

Proyecto Fin de Carrera

Determinación de elementos mayoritarios en
refrescos de cola

Autor

Eva Luna Peña García

Director

Angélica Fernández Castel

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2013



PROYECTO FIN DE CARRERA

DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS MAYORITARIOS EN REFRESCOS DE COLA

EVA LUNA PEÑA GARCÍA

DIRECTORA: ANGÉLICA FERNÁNDEZ CASTEL

ESPECIALIDAD: QUÍMICA INDUSTRIAL

CONVOCATORIA: JUNIO 2013

Agradecer a la Dra. Angélica Fernández por la dedicación, atención y paciencia durante la realización de este proyecto, pues sin su ayuda no habría podido llevarse a cabo.

Asimismo al personal del laboratorio por facilitarme la ejecución del trabajo.

También me gustaría agradecer y dedicar este proyecto a mis familiares y allegados, por su ánimo y apoyo incondicional, en especial a aquellos que empezaron este arduo camino conmigo pero, por circunstancias de la vida, hoy no están aquí para poder disfrutar de este momento.

En este proyecto se lleva a cabo un estudio comparativo del contenido de potasio, magnesio, calcio y sodio presentes en diferentes refrescos de cola, tanto de las dos principales marcas del mercado como de algunas marcas blancas, comparando también en función del tipo de refresco.

Para su realización se usa un espectrómetro de absorción y emisión atómica de llama, además de la medida de las muestras, también se hacen estudios de recuperación y comparación por distintos métodos de calibrado (recta de calibrado y adición estándar) y posteriormente se comparan los resultados obtenidos, tanto entre sí como con datos bibliográficos.

| | |
|---|-----------|
| 1. OBJETIVO | 1 |
| 2. INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| 2.1. Refrescos de cola..... | 2 |
| 2.2. Potasio | 2 |
| 2.3. Magnesio | 3 |
| 2.4. Calcio | 3 |
| 2.5. Sodio | 4 |
| 3. MATERIALES Y EQUIPOS..... | 5 |
| 4. ESPECTRÓMETRO | 5 |
| 5. REACTIVOS Y DISOLUCIONES..... | 7 |
| 6. MUESTRAS | 8 |
| 6.1. Listado de muestras analizadas..... | 8 |
| 6.2. Preparación de las muestras | 11 |
| 7. ESTUDIO DEL CONTENIDO EN POTASIO..... | 13 |
| 7.1. Parámetros instrumentales optimizados | 13 |
| 7.2. Recta de calibrado..... | 13 |
| 7.3. Límite de detección..... | 15 |
| 7.4. Análisis de muestras..... | 15 |
| 7.5. Estudio de recuperación | 16 |
| 7.6. Adición estándar..... | 17 |
| 8. ESTUDIO DEL CONTENIDO EN MAGNESIO | 20 |
| 8.1. Parámetros instrumentales optimizados | 20 |
| 8.2. Recta de calibrado..... | 20 |
| 8.3. Límite de detección..... | 22 |
| 8.4. Análisis de muestras..... | 22 |
| 8.5. Estudio de recuperación | 24 |
| 8.6. Adición estándar..... | 25 |
| 9. ESTUDIO DEL CONTENIDO EN CALCIO | 27 |
| 9.1. Parámetros instrumentales optimizados | 27 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 9.2. | Recta de calibrado..... | 27 |
| 9.3. | Límite de detección..... | 28 |
| 9.1. | Análisis de muestras..... | 29 |
| 9.2. | Estudio de recuperación | 30 |
| 9.3. | Adición estándar..... | 31 |
| 10. | ESTUDIO DEL CONTENIDO EN SODIO..... | 34 |
| 10.1. | Parámetros instrumentales optimizados..... | 34 |
| 10.2. | Recta de calibrado | 34 |
| 10.3. | Límite de detección | 37 |
| 10.4. | Análisis de muestras | 37 |
| 10.5. | Estudio de recuperación..... | 38 |
| 10.6. | Adición estándar | 39 |
| 11. | CONCLUSIONES | 42 |
| 11.1. | Resumen rectas de calibrado..... | 42 |
| 11.2. | Resumen estudios recuperación | 43 |
| 11.3. | Resumen adiciones estándar..... | 43 |
| 11.4. | Comparación concentraciones bibliográficas y experimentales..... | 44 |
| 11.5. | Concentraciones de elementos según el tipo de muestra analizada | 45 |
| 11.6. | Concentraciones medias de elementos según si contienen o no cafeína .. | 48 |
| 11.7. | Concentraciones medias de elementos según la marca..... | 50 |
| 11.8. | Concentración de elementos según el tipo de envase..... | 51 |
| 11.9. | Concentraciones medias de elementos según el tipo de refresco | 53 |
| 12. | BIBLIOGRAFÍA | 54 |
| 13. | ÍNDICE DE TABLAS..... | 55 |
| 14. | ÍNDICE DE FIGURAS | 57 |

1. OBJETIVO

Este proyecto tiene por objeto determinar, por medio de la espectroscopia de absorción atómica de llama, la concentración, en mg/L, de potasio, magnesio, calcio y sodio presente en distintos refrescos de cola.

Se llevarán a cabo estudios de recuperación y comparación de los resultados obtenidos con diferentes métodos de calibración.

Finalmente se realizará un estudio que ponga de manifiesto las diferencias entre la variedad de marcas y tipos que se encuentran en el mercado, así como una comparación con datos bibliográficos.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. *Refrescos de cola*

Los refrescos de cola se elaboran a partir de esencias de origen natural, azúcares (sacarosa, glucosa) y ácidos orgánicos, disueltos en agua que contiene anhídrido carbónico.

Además del extracto de nuez de cola, pueden contener otros extractos aromáticos de origen natural como naranja, limón, vainilla o canela. Habitualmente se añade cafeína, y en algunos casos también forma parte de la fórmula el ácido fosfórico. El color característico se consigue con el uso de caramelo de azúcar. [1] [2]

2.1.1 Consumo excesivo

Puede producir problemas dentales, desmineralización ósea, diabetes y fatiga. Además cada vez hay más estudios que indican que un consumo excesivo de estos refrescos puede provocar hipopotasemia, una patología en la que los niveles de potasio en sangre caen causando un efecto adverso en funciones musculares vitales, desde una debilidad leve hasta una parálisis grave.

A pesar de que la mayoría de los afectados se recupera al interrumpir el consumo y tomar suplementos de potasio, la hipopotasemia causada por estas bebidas puede hacerles más propensos a padecer complicaciones potencialmente irreversibles, como un ritmo cardíaco irregular. [3]

2.2. *Potasio*

El contenido de potasio del organismo humano es de unos 2 g/kg. Su consumo en la alimentación ordinaria alcanza 2-5,9 g/día, las necesidades medias son del orden de 782mg.

Se encuentra localizado principalmente en las células, regula la presión osmótica celular, participa en la excitabilidad de la célula y activa una serie de enzimas. [1]

2.2.1 Carencia de potasio

La deficiencia de potasio puede producirse por un consumo pobre con los alimentos o por un aporte excesivo de alimentos pobres en potasio. También puede observarse en algunos tratamientos con toma de ciertos diuréticos, régimen estricto sin sal y abuso de laxantes.[1] [4]

2.2.2 Exceso de potasio

Únicamente se da en caso de aportes excesivos, sobre todo por medio de medicamentos. [4]

2.3. *Magnesio*

El contenido de magnesio del hombre es de unos 200 mg/kg; el aporte deseado del orden de 300-350 mg/día. Con la alimentación ordinaria se reciben unos 300-500 mg/día.

Como componente y activador de numerosas enzimas, especialmente de aquellas que producen fosfatos ricos en energía, el magnesio es un elemento vital. [1]

2.3.1 Carencia de magnesio

La cantidad de magnesio aportada por una dieta normal puede ser insuficiente, estas carencias pueden traducirse en fatiga, dolores musculares, calambres, etc. [4]

2.3.2 Exceso de magnesio

Las intoxicaciones por magnesio son raras y conllevan un descenso de la tensión arterial, náuseas, somnolencia y problemas cardíacos. [4]

2.4. *Calcio*

El contenido de calcio del hombre es de 1500 g. El aporte de calcio deseable es de 0,8-1 g/día, se suele cubrir con el consumo medio de alimentos, que es del orden de 0,8-0,9 g/día.

El calcio ocupa una posición central entre las sustancias minerales del organismo tanto cuantitativamente como por su universal existencia; se encuentra en el esqueleto y en otros tejidos. A consecuencia de su gran importancia para la construcción del sistema óseo, la coagulación de la sangre y la contracción del músculo, el calcio es un componente esencial de la alimentación. [1]

2.4.1 Carencia de calcio

Pueden observarse deficiencias de calcio cuando hay carencias de vitamina D, que es necesaria para su absorción, y en el curso de ciertas enfermedades y tratamientos. Estas deficiencias pueden conducir a un descenso de calcio en la sangre que puede implicar problemas neuromusculares y, a la larga, problemas a nivel de la piel, los

dientes, el cabello, las uñas y los huesos (osteomalacia en adultos y raquitismo en niños). [4]

2.4.2 Exceso de calcio

La absorción intestinal exagerada de calcio es rara y puede conducir a un aumento de la tasa de calcio en sangre, fuente de numerosos problemas como vómitos, insuficiencia renal, calcificaciones de los tejidos o problemas cardíacos.

La intoxicación por vitamina D es la causa principal de este exceso. [4]

2.5. Sodio

El contenido de sodio del organismo humano es del orden de 1,4 g/kg. Las necesidades de sodio del adulto pueden alcanzar un valor medio de unos 460 mg/día y su consumo diario es de unos 1,7 a 6,9 g/día.

El principal papel del sodio es actuar regulando la presión osmótica de los líquidos extracelulares, además de activar algunas enzimas como, por ejemplo, la amilasa. [1]

2.5.1 Carencia de sodio

La falta de sodio, que implica una hidratación excesiva de las células y una deshidratación de los líquidos extracelulares, no es posible más que en circunstancias anormales como diarrea, vómitos o transpiración excesiva. [4]

2.5.2 Exceso de sodio

Una alimentación demasiado rica en sodio favorece la hipertensión arterial en las personas predispuestas a esta enfermedad, que desencadena en insuficiencia cardíaca, hepática o renal. [4]

3. MATERIALES Y EQUIPOS

Para la realización de este estudio se emplearon:

- Matraces de 100mL
- Vasos de precipitados de 50 y 100mL
- Vidrios de reloj
- Pipetas aforadas de 1, 2, 5, 10 y 20 mL
- 2 Pipeteadores
- Balanza analítica (Sartorius)
- Equipo de ultrasonidos (JP Selecta)
- Espectrofotómetro de absorción atómica de llama (Agilent Technologies)

4. ESPECTRÓMETRO

Se ha usado el espectrómetro de absorción y emisión atómica de llama (Agilent Technologies), con llama de aire-acetileno y lámparas de cátodo hueco, de potasio (Varian), magnesio (Varian), calcio (GBC) y sodio (SPC Science).

