

Compuestos nitrogenados y fosforados en agua residual

Aura Juliana Lizcano Rivera
Consultor científico HANNA



www.hannacolombia.com

CONTENIDO

- ❖ Conceptos básicos.
- ❖ Problemáticas ambientales y tratamientos.
- ❖ Métodos de análisis.



FÓSFORO

- ✓ Se encuentra mayormente en la naturaleza en forma de ion fosfato (PO_4^{3-}).
- ✓ Es esencial en el crecimiento de plantas y microorganismos (protistas).
- ✓ Concentrado mayormente en dientes y huesos.
- ✓ El segundo mineral más abundante en el cuerpo.
- ✓ Controla el crecimiento de algas en aguas.
- ✓ Se extrae para su uso en detergentes, pesticidas, productos neurotóxicos y, sobre todo, fertilizantes.

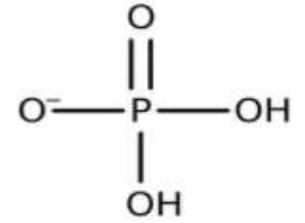


FÓSFORO TOTAL

ORGANICO

Fosfatos unidos a un compuesto orgánico

15% - 80% del F total del suelo



INORGANICO

Derivados de ácidos fosfóricos

Ortofosfatos

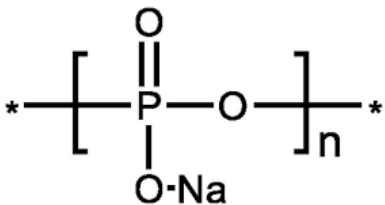
También llamado fósforo reactivo

- Metabolismo biológico.
- Control de corrosión (plomo y cobre)

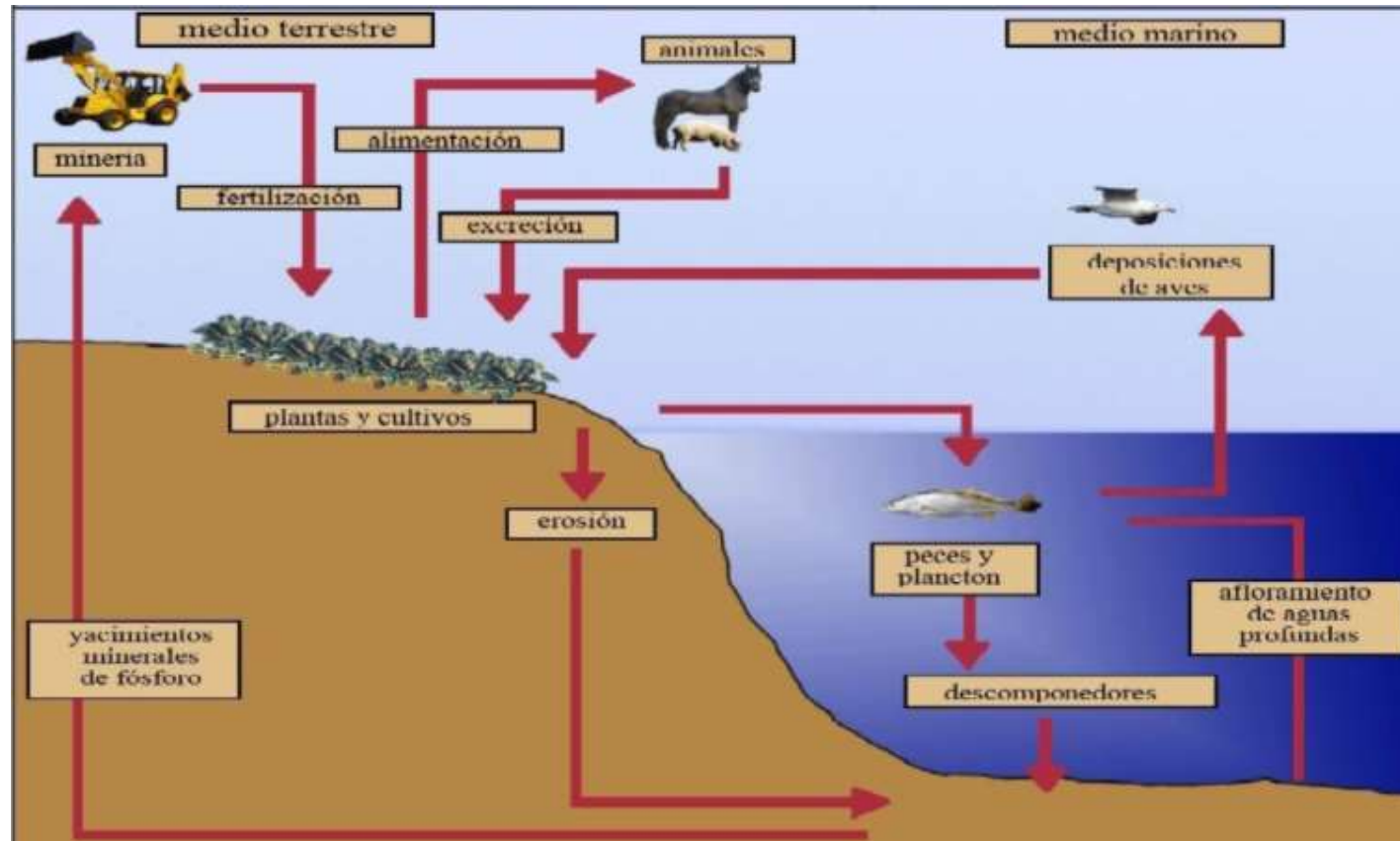
Polifosfatos

Se hidrolizan y se vuelven Ortofosfatos

- Usados como aditivos alimentarios
- Control de corrosión (hierro y manganeso)



