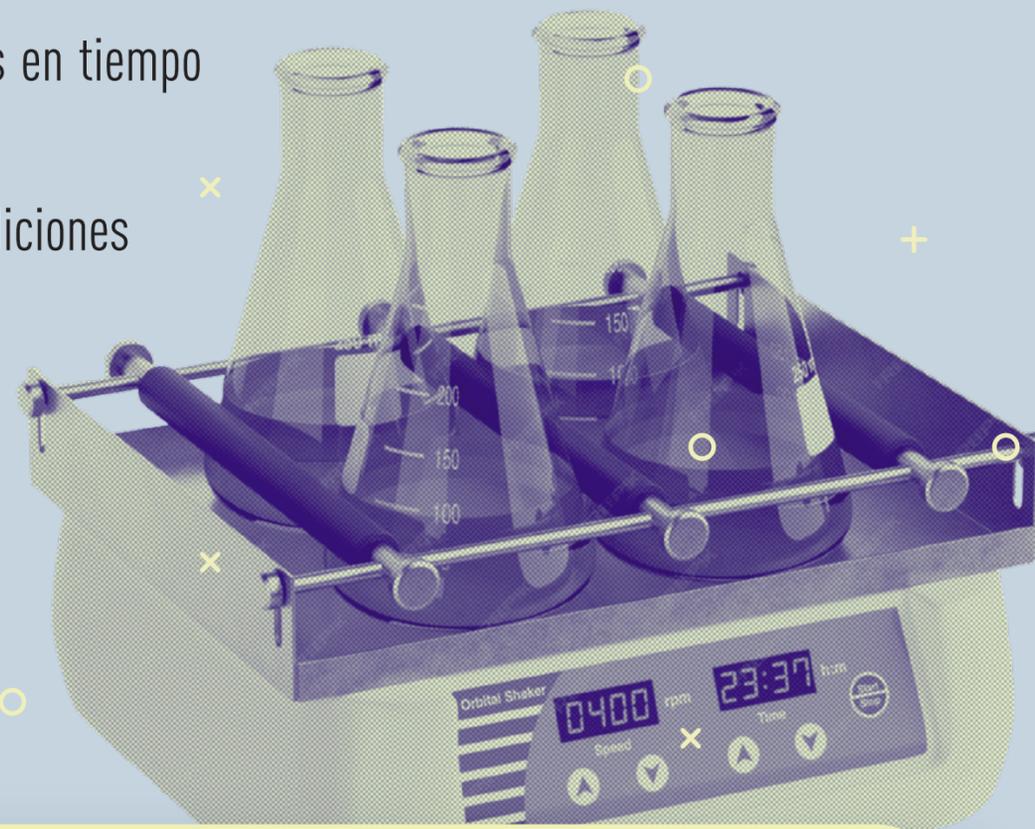


PRINCIPIO 11

QUÍMICA VERDE

"Las metodologías analíticas serán desarrolladas para permitir el seguimiento y control en tiempo real de los procesos, previo a la formación de productos secundarios."

-  **Prevención:** Permite la identificación y corrección de problemas durante el proceso, evitando la formación de productos no deseados y peligrosos.
-  **Eficiencia:** Mejora la eficiencia del proceso al proporcionar datos en tiempo real que permiten ajustes inmediatos.
-  **Seguridad:** Aumenta la seguridad del proceso al identificar condiciones peligrosas antes de que se conviertan en problemas.
-  **Calidad del producto:** Asegura que el producto final cumpla con los estándares de calidad al monitorear y controlar las variables del proceso en tiempo real.

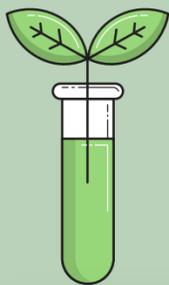


¿Qué puedo hacer?

-  **Crear y optimizar técnicas analíticas** que puedan proporcionar **datos en tiempo real**.
-  **Utilizar tecnologías avanzadas** como la espectroscopia, cromatografía y sensores químicos.

Referencia:

Miranda Ruvalcaba, R., Cid del Prado Mejía, K., Noguez Córdova, M. O., Escobedo González, R. G., Martínez, J. O., Cortés Ruiz Velasco, J. F., Reyes Sánchez, L. B., & Morales Morales, D. (2024). Química verde: Principio por principio (1st ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 978-607-30-8720-9



PRINCIPIO 12

QUÍMICA VERDE



"Se elegirán las sustancias empleadas en los procesos químicos de forma que se minimice el riesgo de accidentes, incluidas las emanaciones, explosiones e incendios."

-  **Seguridad:** Minimiza el riesgo de accidentes graves que pueden poner en peligro la vida de los trabajadores y la comunidad circundante.
-  **Impacto ambiental:** Reduce el riesgo de liberación accidental de sustancias peligrosas al medio ambiente, protegiendo los ecosistemas.
-  **Regulación y cumplimiento:** Facilita el cumplimiento de las normativas de seguridad y medioambientales, evitando sanciones y problemas legales.
-  **Costo-beneficio:** Disminuye los costos asociados con accidentes, incluidos los daños a las instalaciones, la pérdida de producción y los gastos de limpieza y mitigación.



¿Qué puedo hacer?

-  Sustituir sustancias peligrosas por **alternativas más seguras** cuando sea posible.
-  **Reducir al mínimo necesario la cantidad de sustancias peligrosas** utilizadas y almacenadas en el proceso.
-  **Capacitar al personal** en prácticas seguras de **manejo de sustancias químicas y procedimientos de emergencia**.
-  **Fomentar una cultura de seguridad** en la organización, donde la prevención de accidentes sea una prioridad compartida.

Referencia:

Miranda Ruvalcaba, R., Cid del Prado Mejía, K., Noguez Córdova, M. O., Escobedo González, R. G., Martínez, J. O., Cortés Ruiz Velasco, J. F., Reyes Sánchez, L. B., & Morales Morales, D. (2024). Química verde: Principio por principio (1st ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 978-607-30-8720-9