Antes de comenzar el análisis, además de esperar 10 minutos a que se estabilice el equipo, una vez encendido y seleccionado el elemento, se deben ajustar una serie de parámetros instrumentales:

- Absorbancia o Emisión
- Longitud de onda: Se ajusta según las recomendaciones del equipo en función del rango de concentraciones que se vaya a medir.
- Caudal de aire y de acetileno: 750 kPa para aire y 75 kPa para acetileno son los recomendados, aunque el caudal de acetileno se puede modificar.
- Altura y profundidad del mechero: El equipo permite variar ambas, pero sólo se puede medir la primera mediante unidades arbitrarias. La profundidad se ajusta haciendo coincidir la radiación de la lámpara con la marca de una tarjeta de calibración proporcionada por el fabricante del equipo, antes de encender la llama.
- Anchura de rendija: Se selecciona automáticamente la recomendada por el equipo, aunque es posible elegir entre varias opciones que te proporciona.

- Intensidad de la lámpara: La selecciona de forma automática el equipo, aunque también se puede modificar y elegir otra de las posibilidades que te da.
- Posición de la lámpara: Es posible modificarla, para comprobar si está en la posición correcta horizontalmente, se hace con los dos tornillos buscando un máximo de señal en la pantalla de optimización. Además, como el equipo permite tener dos lámparas puestas, se debe seleccionar si la que se va a usar se encuentra en la posición 1 o 2.
- Tiempo de lectura: 5 s
- Retraso de lectura: 5 s
- N° de lecturas: 5
- Modo de medida: integración

Una vez están todos los parámetros fijados, y tras comprobar la ganancia y la señal, en la pantalla de parámetros de calibración se ajusta el cero introduciendo el capilar en la solución del blanco (sólo contiene HCl, LaCl_3 y agua desionizada). Posteriormente, se introducen las concentraciones de las soluciones patrón preparadas para la recta de calibrado (de 1 a 5) y se aspiran en orden, de modo que se registran sus absorbancias en el equipo, también es posible visualizar la recta en el mismo equipo para comprobar su linealidad.

Seguidamente se aspiran las muestras, con la pantalla de resultados, para obtener sus valores de absorbancia, también se realizan medidas de los blancos para poder calcular el límite de detección. Cuando ya están calculadas las concentraciones de las muestras se lleva a cabo el estudio de recuperación y de adición estándar con dos muestras elegidas al azar para cada elemento.



1. Espectrómetro de absorción y emisión atómica de llama (Agilent Technologies)

5. REACTIVOS Y DISOLUCIONES

- Agua desionizada: Obtenida mediante el equipo Elix 3 de Millipore, por intercambio de iones y ósmosis inversa.
- Lantano (III) cloruro heptahidrato para análisis (ACS Scharlau).
- Disolución al 1% (m/v) de lantano: Se pesan 2,674g de $\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y se diluyen con agua desionizada hasta un volumen de 250mL. Esta solución se usa con el fin de evitar interferencias químicas durante la atomización, que alterarían las características de absorción del analito.
- Ácido clorhídrico 37% grado analítico (ACS ISO Scharlau).
- Potasio, solución patrón 1000mg/L K para AA. Nitrato de potasio en ácido nítrico 0,5mol/L (Scharlau).
- Solución patrón diluida de 50mg/L de potasio: Se toman 5mL de la solución patrón concentrada (1000mg/L K) y se lleva a un volumen de 100mL con agua desionizada.
- Magnesio, solución patrón 1000mg/L Mg para AA. Nitrato de magnesio en ácido nítrico 0,5mol/L (Scharlau).
- Solución patrón diluida de 20mg/L de magnesio. Se toman 2mL de la solución patrón concentrada (1000mg/L Mg) y se llevan a un volumen de 100mL con agua desionizada.
- Calcio, solución patrón 1000mg/L Ca para AA. Nitrato de calcio en ácido nítrico 0,5mol/L (Scharlau).
- Solución patrón diluida de 100mg/L de calcio. Se toman 10mL de la solución patrón concentrada (1000mg/L Ca) y se llevan a un volumen de 100mL con agua desionizada.
- Sodio, solución patrón 1000mg/L Na para AA. Nitrato de sodio en ácido nítrico 0,5mol/L (Scharlau).
- Solución patrón diluida 20mg/L de sodio. Se toman 2mL de la solución patrón concentrada (1000mg/L Na) y se llevan a un volumen de 100mL con agua desionizada.

6. MUESTRAS

6.1. Listado de muestras analizadas

6.1.1 Refrescos de cola normales



2. Pepsi normal lata



3. Pepsi normal botella



4. Coca-Cola normal lata



5. Coca-Cola normal botella



6. Cola DIA normal lata



7. Aliada Cola normal lata



8. Berta Cola normal lata

6.1.2 Refrescos de cola normales sin cafeína



9. Pepsi sin cafeína lata



10. Coca-Cola sin cafeína lata



11. La Casera cola sin cafeína lata

6.1.3 Refrescos de cola light



12. Pepsi light lata



13. Pepsi light botella



14. Coca-Cola light lata



15. Coca-Cola light botella



16. Aliada Cola light lata



17. Berta Cola light lata

6.1.4 Refrescos de cola light sin cafeína



18. Pepsi light sin cafeína lata



19. Coca-Cola light sin cafeína lata

6.1.5 Refrescos de cola zero



20. Pepsi zero lata



21. Coca-Cola zero lata



22. *Coca-Cola zero botella*



23. *Cola DIA zero lata*

6.1.6 Refrescos de cola zero sin cafeína



24. *Coca-Cola zero sin cafeína lata*

6.1.7 Refrescos de cola con sabores



25. *Pepsi twist al limón lata*



26. *Pepsi light a la lima lata*



27. *Coca-Cola light al limón lata*

6.2. Preparación de las muestras

Las muestras se deben desgasificar, para ello se usa el equipo de ultrasonidos.

6.2.1 Refrescos de cola normales

Para los refrescos de cola normales, incluidos los refrescos de cola normales sin cafeína y la Pepsi twist al limón se realiza una dilución en medio ácido, y con cloruro de lantano (1%La), de modo que las muestras contienen:

- 20mL muestra
- 5mL HCl concentrado (37% grado analítico)
- 10mL LaCl_3 (1%La)

Todas ellas enrasadas con agua desionizada en matraces de 100mL. [5]

6.2.2 Refrescos de cola light y zero

Entre ellos también se encuentran los refrescos de cola light y zero sin cafeína, la Pepsi light a la lima y la Coca-Cola light limón. En este caso, se realiza una dilución mayor:

- 3mL muestra
- 5mL HCl concentrado (37% grado analítico)
- 10mL LaCl_3 (1%La)

Preparadas y enrasadas, con agua desionizada, en matraces de 100mL.

6.2.3 Excepciones

6.2.3.1. Estudio del contenido de potasio

Se realizaron diluciones adicionales de la Berta Cola normal y de la Pepsi twist al limón, porque se obtenían señales fuera del rango de trabajo.

- Berta Cola normal: Se tomaron 10mL de muestra, 5mL de HCl concentrado y 10 mL de LaCl_3 (1%La), y se llevaron a un volumen de 100mL con agua desionizada.
- Pepsi twist al limón: Se tomó 1mL de muestra, 5mL de HCl concentrado y 10 mL de LaCl_3 (1%La), y se llevaron a un volumen de 100mL con agua desionizada.

6.2.3.2. Estudio del contenido de magnesio

Se hizo una dilución adicional de la Cola DIA normal, por el mismo motivo que las anteriores.

- Cola DIA normal: Se tomaron 10mL de muestra, 5mL de HCl concentrado y 10 mL de LaCl_3 (1%La), y se llevaron a un volumen de 100mL con agua desionizada.

6.2.3.3. Estudio del contenido de sodio

Se realizó una mayor dilución de todas las muestras a excepción de la Coca-Cola light lata, Coca-Cola light sin cafeína lata y la Pepsi zero lata.

Para ello se tomó 1mL de muestra, 5mL de HCl concentrado y 10mL de LaCl_3 (1%La), y se llevaron a un volumen de 100mL con agua desionizada.

7. ESTUDIO DEL CONTENIDO EN POTASIO

7.1. *Parámetros instrumentales optimizados*

- $\lambda = 766,5\text{nm}$
- Caudal de aire: 6-7 u.a.
- Caudal de acetileno: 1-1,5 u.a.
- Altura del mechero: 3-5 u.a.
- Anchura de rendija: 1,0 nm
- Intensidad de la lámpara: 5,0 mA

7.2. *Recta de calibrado*

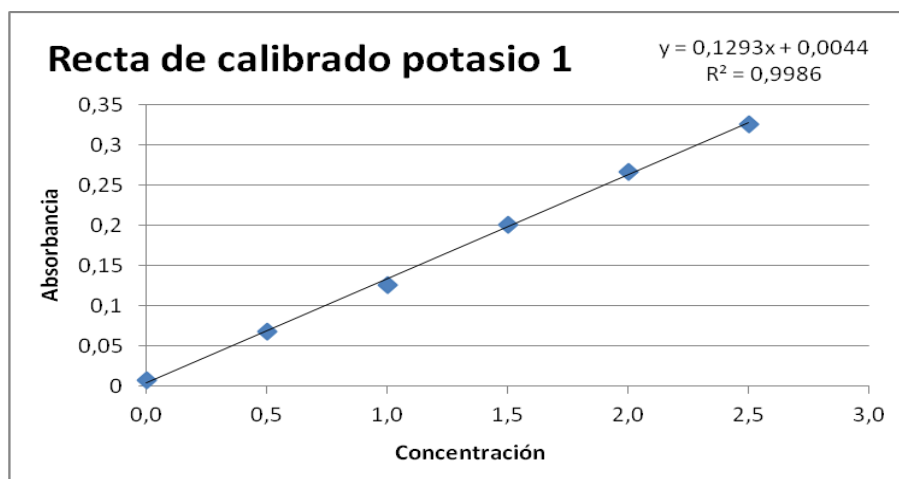
A partir de la solución patrón de potasio diluida (50 mg/L K), se preparan las siguientes soluciones:

- Blanco (0,0mg/L de K): 5mL HCl concentrado + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 0,5mg/L de K: 1mL solución 50mg/L de K + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 1,0mg/L de K: 2mL solución 50mg/L de K + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 1,5mg/L de K: 3mL solución 50mg/L de K + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 2,0mg/L de K: 4mL solución 50mg/L de K + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 2,5mg/L de K: 5mL solución 50mg/L de K + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)

Todas ellas en matraces de 100mL y enrasadas con agua desionizada.