CICLO DEL FOSFORO



NITROGENO

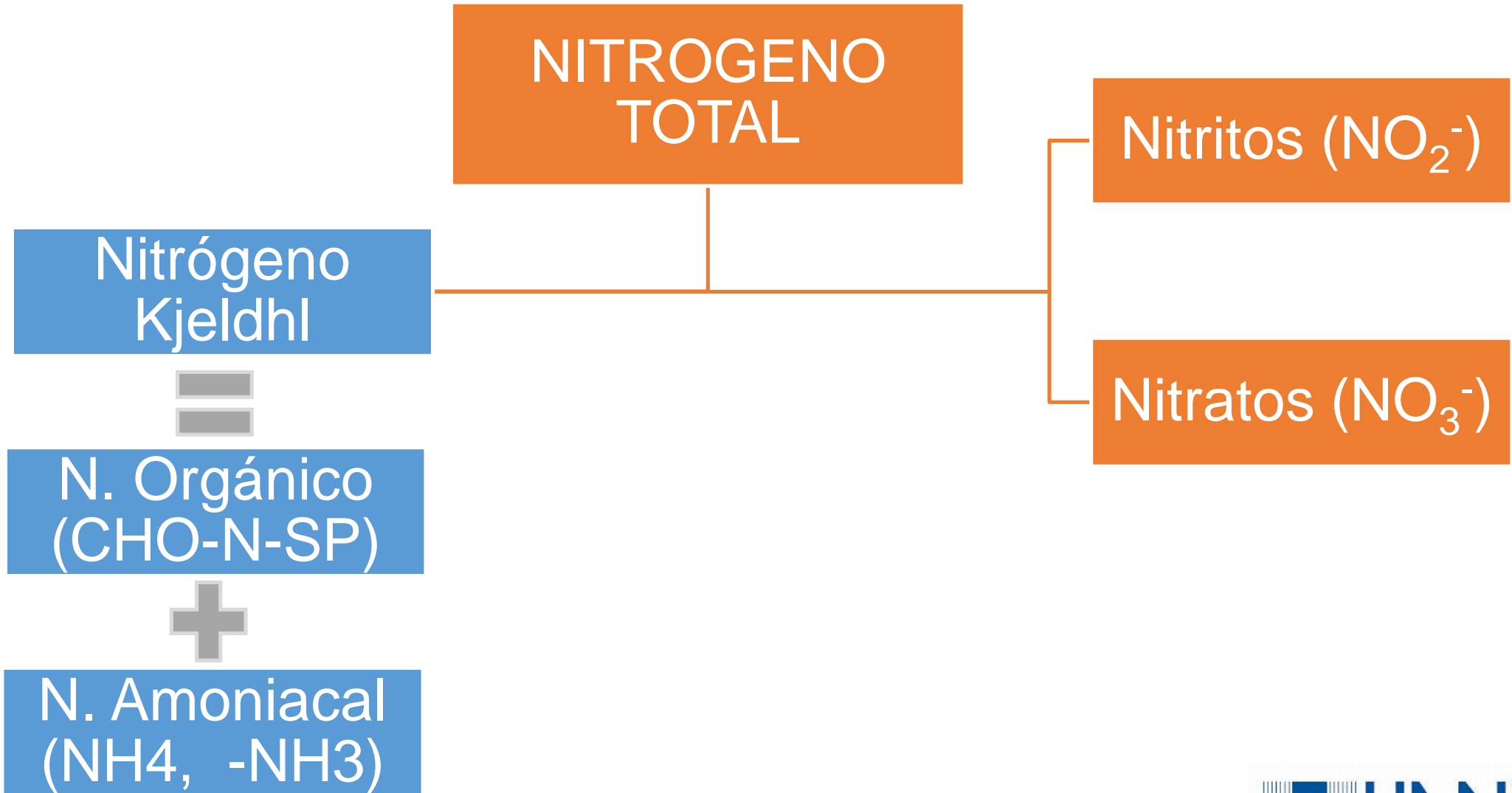
- ✓ Gas inerte presente en la atmósfera terrestre (78,1 % en volumen N_2).
- ✓ Está presente también en los restos de animales, usualmente en la forma de urea o ácido úrico.
- ✓ Desempeña un papel fundamental en el metabolismo vegetal (crecimiento de algas).
- ✓ Los átomos de nitrógeno se encuentran en todas las proteínas y en el ADN.