| Concentración (mg/L K) | 0,0 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Absorbancia | 0,008 | 0,068 | 0,126 | 0,201 | 0,267 | 0,326 |
| %RSD | 26,0 | 6,4 | 2,6 | 2,1 | 3,4 | 2,0 |

Tabla 1. Datos recta de calibrado de potasio 1

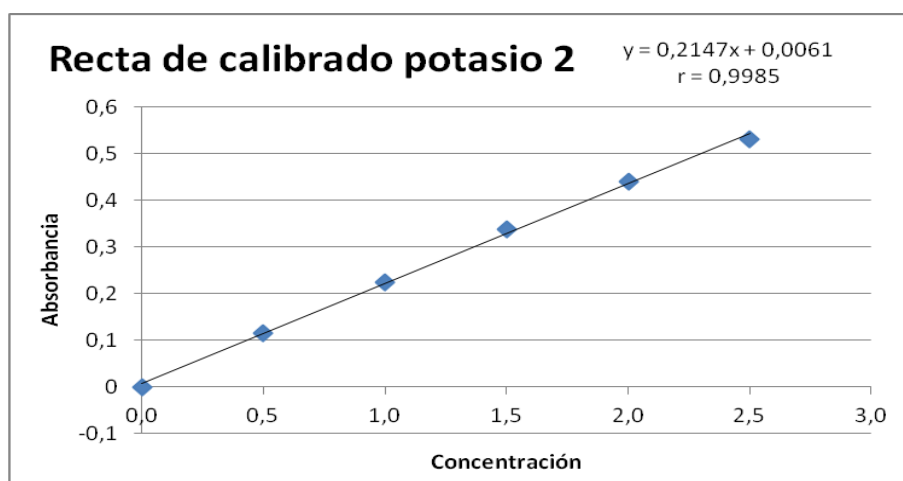


28. Recta de calibrado de potasio 1

Con la ecuación de esta recta de se calculan las concentraciones de las muestras.

| | | | | | | |
|------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Concentración (mg/L K) | 0,0 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 |
| Absorbancia | -0,002 | 0,115 | 0,225 | 0,337 | 0,440 | 0,532 |
| %RSD | 4,7 | 0,5 | 0,9 | 0,1 | 0,5 | 0,1 |

Tabla 2. Datos recta de calibrado de potasio 2



29. Recta de calibrado de potasio 2

Con la ecuación de esta recta de calibrado 2 se calcularán las recuperaciones.

7.3. Límite de detección

Se calcula a partir de la desviación estándar del blanco y de la sensibilidad. Siendo:

$$\text{Límite de detección} = \frac{3 \cdot \text{Desviación estándar absoluta del blanco}}{\text{Sensibilidad}}$$

- Valores de absorbancia para el blanco:

0,008; 0,007; 0,007; 0,008; 0,006; 0,003; 0,007; 0,006; 0,007; 0,009

Desviación estándar absoluta = $1,619 \cdot 10^{-3}$

Sensibilidad = Pendiente de la recta de calibrado = 0,2147 L/mg

$$\text{Límite de detección} = \frac{3 \cdot 1,619 \cdot 10^{-3}}{0,2147} = 0,02263 \text{ mg/L}$$

7.4. Análisis de muestras

| Muestra | Absorbancia | %RSD | Concentración (mg/L K) |
|---------------------------------|-------------|------|------------------------|
| Pepsi normal lata | 0,087 | 5,8 | 3,194 |
| Pepsi normal botella | 0,073 | 5,8 | 2,653 |
| Coca-Cola normal lata | 0,130 | 2,2 | 4,857 |
| Coca-Cola normal botella | 0,118 | 1,7 | 4,393 |
| Cola DIA normal lata | 0,124 | 1,5 | 4,625 |
| Aliada Cola normal lata | 0,191 | 1,4 | 7,216 |
| Berta Cola normal lata | 0,176 | 1,9 | 13,27 |
| Pepsi sin cafeína lata | 0,183 | 2,7 | 6,906 |
| Coca-Cola sin cafeína lata | 0,084 | 3,0 | 3,078 |
| La Casera cola sin cafeína lata | 0,041 | 6,4 | 1,415 |
| Pepsi light lata | 0,069 | 6,8 | 16,65 |

| | | | |
|----------------------------------|-------|------|-------|
| Pepsi light botella | 0,063 | 1,4 | 15,11 |
| Coca-Cola light lata | 0,107 | 1,7 | 26,45 |
| Coca-Cola light botella | 0,114 | 1,1 | 28,26 |
| Aliada Cola light lata | 0,095 | 1,0 | 23,36 |
| Berta Cola light lata | 0,012 | 25,7 | 1,959 |
| Pepsi light sin cafeína lata | 0,085 | 7,0 | 20,78 |
| Coca-Cola light sin cafeína lata | 0,109 | 0,7 | 26,97 |
| Pepsi zero lata | 0,172 | 2,7 | 43,21 |
| Coca-Cola zero lata | 0,116 | 3,7 | 28,77 |
| Coca-Cola zero botella | 0,110 | 1,7 | 27,22 |
| Cola DIA zero lata | 0,139 | 1,4 | 34,70 |
| Coca-Cola zero sin cafeína lata | 0,107 | 5,7 | 26,45 |
| Pepsi twist al limón lata | 0,065 | 5,9 | 46,87 |
| Pepsi light a la lima lata | 0,200 | 2,3 | 50,42 |
| Coca-Cola light limón lata | 0,121 | 3,6 | 30,06 |

Tabla 3. Datos y concentraciones (considerada la dilución de las muestras) para el potasio

7.5. Estudio de recuperación

Se preparan dos alícuotas iguales y a una de ellas se le adiciona una concentración conocida de potasio, en este caso se añade 1mg/L. Se quiere comprobar que la medida de las absorbancias indique realmente la presencia de 1mg/L más.

- Muestra C1: 3mL muestra Coca-Cola light lata
- Muestra C1 + 1mg/L de K: 3mL muestra Coca-Cola light lata, 2mL disolución de 50mg/L de potasio

Ambas contienen también 5mL de HCl concentrado (37% grado analítico), 10mL LaCl_3 (1%La) y agua desionizada hasta enrase en matraz de 100mL

| Muestra | Absorbancia | %RSD | Concentración (mg/L K) |
|-----------------|-------------|------|------------------------|
| C1 | 0,223 | 0,8 | 1,010 |
| C1 + 1mg/L de K | 0,427 | 1,3 | 1,960 |

Tabla 4. Datos recuperación Coca-Cola light lata

Las concentraciones de la tabla no tienen en cuenta la dilución de las muestras y han sido calculadas con la ecuación de la recta de calibrado 2.

% Recuperación:

$$\frac{1,960 - 1,010}{1} \cdot 100 = 95,00\%$$

- Muestra P1 (Pepsi light lata):

| Muestra | Absorbancia | %RSD | Concentración (mg/L K) |
|-----------------|-------------|------|------------------------|
| P1 | 0,145 | 1,2 | 0,6469 |
| P1 + 1mg/L de K | 0,348 | 0,7 | 1,592 |

Tabla 5. Datos recuperación Pepsi light lata

Las concentraciones de la tabla no tienen en cuenta la dilución de las muestras y han sido calculadas con la ecuación de la recta de calibrado 2.

% Recuperación:

$$\frac{1,592 - 0,6469}{1} \cdot 100 = 94,51\%$$

7.6. Adición estándar

Se preparan una serie de alícuotas de la muestra, a las que se añaden distintas cantidades de estándar, para calcular la concentración de la muestra y así compararla con el valor obtenido de la concentración con la ecuación de la recta de calibrado.

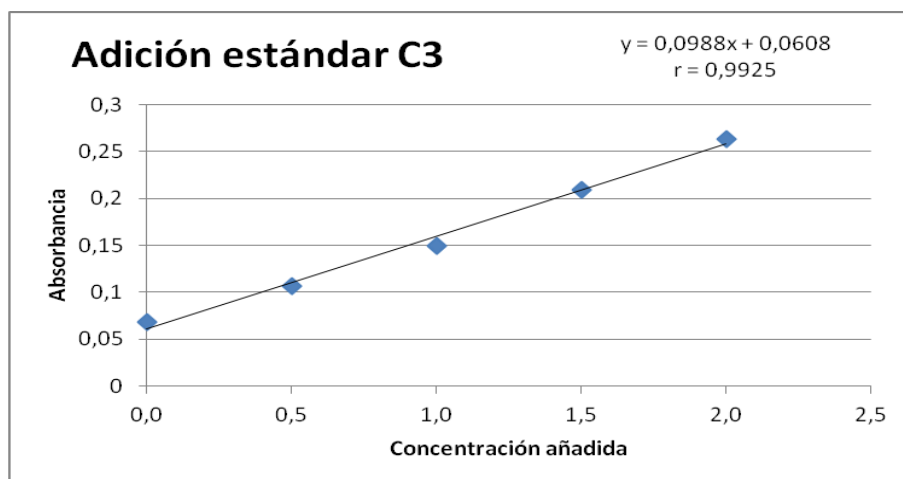
- Muestra C3: 20mL muestra Coca-Cola sin cafeína lata
- Muestra C3 + 0,5mg/L K: 20mL muestra Coca-Cola sin cafeína lata, 1mL disolución de 50mg/L de potasio

- Muestra C3 + 1,0mg/L K: 20mL muestra Coca-Cola sin cafeína lata, 2mL disolución de 50mg/L de potasio
- Muestra C3 + 1,5mg/L K: 20mL muestra Coca-Cola sin cafeína lata, 3mL disolución de 50mg/L de potasio
- Muestra C3 + 2,0mg/L K: 20mL muestra Coca-Cola sin cafeína lata, 4mL disolución de 50mg/L de potasio

Todas ellas contienen además 5mL de HCl concentrado (37% grado analítico), 10mL LaCl_3 (1%La) y agua desionizada hasta enrase en matraz de 100mL

| Muestra | Absorbancia | %RSD |
|-------------------|-------------|------|
| C3 | 0,068 | 4,8 |
| C3 + 0,5mg/L de K | 0,107 | 3,3 |
| C3 + 1,0mg/L de K | 0,150 | 1,0 |
| C3 + 1,5mg/L de K | 0,209 | 2,1 |
| C3 + 2,0mg/L de K | 0,264 | 3,2 |

Tabla 6. Datos adición estándar Coca-Cola sin cafeína lata



30. Adición estándar de la Coca-Cola sin cafeína lata para el potasio.

Se despeja la x de la ecuación de la recta obtenida para $y=0$, obteniéndose la concentración de la muestra C3 (Coca-Cola sin cafeína lata).