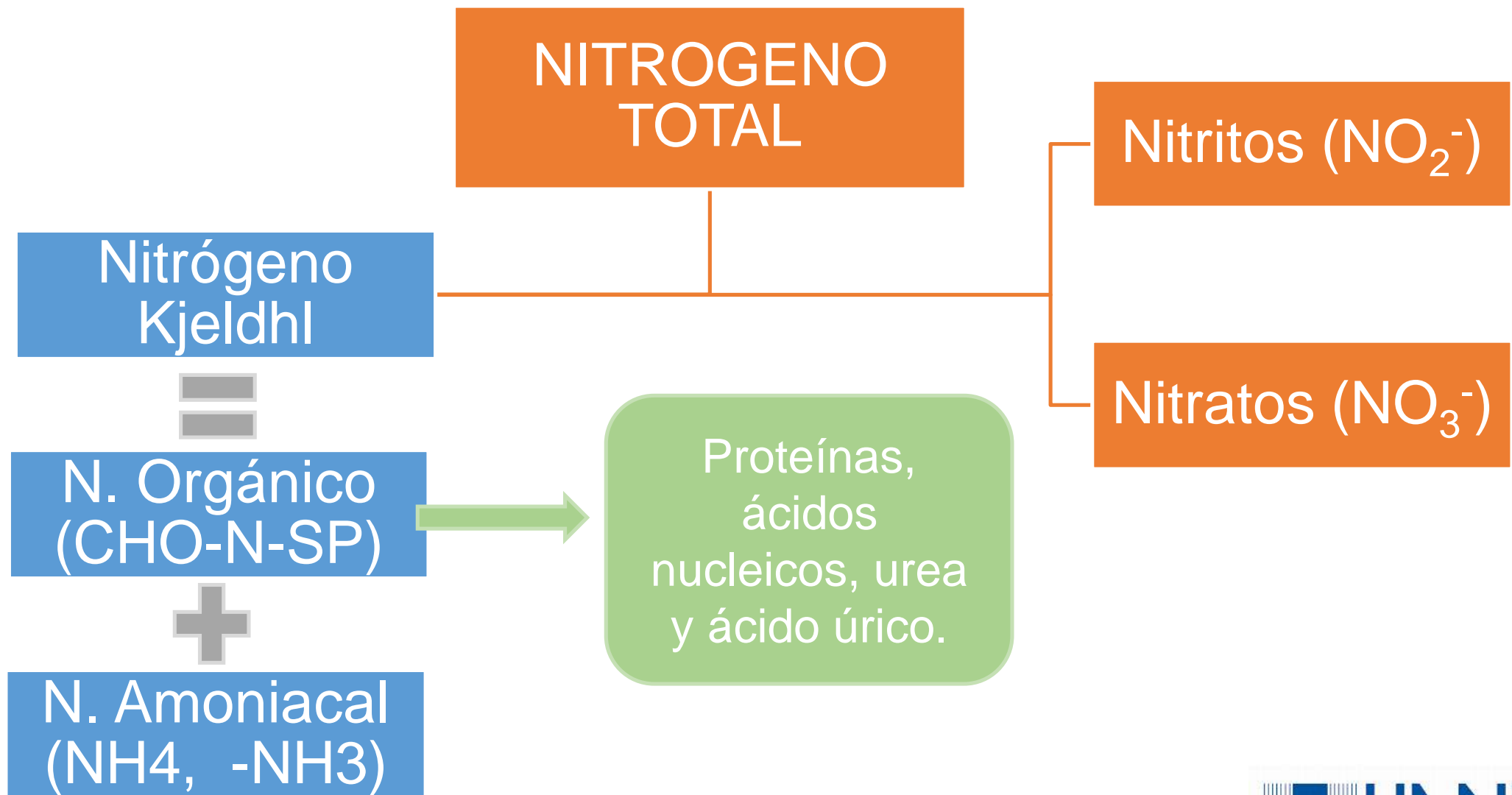


NITROGENO



www.hannacolombia.com





NITROGENO
TOTAL

Nitrógeno
Kjeldhl

=

N. Orgánico
(CHO-N-SP)

+

N. Amoniacal
(NH₄, -NH₃)

Nitritos (NO₂⁻)

Nitratos (NO₃⁻)

pH ácido → disuelto ión amonio (NH₄)
pH alcalino → gas amoniaco (NH₃)

NITROGENO
TOTAL

Nitrógeno
Kjeldhl

=

N. Orgánico
(CHO-N-SP)

+

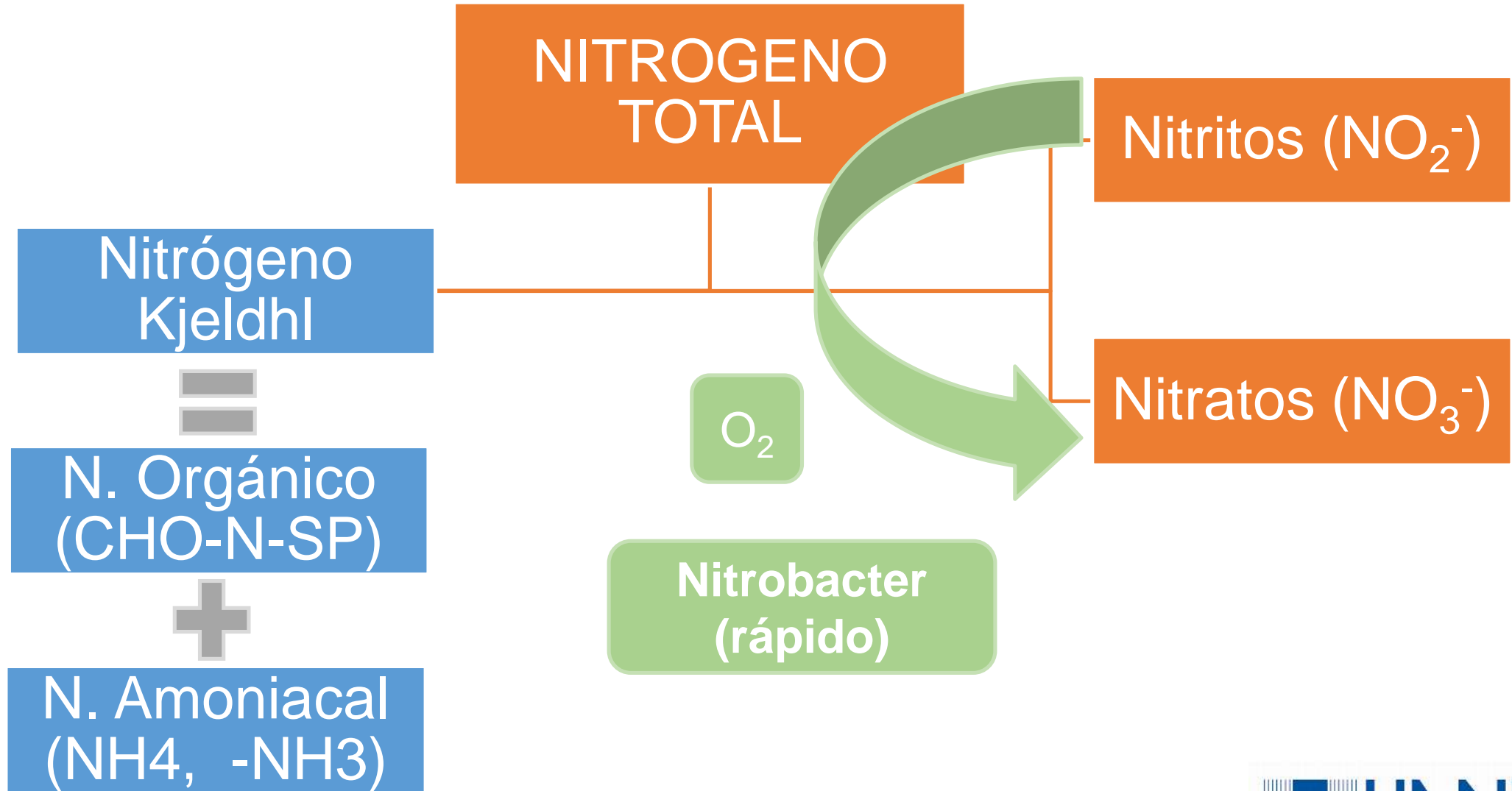
N. Amoniacal
(NH₄, -NH₃)

Nitritos (NO₂⁻)

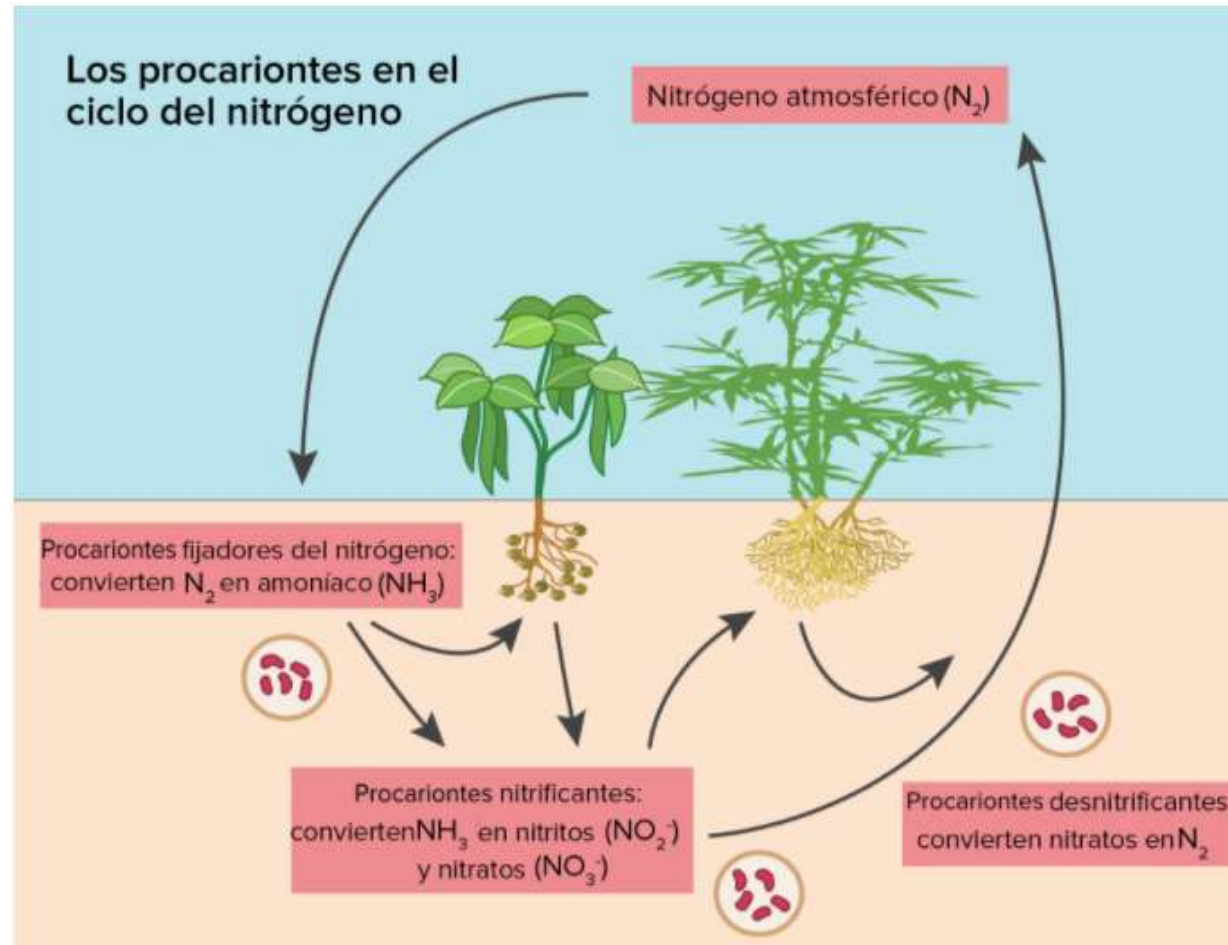
Nitatos (NO₃⁻)

O₂

Nitrosomas y
Nitrococcus
(lento)



NITROGENO



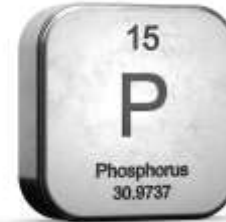
www.hannacolombia.com

USOS DEL N Y F NIVEL INDUSTRIAL



NITROGENO

- Fertilizantes.
- Combustible en aviones.
- Conservantes de alimentos.
- Bombillas.
- Explosivos líquidos.
- Transistores.
- Conservación de la sangre (Nitrógeno líquido).
- Fármacos (Oxido Nitroso).
- Acero inoxidable



FÓSFORO

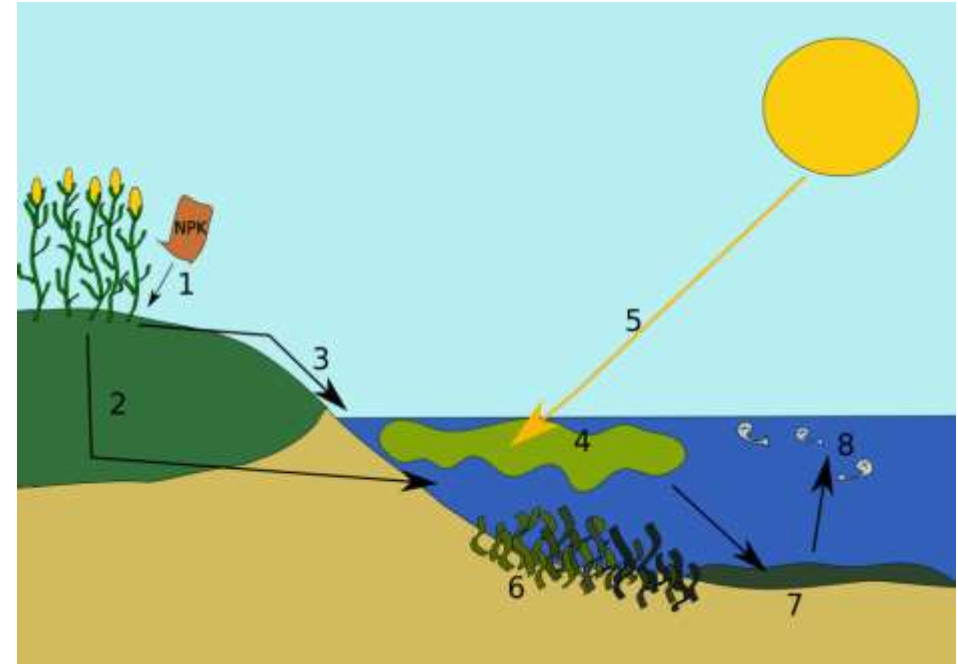
- Fertilizantes.
- Cajas de fósforo.
- Fuegos artificiales.
- Ácido fosfórico.
- Metalurgia.
- Anticorrosivo.
- Explosivos.