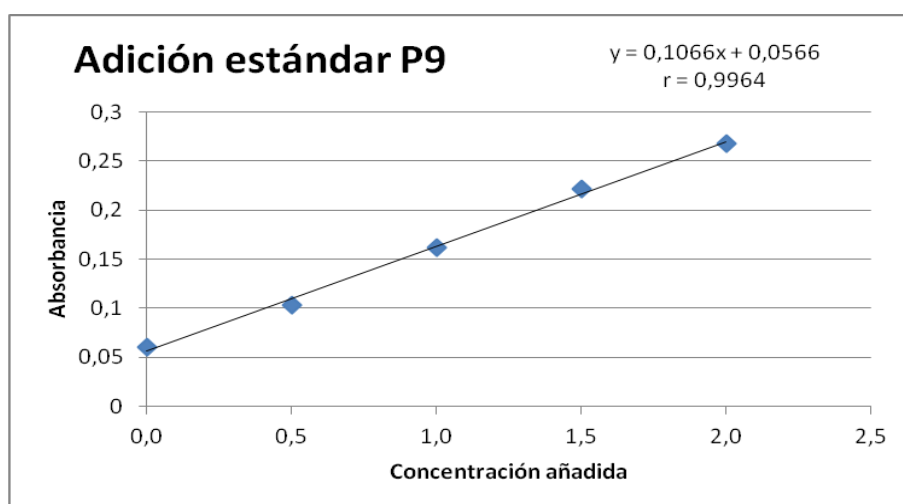
Concentración C3 con recta de calibrado: 0,6156mg/L de potasio

Concentración C3 con adición estándar: 0,6154mg/L de potasio

- Muestra P9 (Pepsi light botella):

| Muestra | Absorbancia | %RSD |
|-------------------|-------------|------|
| P9 | 0,061 | 4,1 |
| P9 + 0,5mg/L de K | 0,103 | 1,7 |
| P9 + 1,0mg/L de K | 0,162 | 3,1 |
| P9 + 1,5mg/L de K | 0,222 | 1,3 |
| P9 + 2,0mg/L de K | 0,268 | 6,2 |

Tabla 7. Datos adición estándar Pepsi light botella



31. Adición estándar de la Pepsi light botella para el potasio.

Se despeja la x de la ecuación de la recta obtenida para $y=0$, obteniéndose la concentración de la muestra P9 (Pepsi light botella).

Concentración P9 con recta de calibrado: 0,4532mg/L de potasio

Concentración P9 con adición estándar: 0,5310mg/L de potasio

8. ESTUDIO DEL CONTENIDO EN MAGNESIO

8.1. Parámetros instrumentales optimizados

- $\lambda = 285,2\text{nm}$
- Caudal de aire: 6-7 u.a.
- Caudal de acetileno: 1-1,5 u.a.
- Altura del mechero: 4-6 u.a.
- Anchura de rendija: 0,5nm
- Intensidad de la lámpara: 4,0 mA

8.2. Recta de calibrado

8.2.1 Recta de calibrado 1

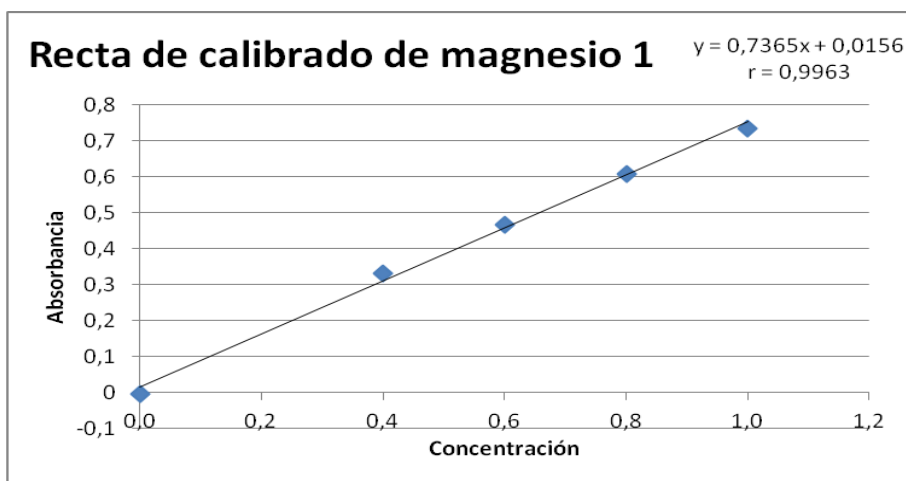
A partir de la solución patrón de magnesio diluida (20mg/L Mg), se preparan las siguientes soluciones:

- Blanco (0,0mg/L de Mg): 5mL HCl concentrado + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 0,4mg/L Mg: 2mL solución 20mg/L de Mg + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 0,6mg/L Mg: 3mL solución 20mg/L de Mg + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 0,8mg/L Mg: 4mL solución 20mg/L de Mg + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 1,0mg/L Mg: 5mL solución 20mg/L de Mg + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)

Todas ellas en matraces de 100mL y enrasadas con agua desionizada.

| Concentración (mg/L Mg) | 0,0 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
|-------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Absorbancia | -0,002 | 0,332 | 0,467 | 0,608 | 0,735 |
| %RSD | 6,9 | 7,7 | 2,1 | 1,7 | 2,3 |

Tabla 8. Datos recta de calibrado de magnesio 1



32. Recta de calibrado de magnesio 1

Con la ecuación de esta recta de calibrado se calcularán las concentraciones de las muestras.

8.2.2 Recta de calibrado 2

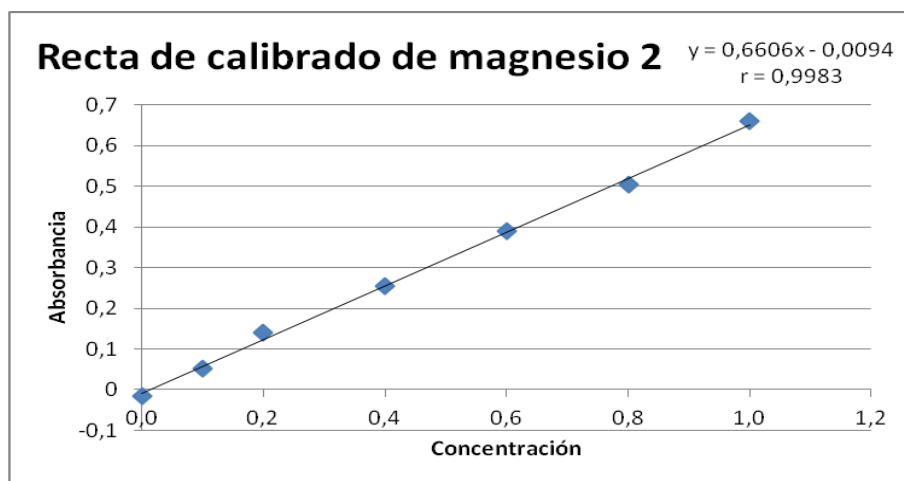
- Blanco (0,0mg/L de Mg): 5mL HCl concentrado + 10mL LaCl₃ (1%La)
- 0,1mg/L Mg: 0,5mL solución 20mg/L de Mg + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl₃(1%La)
- 0,2mg/L Mg: 1mL solución 20mg/L de Mg + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl₃ (1%La)
- 0,4mg/L Mg: 2mL solución 20mg/L de Mg + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl₃ (1%La)
- 0,6mg/L Mg: 3mL solución 20mg/L de Mg + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl₃ (1%La)
- 0,8mg/L Mg: 4mL solución 20mg/L de Mg + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl₃ (1%La)
- 1,0mg/L Mg: 5mL solución 20mg/L de Mg + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl₃ (1%La)

Todas ellas en matraces de 100mL y enrasadas con agua desionizada.

| Concentración (mg/L Mg) | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
|-------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Absorbancia | -0,016 | 0,052 | 0,139 | 0,254 | 0,390 | 0,504 | 0,659 |
| %RSD | 2,2 | 3,3 | 1,7 | 5,1 | 0,6 | 3,3 | 4,1 |

Tabla 9. Datos recta de calibrado de magnesio 2

Con la representación de estos valores se obtuvo la ecuación de la recta, a partir de la cual se calcularán las recuperaciones y la concentración de la muestra de Cola DIA normal lata:



33. Recta de calibrado de magnesio 2.

8.3. Límite de detección

Se calcula a partir de la desviación estándar del blanco y de la sensibilidad. Siendo:

$$\text{Límite de detección} = \frac{3 \cdot \text{Desviación estándar absoluta del blanco}}{\text{Sensibilidad}}$$

- Valores de absorbancia para el blanco:

-0,001; 0,000; 0,000; -0,001; -0,001; -0,002; -0,001; -0,003; -0,002; -0,002

Desviación estándar absoluta = $9,487 \cdot 10^{-4}$

Sensibilidad = Pendiente de la recta de calibrado = 0,7365L/mg

$$\text{Límite de detección} = \frac{3 \cdot 9,487 \cdot 10^{-4}}{0,7365} = 3,864 \cdot 10^{-3} \text{ mg/L}$$

8.4. Análisis de muestras

| Muestra | Absorbancia | %RSD | Concentración (mg/L Mg) |
|--------------------------|-------------|------|-------------------------|
| Pepsi normal lata | 0,218 | 1,0 | 1,374 |
| Pepsi normal botella | 0,224 | 1,0 | 1,415 |
| Coca-Cola normal lata | 0,563 | 1,9 | 3,716 |
| Coca-Cola normal botella | 0,285 | 3,3 | 1,829 |
| Cola DIA normal lata | 0,389 | 3,0 | 6,031 |

| | | | |
|----------------------------------|-------|-----|--------|
| Aliada Cola normal lata | 0,559 | 0,7 | 3,689 |
| Berta Cola normal lata | 0,431 | 1,9 | 2,820 |
| Pepsi sin cafeína lata | 0,233 | 1,9 | 1,476 |
| Coca-Cola sin cafeína lata | 0,340 | 0,8 | 2,202 |
| La Casera cola sin cafeína lata | 0,048 | 3,2 | 0,2200 |
| Pepsi light lata | 0,025 | 5,4 | 0,4254 |
| Pepsi light botella | 0,051 | 5,9 | 1,602 |
| Coca-Cola light lata | 0,108 | 7,8 | 4,182 |
| Coca-Cola light botella | 0,054 | 4,5 | 1,738 |
| Aliada Cola light lata | 0,256 | 1,6 | 10,88 |
| Berta Cola light lata | 0,076 | 4,1 | 2,734 |
| Pepsi light sin cafeína lata | 0,041 | 1,5 | 1,150 |
| Coca-Cola light sin cafeína lata | 0,049 | 3,3 | 1,512 |
| Pepsi zero lata | 0,040 | 3,2 | 1,104 |
| Coca-Cola zero lata | 0,169 | 5,7 | 6,943 |
| Coca-Cola zero botella | 0,051 | 5,9 | 1,602 |
| Cola DIA zero lata | 0,080 | 2,7 | 2,915 |
| Coca-Cola zero sin cafeína lata | 0,110 | 1,5 | 4,272 |
| Pepsi twist al limón lata | 0,361 | 1,1 | 2,345 |
| Pepsi light a la lima lata | 0,095 | 2,9 | 3,594 |
| Coca-Cola light limón lata | 0,106 | 2,9 | 4,091 |

Tabla 10. Datos y concentraciones (considerada la dilución de muestras) para el magnesio

8.5. Estudio de recuperación

Se quiere detectar la presencia de 0,4mg/L de magnesio más.

- Muestra P8: 20mL muestra Pepsi normal botella
- Muestra P8 + 0,4mg/L de Mg: 20mL muestra Pepsi normal botella, 2mL disolución de 20mg/L de magnesio

Ambas contienen también 5mL de HCl concentrado (37% grado analítico), 10mL LaCl₃ (1%La) y agua desionizada hasta enrase en matraz de 100mL

| Muestra | Absorbancia | %RSD | Concentración (mg/L Mg) |
|--------------------|-------------|------|-------------------------|
| P8 | 0,195 | 0,9 | 0,3095 |
| P8 + 0,4mg/L de Mg | 0,485 | 1,4 | 0,7484 |

Tabla 11. Datos recuperación Pepsi normal botella

Las concentraciones de la tabla no tienen en cuenta la dilución de las muestras y han sido calculadas con la ecuación de la recta de calibrado 2.

% Recuperación:

$$\frac{0,7484 - 0,3095}{0,4} \cdot 100 = 109,7 \%$$

- Muestra C4 (Coca-Cola normal botella):

| Muestra | Absorbancia | %RSD | Concentración (mg/L Mg) |
|--------------------|-------------|------|-------------------------|
| C4 | 0,247 | 3,0 | 0,3882 |
| C4 + 0,4mg/L de Mg | 0,501 | 1,7 | 0,7726 |

Tabla 12. Datos recuperación Coca-Cola normal botella

Las concentraciones de la tabla no tienen en cuenta la dilución de las muestras y han sido calculadas con la ecuación de la recta de calibrado 2.

% Recuperación:

$$\frac{0,7726 - 0,3882}{0,4} \cdot 100 = 96,10 \%$$

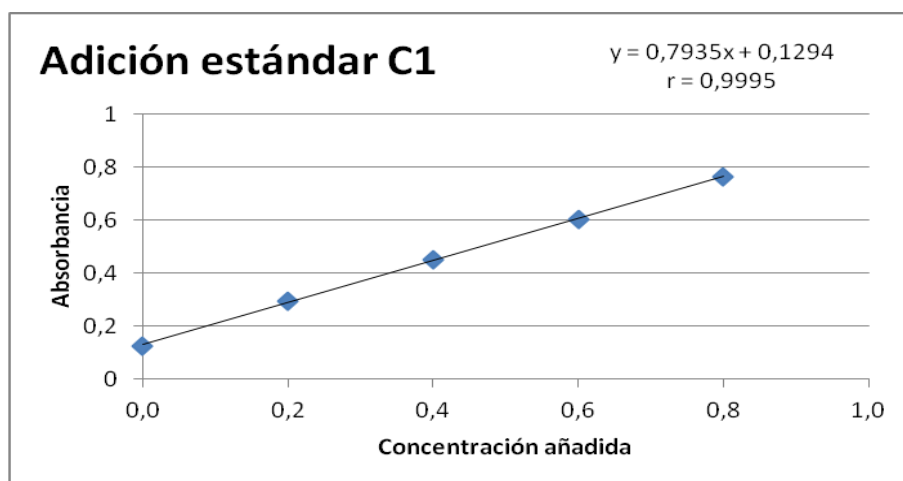
8.6. Adición estándar

- Muestra C1: 3mL muestra Coca-Cola light lata
- Muestra C1 + 0,2mg/L Mg: 3mL muestra Coca-Cola light lata, 1mL disolución de 20mg/L de magnesio
- Muestra C1 + 0,4mg/L Mg: 3mL muestra Coca-Cola light lata, 2mL disolución de 20mg/L de magnesio
- Muestra C1 + 0,6mg/L Mg: 3mL muestra Coca-Cola light lata, 3mL disolución de 20mg/L de magnesio
- Muestra C1 + 0,8mg/L Mg: 3mL muestra Coca-Cola light lata, 4mL disolución de 20mg/L de magnesio

Todas ellas contienen además 5mL de HCl concentrado (37% grado analítico), 10mL LaCl_3 (1%La) y agua desionizada hasta enrase en matraz de 100mL

| Muestra | Absorbancia | %RSD |
|--------------------|-------------|------|
| C1 | 0,123 | 0,9 |
| C1 + 0,2mg/L de Mg | 0,294 | 2,0 |
| C1 + 0,4mg/L de Mg | 0,452 | 1,8 |
| C1 + 0,6mg/L de Mg | 0,603 | 3,1 |
| C1 + 0,8mg/L de Mg | 0,762 | 1,5 |

Tabla 13. Datos adición estándar Coca-Cola light lata



34. Adición estándar de la Coca-Cola light lata para el magnesio

Se despeja la x de la ecuación de la recta obtenida para $y=0$, obteniéndose la concentración de la muestra C1 (Coca-Cola light lata).

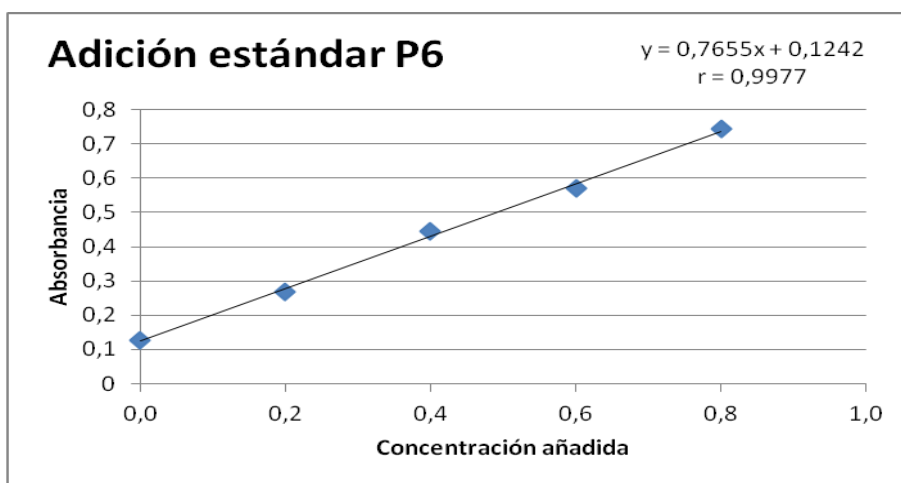
Concentración C1 con recta de calibrado 1: 0,1255mg/L de magnesio

Concentración C1 con adición estándar: 0,1631mg/L de magnesio

- Muestra P6 (Pepsi light a la lima lata):

| Muestra | Absorbancia | %RSD |
|--------------------|-------------|------|
| P6 | 0,128 | 2,3 |
| P6 + 0,2mg/L de Mg | 0,268 | 2,9 |
| P6 + 0,4mg/L de Mg | 0,444 | 3,7 |
| P6 + 0,6mg/L de Mg | 0,569 | 2,3 |
| P6 + 0,8mg/L de Mg | 0,743 | 1,9 |

Tabla 14. Datos adición estándar Pepsi light a la lima lata



35. Adición estándar de la Pepsi light a la lima lata para el magnesio.

Se despeja la x de la ecuación de la recta obtenida para $y=0$, obteniéndose la concentración de la muestra P6 (Pepsi light a la lima lata).

Concentración P6 con recta de calibrado 1: 0,1078mg/L de magnesio

Concentración P6 con adición estándar: 0,1622mg/L de magnesio

9. ESTUDIO DEL CONTENIDO EN CALCIO

9.1. Parámetros instrumentales optimizados

- $\lambda = 422,7\text{nm}$
- Caudal de aire: 6-7 u.a.
- Caudal de acetileno: 1-1,5 u.a.
- Altura del mechero: 1-3 u.a.
- Anchura de rendija: 0,5nm
- Intensidad de la lámpara: 10mA

9.2. Recta de calibrado

9.2.1 Rectas de calibrado 1 y 2

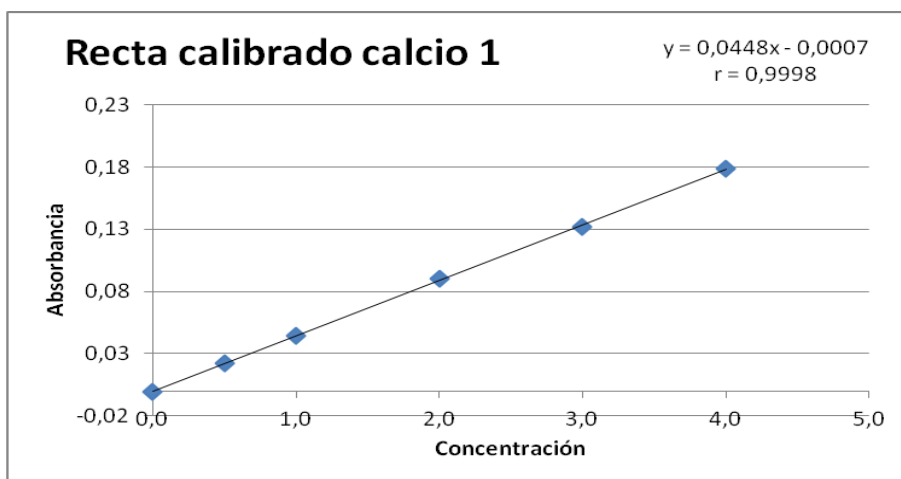
A partir de la solución patrón de calcio diluida (100mg/L Ca), se preparan las siguientes soluciones:

- Blanco (0,0mg/L de Ca): 5mL HCl concentrado + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 0,5mg/L Ca: 0,5mL solución 100mg/L Ca + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 1,0mg/L Ca: 1mL solución 100mg/L de Ca + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 2,0mg/L Ca: 2mL solución 100mg/L de Ca + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 3,0mg/L Ca: 3mL solución 100mg/L de Ca + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 4,0mg/L Ca: 4mL solución 100mg/L de Ca + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)

Todas ellas en matraces de 100mL y enrasadas con agua desionizada.

| Concentración (mg/L Ca) | 0,0 | 0,5 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 |
|-------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Absorbancia | -0,001 | 0,022 | 0,044 | 0,090 | 0,132 | 0,179 |
| %RSD | 3,1 | 0,7 | 1,0 | 1,4 | 0,5 | 0,8 |