IMPORTANCIA DE MEDIR EL F y N



- **Eutrofización:** Se da cuando un sistema acuático está enriquecido con P y N, lo que genera crecimiento excesivo de algas y su acumulación.

AFECTACIÓN DE LA EUTROFIZACIÓN



AFECTACIÓN DE LA EUTROFIZACIÓN

<i>Consecuencias</i>	Aumento de la biomasa (algas), cianobacterias y plantas vasculares.
	Cambios en las especies de algas, las cuales pueden ser tóxicas o no comestibles.
	1. Disminución del oxígeno disuelto.
	1. Crecimiento de bacterias sulfato reductoras (producción de H ₂ S).
	1. Crecimiento de arqueas metanogénicas. (producción CH ₄)
	1. Cambios en el sabor, olor y problemas de filtración en los suministros de agua potable.
	Disminución en la productividad de peces y moluscos

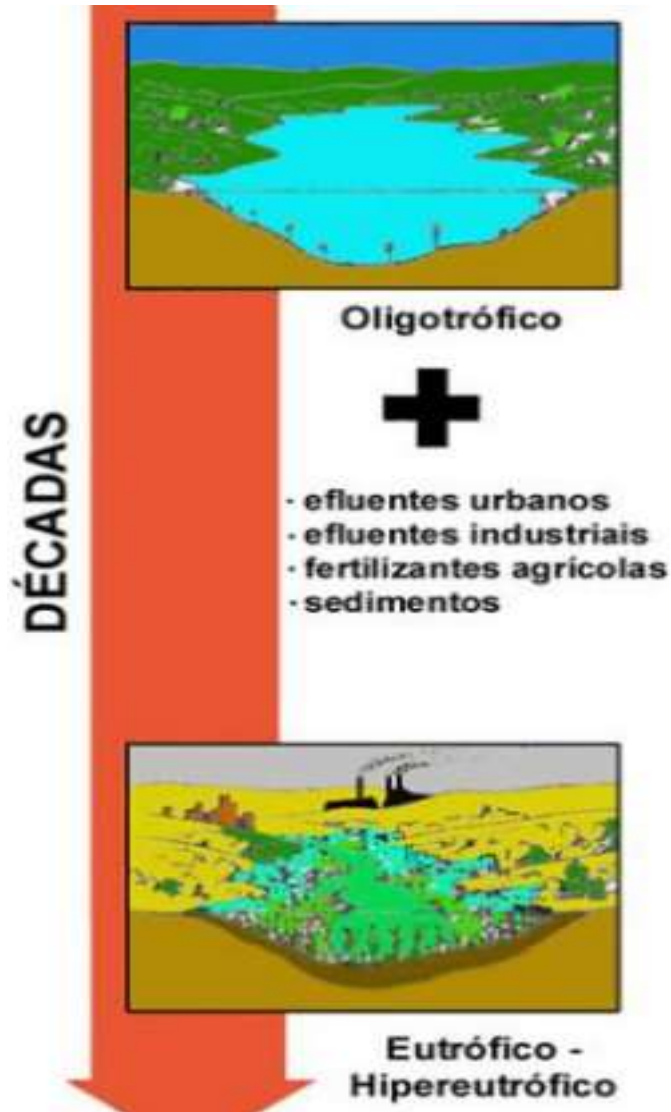
CAUSAS DE LA EUTROFIZACIÓN



Naturales

- Aportes atmosféricos: Precipitación.
- Re suspensión de los sedimentos del fondo.
- Liberación desde los sedimentos anóxicos.
- Descomposición y excreción de organismos.
- Fijación de nitrógeno por microorganismos.
- Tarda entre 500 – 10,000 años.

CAUSAS DE LA EUTROFIZACIÓN



Antropogénicas

- Vertidos de residuos industriales, agrícolas, urbanos y de plantas de tratamiento.
- Deforestación que aumenta la erosión y disminuye el reciclaje de nutrientes en la cuenta, aumentando su ingreso al cuerpo de agua.
- Fertilizantes aplicados en exceso.
- Aguas residuales de granjas (silos, tambos)
- Tanques sépticos.
- Uso de detergentes con grandes cantidades de fósforo.
- Aporte de contaminantes por agua de lluvia.
- Sistemas de alcantarillado.

CONTROL DE LA EUTROFIZACIÓN

Tratamientos preventivos:



- Tratamiento de residuos antes de ser volcados al cuerpo de agua.
- Restricción de uso de detergentes fosfatados.
- Control de uso de la tierra.
- Pre-pantanos: Eliminan nutrientes de las aguas residuales que quedan fijados en la biomasa de algas y macrofitas.
- Tratamiento físico y químico de aguas residuales: precipitación química y filtración.

Lagunas de oxidación



PROCESO BARDENPHO

Eliminación biológica de N y P

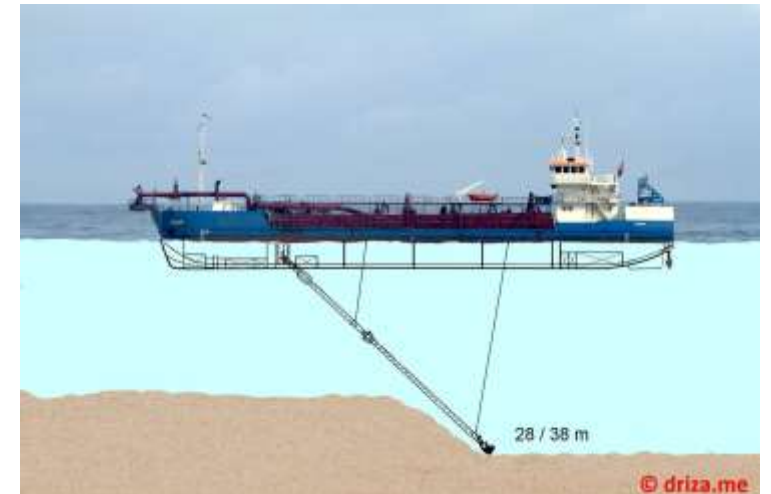
- 1. Primera cuenca anóxica: Principal zona de desnitrificación.
- 2. Cuenca aeróbica: se produce la nitrificación en la zona aeróbica.
- 3. Segunda anóxica: Se agrega fuentes de carbono como metanol, ácido acético o glicerina para mejorar la desnitrificación.
- 4. Una pequeña fase de re-aireación: se realiza la aireación para ayudar a liberar el gas nitrógeno.
- 5. Tanque de fermentación: Donde actúan las bacterias PAO (*organismos acumuladores de fosfatos*). Zona anaerobia + tanque de aireación = Lodos

CONTROL DE LA EUTROFICACIÓN

Tratamientos correctivos:



- Dragado.
- Recolección de malezas acuáticas
- Aplicación de productos químicos que precipiten del fosforo.
- Control biológico o que disminuya crecimiento de maleza acuática



EUTROFIZACIÓN EN COLOMBIA



SOS por contaminación en lago de Tota

Este hermoso lago de Boyacá es el segundo más grande de Suramérica.



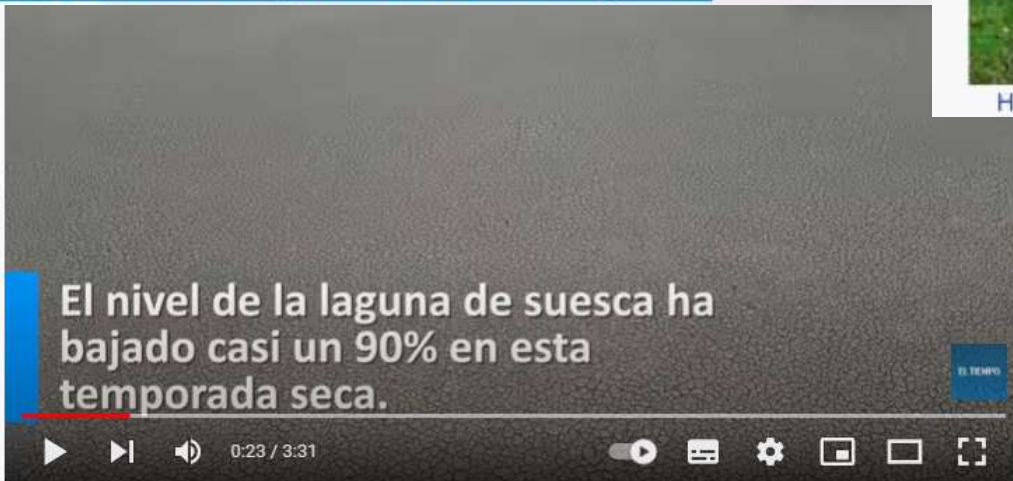
Humedales de Bogotá



Humedal Santa María del Lago, Engativá



Pescadores del Cesar al rescate de la Ciénega de Zapatosa



#EITiempoNoticias

Se seca la Laguna de Suesca

www.hannacolombia.com

NORMATIVA DE VERTIMIENTOS EN COLOMBIA

❖ Resolución 0631 del 2015:

Constitución Política:

Art. 49: establece que el saneamiento ambiental es un servicio público a cargo del Estado.

Art. 79 y 80: establecen como obligación del Estado, proteger la diversidad e integridad del ambiente.

PARÁMETRO	UNIDADES	GANADERÍA DE BOVINO, BUFALINO, EQUINO, OVINO Y/O CAPRINO	GANADERÍA DE BOVINO, BUFALINO, EQUINO, OVINO Y/O CAPRINO
Compuestos de Fósforo			
Ortofosfatos (P-PO43-)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Compuestos de Nitrógeno			
Nitratos (N-NO3-)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Nitritos (N-NO2-)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Nitrógeno Amoniacal(N-NH3)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte

MÉTODOS DE ANÁLISIS

- ❖ La determinación del contenido de compuestos de fósforo se puede realizar mediante:
 - Test rápido de determinación de fosfatos
 - Métodos fotométricos para determinación de fosfatos
 - Método de digestión previa y determinación de fósforo total.

MÉTODOS HANNA

HI 38061 (PO ₄ ³⁻)	HI 3833 (PO ₄ ³⁻)
	
<p>Tipo: Checker Disc Método: ácido ascórbico Rango Bajo: 0.00-1.00 mg/L Rango Medio: 0.0-5.0 mg/L Rango Alto: 0-50 mg/L Menor incremento RB: 0.02 mg/L Menor Incremento RM: 0.1 mg/L Menor Incremento RA: 1 mg/L # Pruebas: 100</p>	<p>Tipo: Colorimétrico Método: ácido ascórbico Rango: 0-5 mg/L Menor Incremento: 1 mg/L # Pruebas: 50</p>

- ❖ Test kit para determinación de fosfatos

Resultados como mg/L (o ppm) (PO₄³⁻).