Tabla 15. Datos recta de calibrado de calcio 1

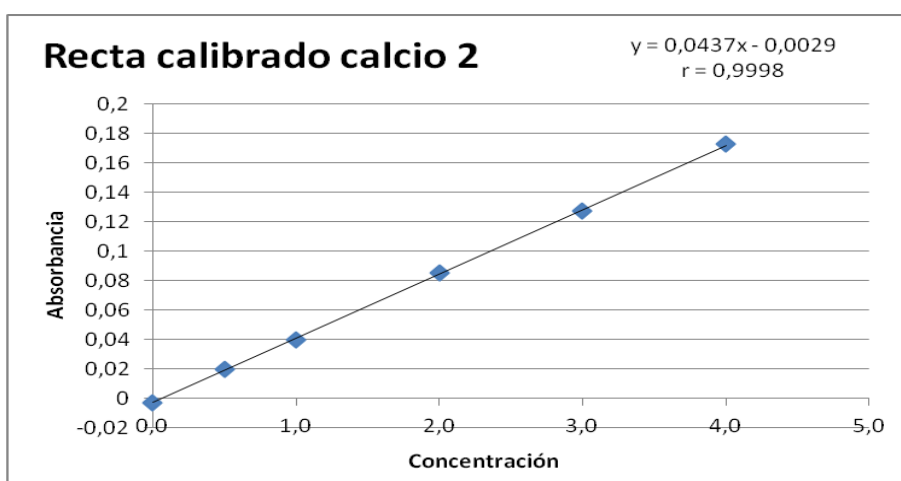


36. Recta de calibrado de calcio 1.

Con la ecuación de esta recta de calibrado se calcularán las concentraciones de las muestras.

| | | | | | | |
|-------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Concentración (mg/L Ca) | 0,0 | 0,5 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 |
| Absorbancia | -0,003 | 0,020 | 0,040 | 0,085 | 0,127 | 0,173 |
| %RSD | 7,0 | 0,6 | 0,3 | 0,8 | 0,7 | 0,3 |

Tabla 16. Datos recta de calibrado de calcio 2



37. Recta de calibrado de calcio 2.

Con la ecuación de esta recta de calibrado 2 se calcularán las recuperaciones.

9.3. Límite de detección

Se calcula a partir de la desviación estándar del blanco y de la sensibilidad. Siendo:

$$\text{Límite de detección} = \frac{3 \cdot \text{Desviación estándar absoluta del blanco}}{\text{Sensibilidad}}$$

- Valores de absorbancia para el blanco:

-0,004; -0,004; -0,004; -0,004; -0,004; -0,006; -0,005; -0,005; -0,005; -0,001

Desviación estándar absoluta = $1,316 \cdot 10^{-3}$

Sensibilidad = Pendiente de la recta de calibrado = 0,0448 L/mg

$$\text{Límite de detección} = \frac{3 \cdot 1,316 \cdot 10^{-3}}{0,0448} = 0,08816 \text{ mg/L}$$

9.1. Análisis de muestras

| Muestra | Absorbancia | %RSD | Concentración (mg/L Ca) |
|---------------------------------|-------------|------|-------------------------|
| Pepsi normal lata | 0,073 | 1,0 | 8,225 |
| Pepsi normal botella | 0,037 | 1,2 | 4,208 |
| Coca-Cola normal lata | 0,091 | 0,9 | 10,23 |
| Coca-Cola normal botella | 0,066 | 1,4 | 7,444 |
| Cola DIA normal lata | 0,092 | 1,3 | 10,35 |
| Aliada Cola normal lata | 0,076 | 0,7 | 8,560 |
| Berta Cola normal lata | 0,043 | 1,3 | 4,877 |
| Pepsi sin cafeína lata | 0,066 | 0,4 | 7,444 |
| Coca-Cola sin cafeína lata | 0,070 | 1,0 | 7,891 |
| La Casera cola sin cafeína lata | 0,008 | 1,2 | 0,9710 |
| Pepsi light lata | 0,034 | 1,6 | 25,82 |
| Pepsi light botella | 0,029 | 0,8 | 22,10 |
| Coca-Cola light lata | 0,026 | 0,9 | 19,87 |
| Coca-Cola light botella | 0,040 | 1,3 | 30,28 |
| Aliada Cola light lata | 0,019 | 0,9 | 14,66 |

| | | | |
|----------------------------------|-------|-----|-------|
| Berta Cola light lata | 0,012 | 3,6 | 9,449 |
| Pepsi light sin cafeína lata | 0,019 | 0,4 | 14,66 |
| Coca-Cola light sin cafeína lata | 0,034 | 0,4 | 25,82 |
| Pepsi zero lata | 0,029 | 0,9 | 22,10 |
| Coca-Cola zero lata | 0,055 | 1,4 | 41,44 |
| Coca-Cola zero botella | 0,036 | 1,4 | 27,31 |
| Cola DIA zero lata | 0,023 | 1,7 | 17,63 |
| Coca-Cola zero sin cafeína lata | 0,026 | 0,5 | 19,89 |
| Pepsi twist al limón lata | 0,031 | 0,9 | 3,538 |
| Pepsi light a la lima lata | 0,035 | 1,0 | 26,56 |
| Coca-Cola light limón lata | 0,036 | 0,6 | 27,31 |

Tabla 17. Datos y concentraciones (considerada la dilución de las muestras) para el calcio

9.2. Estudio de recuperación

Se quiere comprobar detectar la presencia de 1mg/L de calcio más.

- Muestra C10: 3mL muestra Coca-Cola zero sin cafeína lata
- Muestra C10 + 1mg/L de Ca: 3mL muestra Coca-Cola zero sin cafeína lata, 1mL disolución de 100mg/L de calcio

Ambas contienen también 5mL de HCl concentrado (37% grado analítico), 10mL LaCl₃ (1%La) y agua desionizada hasta enrase en matraz de 100mL

| Muestra | Absorbancia | %RSD | Concentración (mg/L Ca) |
|-------------------|-------------|------|-------------------------|
| C10 | 0,027 | 1,5 | 0,6842 |
| C10 + 1mg/L de Ca | 0,069 | 0,3 | 1,645 |

Tabla 18. Datos recuperación Coca-Cola zero sin cafeína lata

Las concentraciones de la tabla no tienen en cuenta la dilución de las muestras y han sido calculadas con la ecuación de la recta de calibrado 2.

% Recuperación:

$$\frac{1,645 - 0,6842}{1} \cdot 100 = 96,08 \%$$

- Muestra P5 (Pepsi light sin cafeína lata):

En este caso la adición es de 2mg/L más de calcio.

| Muestra | Absorbancia | %RSD | Concentración (mg/L Ca) |
|------------------|-------------|------|-------------------------|
| P5 | 0,020 | 1,0 | 0,5240 |
| P5 + 2mg/L de Ca | 0,108 | 0,5 | 2,538 |

Tabla 19. Datos recuperación Pepsi light sin cafeína lata

Las concentraciones de la tabla no tienen en cuenta la dilución de las muestras y han sido calculadas con la ecuación de la recta de calibrado 2.

% Recuperación:

$$\frac{2,538 - 0,5240}{2} \cdot 100 = 100,7 \%$$

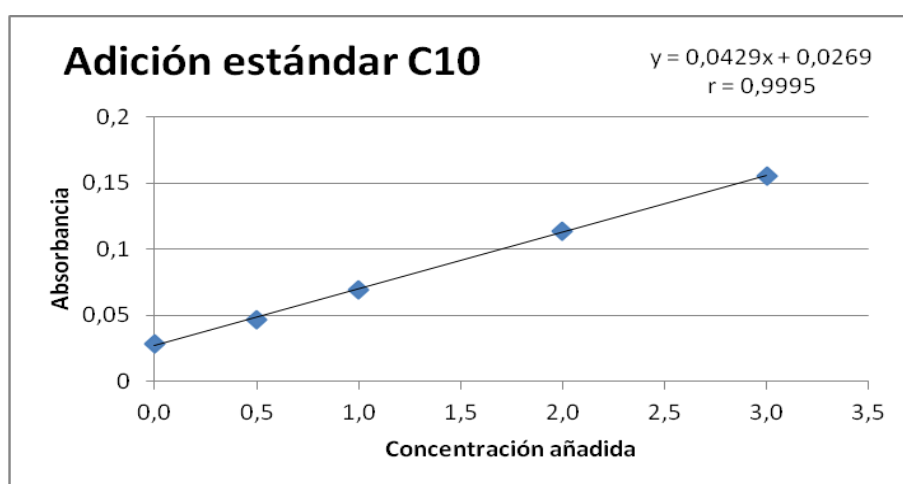
9.3. Adición estándar

- Muestra C10: 3mL muestra Coca-Cola zero sin cafeína lata
- Muestra C10 + 0,5mg/L Ca: 3mL muestra Coca-Cola zero sin cafeína lata, 0,5mL disolución de 100mg/L de calcio
- Muestra C10 + 1mg/L Ca: 3mL muestra Coca-Cola zero sin cafeína lata, 1mL disolución de 100mg/L de calcio
- Muestra C10 + 2mg/L Ca: 3mL muestra Coca-Cola zero sin cafeína lata, 2mL disolución de 100mg/L de calcio
- Muestra C10 + 3mg/L Ca: 3mL muestra Coca-Cola zero sin cafeína lata, 3mL disolución de 100mg/L de calcio

Todas ellas contienen además 5mL de HCl concentrado (37% grado analítico), 10mL LaCl₃ (1%La) y agua desionizada hasta enrase en matraz de 100mL

| Muestra | Absorbancia | %RSD |
|---------------------|-------------|------|
| C10 | 0,028 | 0,8 |
| C10 + 0,5mg/L de Ca | 0,047 | 0,7 |
| C10 + 1mg/L de Ca | 0,069 | 0,5 |
| C10 + 2mg/L de Ca | 0,114 | 0,2 |
| C10 + 3mg/L de Ca | 0,155 | 0,6 |

Tabla 20. Datos adición estándar Coca-Cola zero sin cafeína lata



38. Adición estándar de la Coca-Cola zero sin cafeína lata para el calcio

Se despeja la x de la ecuación de la recta obtenida para $y = 0$, obteniéndose la concentración de la muestra C10 (Coca-Cola zero sin cafeína lata).