MÉTODOS HANNA

HI 839800	HI 83314 / HI 83399 / HI 83224	HI 801
		
Calentador de tubos	Fotómetros Multiparámetros desobremesa	Espectrofotómetro
<p><u>Capacidad:</u> 25 viales</p> <p><u>Temperaturas:</u> 105°C o 150°C <u>Precisión:</u> ±2°C (±3,6°C)</p> <p><u>Temporizador:</u> Seleccionable "Procedimiento temporizado" o "modo infinito"</p> <p><u>Tiempo de calentamiento:</u> 10 a 15 min según valor de temperatura seleccionada.</p> <p><u>Auto apago:</u> alarma acústica al finalizar tiempo de reacción fijada</p> <p><u>LEDs de indicación visual:</u> Verde (Alimentación), rojo (Temperatura mayor a 50°C) y amarillo (Calentamiento)</p>	<p><u>HI 83314:</u> Cuanta con 20 métodos programados (incluida la absorbancia de 0.000 a 4.000 <u>Abs</u>).</p> <p><u>HI 83399:</u> Cuanta con 73 métodos programados (incluida la absorbancia de 0.000 a 4.000 <u>Abs</u>).</p> <p><u>HI 83224:</u> Cuanta con 15 métodos programados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mide a longitud de onda entre 340nm y 900 nm. ✓ Permite uso de cubetas cuadrada de 10 mm, cilíndrica de 13 mm y de cubeta redonda de 16 mm

- ❖ Equipos para determinación de fosfatos, fósforo reactivo, hidrolizable (polifosfatos), condensado y fosforo total.

MÉTODOS HANNA

Espectrofotómetro HI 801								
Parámetro	Rango	Resolución	Precisión	Tipo de cubeta	Método	λ (nm)	Reactivo	Requiere HI 839800
Fósforo marino	0-200 $\mu\text{g/L(P)}$	1 $\mu\text{g/L}$	$\pm 5 \mu\text{g/L} \pm 5\%$ de la lectura	22 mm redondas	Ácido ascórbico	610	HI736-25	No
Fosfato Rango Bajo	0.00-2.50 $\text{mg/L (PO}_4^{\text{e-}})$	0.01 mg/L	$\pm 0.04 \text{ mg/L} \pm 4\%$ de la lectura	22 mm redondas	Ácido ascórbico	610	HI93713-01	No
Fosfato Rango Alto	0.0-30.0 $\text{mg/L (PO}_4^{\text{e-}})$	0.1 mg/L	$\pm 1 \text{ mg/L} \pm 4\%$ de la lectura	22 mm redondas	Aminoácido	525	HI93717 -01	No
Fósforo ácido hidrolizable	0.00-1.60 mg/L (P)	0.01 mg/L	$\pm 0.05 \text{ mg/L}$ o 5% de la lectura	13 mm	Ácido ascórbico	610	HI93758B-50	Si
Fósforo Reactivo Rango bajo	0.00-1.60 mg/L (P)	0.01 mg/L	$\pm 0.05 \text{ mg/L}$ o 4% de la lectura	13 mm	Ácido ascórbico	610	HI93758A-50	No
Fósforo Reactivo Rango alto	0.0-32.6 mg/L (P)	0.1 mg/L	$\pm 0.5 \text{ mg/L}$ o 4% de la lectura	13 mm	Ácido vanadomolibdofosfórico	420	HI93763A-50	No
Fosforo total Rango bajo	0.00-1.60 mg/L (P)	0.01 mg/L	$\pm 0.05 \text{ mg/L}$ o 5% de la lectura	13 mm	5'-Fosfato de adenosina monohidrato	610	HI93758C-50	Si
Fosforo total Rango Alto	0.0-32.6 mg/L (P)	0.1 mg/L	$\pm 0.5 \text{ mg/L}$ o 5% de la lectura	13 mm	5'-Fosfato de adenosina monohidrato	420	HI93763B-50	Si

- ❖ Método de ácido ascórbico: adaptación de método 365.2 de la EPA y del SM Edición 20, 4500-P E.
- ❖ Método de ácido vanadomolibdofosfórico y aminoácidos: adaptación del S.M. Edición 23, 4500-P C.

MÉTODOS DE ANÁLISIS

- ❖ La determinación del contenido de compuestos de Nitrógeno:
 - El análisis Kjeldahl (N. Orgánico + Amoniacal)
 - El método Dumas (análisis de combustión).
 - El NIR (infrarrojo cercano)
 - Test rápido de determinación de $\text{NO}_2 - \text{NO}_3$
 - Métodos fotométricos
 - Método de digestión previa y determinación Nitrógeno total.

MÉTODOS HANNA

Nitrate HI 3874 ($NO_3^- - N$)	Nitrite HI 3873 ($NO_2^- - N$)
	
<p>Tipo: Colorimétrico Método: Reducción de cadmio Rango: 0-50 mg/L Menor incremento: 10 mg/L # Pruebas: 100</p>	<p>Tipo: Colorimétrico Método: Acido cromotrópico Rango: 0.0-1.0 mg/L Menor incremento: 0.2 mg/L # Pruebas: 100</p>

- ❖ Test kit para determinación de Nitratos y Nitritos.

MÉTODOS HANNA

HI 839800	HI 83314 / HI 83399 / HI 83224	HI 801
		
Calentador de tubos	Fotómetros Multiparámetros desobremesa	Espectrofotómetro
<p><u>Capacidad:</u> 25 viales</p> <p><u>Temperaturas:</u> 105°C o 150°C <u>Precisión:</u> ±2°C (±3,6°C)</p> <p><u>Temporizador:</u> Seleccionable "Procedimiento temporizado" o "modo infinito"</p> <p><u>Tiempo de calentamiento:</u> 10 a 15 min según valor de temperatura seleccionada.</p> <p><u>Auto apago:</u> alarma acústica al finalizar tiempo de reacción fijada</p> <p><u>LEDs de indicación visual:</u> Verde (Alimentación), rojo (Temperatura mayor a 50°C) y amarillo (Calentamiento)</p>	<p><u>HI 83314:</u> Cuanta con 20 métodos programados (incluida la absorbancia de 0.000 a 4.000 Abs).</p> <p><u>HI 83399:</u> Cuanta con 73 métodos programados (incluida la absorbancia de 0.000 a 4.000 Abs).</p> <p><u>HI 83224:</u> Cuanta con 15 métodos programados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mide a longitud de onda entre 340nm y 900 nm. ✓ Permite uso de cubetas cuadrada de 10 mm, cilíndrica de 13 mm y de cubeta redonda de 16 mm

- ❖ Equipos para determinación de Nitritos, Nitratos y Nitrógeno total.

MÉTODOS HANNA

Espectrofotómetro HI 801								
Parámetro	Rango	Resolución	Precisión	Tipo de cubeta	Método	λ (nm)	Reactivo	Requiere HI 839800
Nitrato	0.0-30.0mg/L $N-NO_3$	0.1 mg/L	± 0.5 mg/L \pm 10% de la lectura	22 mm redondas	Reducción de Cadmio	525	HI 93728	No
Nitrato	0.0-30.0mg/L $N-NO_3$	0.1 mg/L	± 1.0 mg/L o $\pm 3\%$ de la lectura	13 mm	Ácido cromotrópico	410	HI93766-50	No
Nitrito LR	0-600 $\mu\text{g/L } NO_2^- - N$	1 $\mu\text{g/L}$	± 20 $\mu\text{g/L } \pm 4\%$ de la lectura	22 mm redondas	Diazotización	480	HI93707 -01	No
Nitrito HR	0-150 mg/L NO_2^-	1 mg/L	± 4 mg/L o 4% de la lectura	22 mm redondas	Sulfato Ferroso	575	HI93708 -01	No
Nitrógeno Total LR	0.0-25.0 mg/L (N)	0.1 mg/L	± 1.0 mg/L o 5% de la lectura	13 mm	Ácido cromotrópico	420	HI93767A-50	Si
Nitrógeno Total HR	10-150 mg/L (N)	1 mg/L	± 3 mg/L o 4% de la lectura	13 mm	Ácido cromotrópico	420	HI93767B-50	Si
Amoniaco LR	0.00 a 3.00 mg/L (como NH_3-N)	0.01 mg/L	± 0.04 mg/L $\pm 4\%$ de la lectura	16 mm redonda	Adaptación Nessler.	425	HI93700-01	No
Amoniaco HR	0.00 a 10.00 mg/L (como NH_3-N)	0.01 mg/L	± 0.05 mg/L $\pm 5\%$ de la lectura	16 mm redondas	Adaptación Nessler	425	HI93715-01	No
Amonio	0.0 a 100.0 mg/L (como NH_4^+)	0.1 mg/L	± 0.5 mg/L $\pm 5\%$ de la lectura	16 mm redondas	Adaptación Nessler	425	HI93733-01	No

- ❖ Método de Diatonización: Adaptación del método EPA 354.1
- ❖ Adaptación del ASTM Manual de tecnología de agua y medio ambiente, D1426 método Nessler.

MÉTODOS HANNA

			
<p>Fotómetro Nitrato HI 97728</p>	<p>Fotómetro Nitrito LR HI 97707</p>	<p>Fotómetro Nitrito HR HI 97708</p>	<p>Medidores ISE portátil y de sobremesa.</p>
<p>Rango: 0.0-30.0mg/L <i>N</i> - <i>NO3</i> Resolución: 0.1 mg/L Precisión: ± 0.5 mg/L $\pm 10\%$ de la lectura Longitud de onda: 525 nm Cubeta: 22 mm de diámetro Método: Reducción de Cadmio</p>	<p>Rango: 0-600 μg/L <i>NO2</i> - - <i>N</i> Resolución: 1 μg/L Precisión: ± 20 μg/L $\pm 4\%$ de la lectura Longitud de onda: 466 nm Cubeta: 22 mm de diámetro Método: Diazotización</p>	<p>Rango: 0-150 mg/L <i>NO2</i> - - <i>N</i> Resolución: 1 mg/L Precisión: ± 4 mg/L $\pm 4\%$ de la lectura Longitud de onda: 575 nm Cubeta: 22 mm de diámetro Método: Sulfato Ferroso</p>	<p>Electrodo ISE de Nitrato HI 4113. Rango: 0,4 a 1400 mg/L Rango óptimo de pH: 3-8 Calibración: Hasta 5 puntos</p>

MÉTODOS HANNA

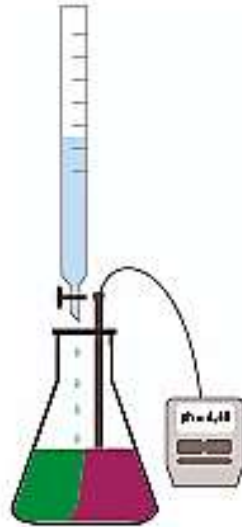
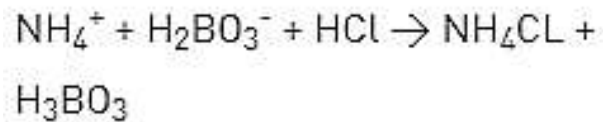
HI 707	HI 708
	
Checker Nitrito LR	Checker Nitrito HR
<p>Rango: 0-600 ppb NO_2^- Resolución: 1 ppb Precisión $\pm 20 \mu\text{g/L} \pm 5\%$ de la lectura Longitud de onda: 470 nm Método: Diazotización Reactivo: 707-25</p>	<p>Rango: 0-150 mg/L $NO_2^- - N$ Resolución: 1 mg/L Precisión: $\pm 3 \text{ ppm} \pm 5\%$ de la lectura Longitud de onda: 575 nm Método: Sulfato Ferroso Reactivo: 708-25</p>

MÉTODOS HANNA

❖ El análisis Kjeldahl

Paso 9 - Valoración

Determinación cuantitativa del nitrógeno mediante valoración con ácido sulfúrico o ácido clorhídrico con medición directa del pH o con una solución testigo.



PREGUNTAS



www.hannacolombia.com

GRACIAS

www.hannacolombia.com