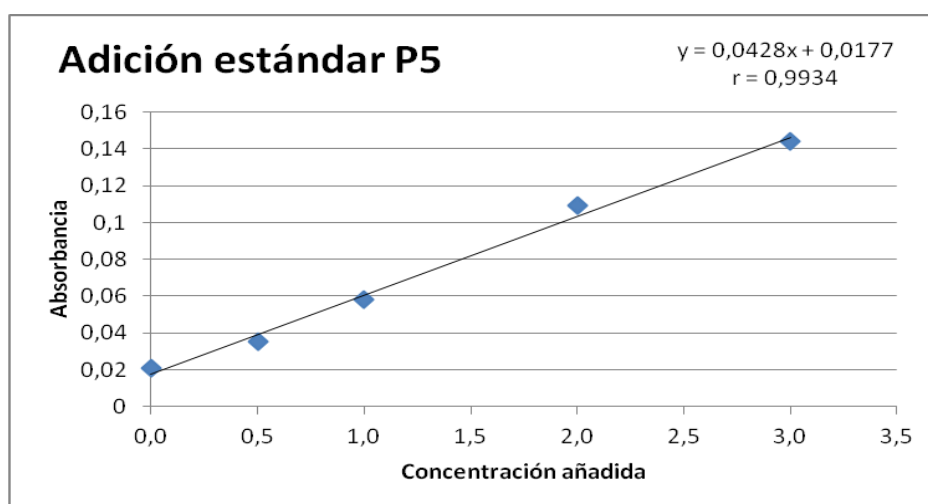
Concentración C10 con recta de calibrado 1: 0,5960mg/L de calcio

Concentración C10 con adición estándar: 0,6270mg/L de calcio

- Muestra P5 (Pepsi light sin cafeína lata):

| Muestra | Absorbancia | %RSD |
|--------------------|-------------|------|
| P5 | 0,021 | 1,2 |
| P5 + 0,5mg/L de Ca | 0,035 | 0,4 |
| P5 + 1mg/L de Ca | 0,058 | 0,7 |
| P5 + 2mg/L de Ca | 0,109 | 1,7 |
| P5 + 3mg/L de Ca | 0,144 | 0,7 |

Tabla 21. Datos adición estándar Pepsi light sin cafeína lata



39. Adición estándar de la Pepsi light sin cafeína lata para el calcio

Se despeja la x de la ecuación de la recta obtenida para $y=0$, obteniéndose la concentración de la muestra P5 (Pepsi light sin cafeína lata).

Concentración P5 con recta de calibrado 1: 0,4397mg/L de calcio

Concentración P5 con adición estándar: 0,4136mg/L de calcio

10. ESTUDIO DEL CONTENIDO EN SODIO

10.1. Parámetros instrumentales optimizados

- $\lambda = 589,0\text{nm}$ y $589,6\text{nm}$
- Caudal de aire: 6-7 u.a.
- Caudal de acetileno: 1-1,5 u.a.
- Altura del mechero: 2-4 u.a.
- Anchura de rendija: 0,5nm
- Intensidad de la lámpara: 5,0 mA

10.2. Recta de calibrado

10.2.1 Recta de calibrado 1

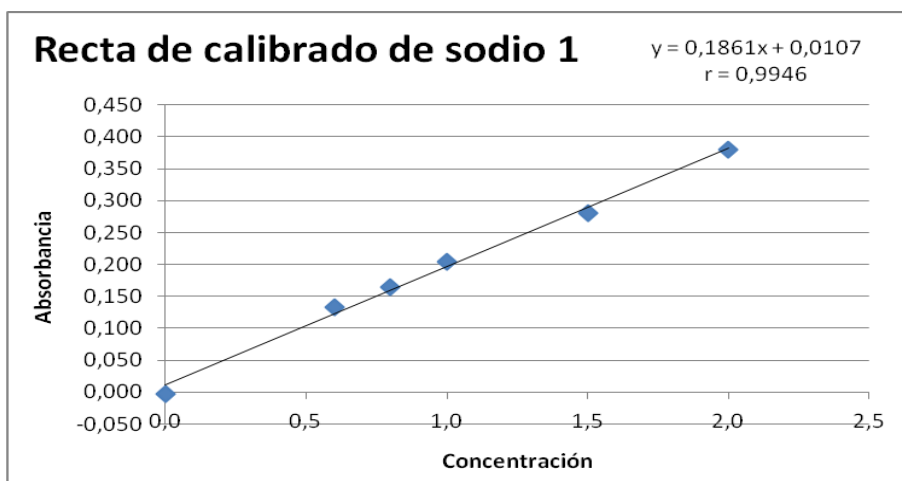
A partir de la solución patrón de sodio diluida (20mg/L Na), se preparan:

- Blanco (0,0mg/L de Na): 5mL HCl concentrado + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 0,6mg/L Na: 3mL solución 20mg/L Na + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 0,8mg/L Na: 4mL solución 20mg/L de Na + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 1,0mg/L Na: 5mL solución 20mg/L de Na + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 1,5mg/L Na: 7,5mL solución 20mg/L de Na + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)
- 2,0mg/L Na: 10mL solución 20mg/L de Na + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl_3 (1%La)

Todas ellas en matraces de 100mL y enrasadas con agua desionizada.

| | | | | | | |
|-------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Concentración (mg/L Na) | 0,0 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| Absorbancia | -0,002 | 0,133 | 0,165 | 0,205 | 0,281 | 0,380 |
| %RSD | 4,7 | 0,3 | 0,1 | 0,6 | 0,9 | 0,2 |

Tabla 22. Datos recta de calibrado de sodio 1 (medidos con $\lambda = 589,6\text{nm}$)



40. Recta de calibrado de sodio 1

Con esta recta de calibrado se calcularán las concentraciones de las muestras de Coca-Cola light lata, Coca-Cola light sin cafeína lata y Pepsi zero lata.

10.2.2 Rectas de calibrado 2 y 3

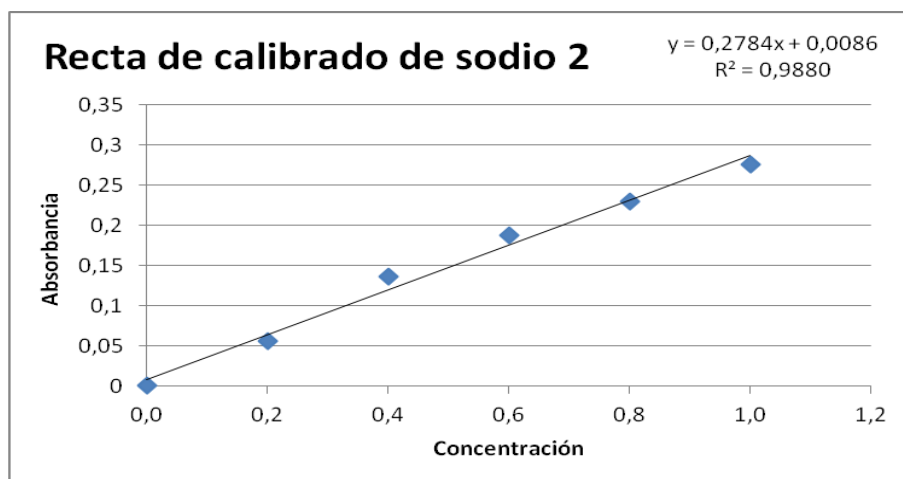
A partir de la solución patrón de sodio diluida (20mg/L Na), se preparan:

- Blanco (0,0mg/L de Na): 5mL HCl concentrado + 10mL LaCl₃ (1%La)
- 0,2mg/L Na: 1mL solución 20mg/L Na + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl₃ (1%La)
- 0,4mg/L Na: 2mL solución 20mg/L de Na + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl₃ (1%La)
- 0,6mg/L Na: 3mL solución 20mg/L de Na + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl₃ (1%La)
- 0,8mg/L Na: 4mL solución 20mg/L de Na + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl₃ (1%La)
- 1,0mg/L Na: 5mL solución 20mg/L de Na + 5mL HCl (c) + 10mL LaCl₃ (1%La)

Todas ellas en matraces de 100mL y enrasadas con agua desionizada.

| | | | | | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Concentración (mg/L Na) | 0,0 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| Absorbancia | 0,001 | 0,056 | 0,136 | 0,188 | 0,230 | 0,276 |
| %RSD | 18,1 | 0,7 | 0,2 | 0,6 | 0,9 | 0,1 |

Tabla 23. Datos recta de calibrado de sodio 2 (medidos con $\lambda = 589,0\text{nm}$)

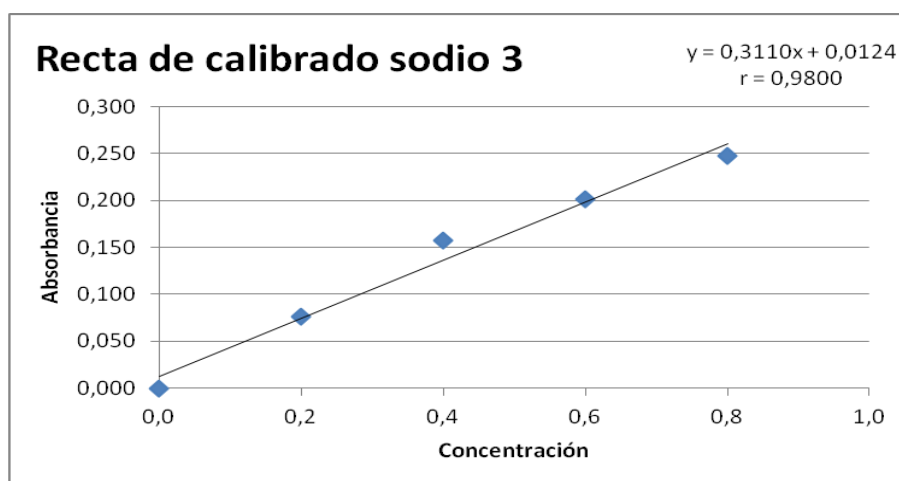


41. Recta de calibrado de sodio 2

Con la ecuación de esta recta de calibrado 2 se calcularán las concentraciones del resto de muestras

| | | | | | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Concentración (mg/L Na) | 0,0 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| Absorbancia | 0,000 | 0,076 | 0,158 | 0,202 | 0,248 | 0,290 |
| %RSD | 95,3 | 2,2 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,8 |

Tabla 24. Datos recta de calibrado de sodio 3 (medidos con $\lambda = 589,0\text{nm}$)



42. Recta de calibrado de sodio 3

La ecuación de esta recta de calibrado 3, se usa para las recuperaciones.

10.3. Límite de detección

Se calcula a partir de la desviación estándar del blanco y de la sensibilidad. Siendo:

$$\text{Límite de detección} = \frac{3 \cdot \text{Desviación estándar absoluta del blanco}}{\text{Sensibilidad}}$$

- Valores de absorbancia para el blanco:

-0,001; -0,001; -0,001; -0,001; 0,000; 0,000; 0,001; 0,002; 0,002; 0,002

Desviación estándar absoluta = $1,338 \cdot 10^{-3}$

Sensibilidad = Pendiente de la recta de calibrado = 0,2871 L/mg

$$\text{Límite de detección} = \frac{3 \cdot 1,338 \cdot 10^{-3}}{0,2871} = 0,01398 \text{ mg/L}$$

10.4. Análisis de muestras

| Muestra | Absorbancia | %RSD | Concentración (mg/L Na) |
|---------------------------------|-------------|------|-------------------------|
| Pepsi normal lata | 0,087 | 0,5 | 28,16 |
| Pepsi normal botella | 0,133 | 1,5 | 44,68 |
| Coca-Cola normal lata | 0,125 | 0,3 | 41,81 |
| Coca-Cola normal botella | 0,141 | 0,3 | 47,56 |
| Cola DIA normal lata | 0,179 | 1,0 | 61,21 |
| Aliada Cola normal lata | 0,144 | 0,5 | 48,64 |
| Berta Cola normal lata | 0,221 | 1,3 | 76,29 |
| Pepsi sin cafeína lata | 0,073 | 1,3 | 23,13 |
| Coca-Cola sin cafeína lata | 0,071 | 1,1 | 22,41 |
| La Casera cola sin cafeína lata | 0,144 | 0,8 | 48,64 |
| Pepsi light lata | 0,188 | 0,7 | 64,44 |

| | | | |
|----------------------------------|-------|-----|--------|
| Pepsi light botella | 0,201 | 0,4 | 69,11 |
| Coca-Cola light lata | 0,361 | 0,6 | 62,74 |
| Coca-Cola light botella | 0,215 | 0,1 | 74,134 |
| Aliada Cola light lata | 0,218 | 1,2 | 75,22 |
| Berta Cola light lata | 0,237 | 1,1 | 82,04 |
| Pepsi light sin cafeína lata | 0,165 | 1,2 | 56,18 |
| Coca-Cola light sin cafeína lata | 0,325 | 0,4 | 56,30 |
| Pepsi zero lata | 0,325 | 0,4 | 56,30 |
| Coca-Cola zero lata | 0,246 | 0,8 | 85,27 |
| Coca-Cola zero botella | 0,251 | 0,9 | 87,07 |
| Cola DIA zero lata | 0,241 | 1,2 | 123,8 |
| Coca-Cola zero sin cafeína lata | 0,242 | 0,1 | 83,84 |
| Pepsi twist al limón lata | 0,232 | 0,7 | 118,9 |
| Pepsi light a la lima lata | 0,247 | 0,3 | 127,0 |
| Coca-Cola light limón lata | 0,227 | 1,0 | 78,45 |

Tabla 25. Datos y concentraciones (considerada la dilución de las muestras) para el sodio

10.5. Estudio de recuperación

Se quiere detectar la presencia de 0,4mg/L de sodio más.

- Muestra C3: 1mL muestra Coca-Cola sin cafeína lata
- Muestra C3 + 0,4mg/L de Na: 1mL muestra Coca-Cola sin cafeína lata, 2mL disolución de 20mg/L de sodio

Ambas contienen también 5mL de HCl concentrado (37% grado analítico), 10mL LaCl₃ (1%La) y agua desionizada hasta enrase en matraz de 100mL

| Muestra | Absorbancia | %RSD | Concentración (mg/L Na) |
|--------------------|-------------|------|-------------------------|
| C3 | 0,083 | 0,5 | 0,2270 |
| C3 + 0,4mg/L de Na | 0,206 | 0,8 | 0,6225 |

Tabla 26. Datos recuperación Coca-Cola sin cafeína lata (medido con $\lambda = 589,0\text{nm}$)

Las concentraciones de la tabla no tienen en cuenta la dilución de las muestras y han sido calculadas con la ecuación de la recta de calibrado 3.

% Recuperación:

$$\frac{0,6225 - 0,2270}{0,4} \cdot 100 = 98,88 \%$$

- Muestra P4 (Pepsi sin cafeína lata):

| Muestra | Absorbancia | %RSD | Concentración (mg/L Na) |
|--------------------|-------------|------|-------------------------|
| P4 | 0,088 | 0,5 | 0,2431 |
| P4 + 0,4mg/L de Na | 0,213 | 0,7 | 0,6450 |

Tabla 27. Datos recuperación Pepsi sin cafeína lata (medido con $\lambda = 589,0\text{nm}$)

Las concentraciones de la tabla no tienen en cuenta la dilución de las muestras y han sido calculadas con la ecuación de la recta de calibrado 3.

% Recuperación:

$$\frac{0,6450 - 0,2431}{0,4} \cdot 100 = 100,5 \%$$

10.6. Adición estándar

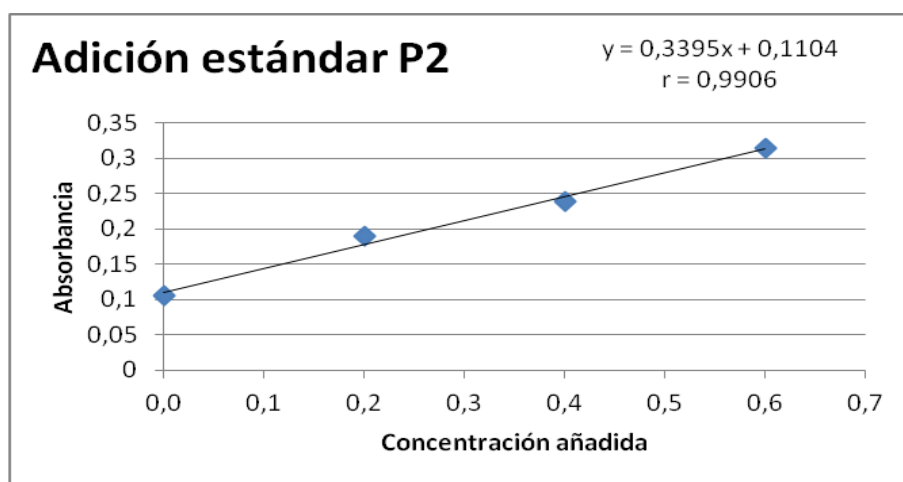
- Muestra P2: 1mL muestra Pepsi normal lata
- Muestra P2 + 0,2mg/L Na: 1mL muestra Pepsi normal lata, 1mL disolución de 20mg/L de sodio
- Muestra P2 + 0,4mg/L Na: 1mL muestra Pepsi normal lata, 2mL disolución de 20mg/L de sodio

- Muestra P2 + 0,6mg/L Na: 1mL muestra Pepsi normal lata, 3mL disolución de 20mg/L de sodio

Todas ellas contienen además 5mL de HCl concentrado (37% grado analítico), 10mL LaCl_3 (1%La) y agua desionizada hasta enrase en matraz de 100mL

| Muestra | Absorbancia | %RSD |
|--------------------|-------------|------|
| P2 | 0,105 | 1,0 |
| P2 + 0,2mg/L de Na | 0,190 | 0,2 |
| P2 + 0,4mg/L de Na | 0,239 | 0,7 |
| P2 + 0,6mg/L de Na | 0,315 | 0,6 |

Tabla 28. Datos adición estándar Pepsi normal lata



43. Adición estándar de la Pepsi normal lata para el sodio

Se despeja la x de la ecuación de la recta obtenida para $y=0$, obteniéndose la concentración de la muestra P2 (Pepsi normal lata).

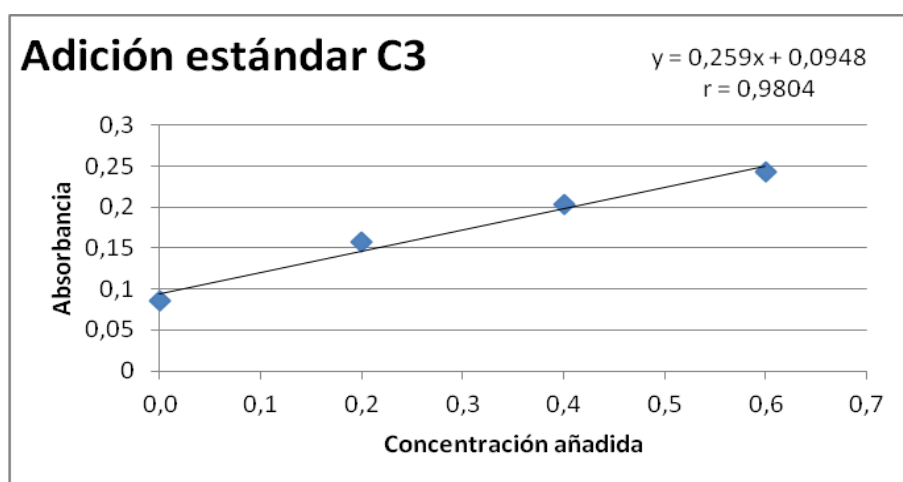
Concentración P2 con recta de calibrado 2: 0,2816mg/L de sodio

Concentración P2 con adición estándar: 0,3252mg/L de sodio

- Muestra C3 (Coca-Cola sin cafeína lata)

| Muestra | Absorbancia | %RSD |
|---------------------|-------------|------|
| P2 | 0,086 | 0,5 |
| P2 + 0,2mg/L de Na | 0,157 | 0,2 |
| P2 + 0,4mg/L de Na | 0,204 | 0,1 |
| P52 + 0,6mg/L de Na | 0,243 | 0,5 |

Tabla 29. Datos adición estándar Coca-Cola sin cafeína lata



44. Adición estándar de la Coca-Cola sin cafeína para para el sodio

Se despeja la x de la ecuación de la recta obtenida para $y=0$, obteniéndose la concentración de la muestra C3 (Coca-Cola sin cafeína lata).

Concentración C3 con recta de calibrado 2: 0,2241mg/L de sodio

Concentración C3 con adición estándar: 0,3660mg/L de sodio

11. CONCLUSIONES

11.1. Resumen rectas de calibrado

| Elemento | Nº recta | Pendiente | Ordenada | Coeficiente correlación |
|----------|----------|-----------|----------|-------------------------|
| Potasio | 1 | 0,1293 | 0,0044 | 0,9986 |
| | 2 | 0,2147 | 0,0061 | 0,9985 |
| Magnesio | 1 | 0,7365 | 0,0156 | 0,9963 |
| | 2 | 0,6606 | -0,094 | 0,9983 |
| Calcio | 1 | 0,0448 | -0,0007 | 0,9998 |
| | 2 | 0,0437 | -0,0029 | 0,9998 |
| Sodio | 1 | 0,1861 | 0,0107 | 0,9946 |
| | 2 | 0,2784 | 0,0086 | 0,9880 |
| | 3 | 0,3110 | 0,0124 | 0,9800 |

Tabla 30. Resumen rectas de calibrado

11.2. Resumen estudios recuperación

| Elemento | Muestra | % recuperación |
|----------|---------|----------------|
| Potasio | C1 | 95,00 |
| | P1 | 94,51 |
| Magnesio | P8 | 109,7 |
| | C4 | 96,10 |
| Calcio | C10 | 96,08 |
| | P5 | 100,7 |
| Sodio | C3 | 98,88 |
| | P4 | 100,5 |

Tabla 31. Resumen de estudios de recuperación

11.3. Resumen adiciones estándar

| Elemento | Muestra | Concentración recta calibrado | Concentración adición estándar |
|----------|---------|-------------------------------|--------------------------------|
| Potasio | C3 | 0,6156 | 0,6154 |
| | P9 | 0,4532 | 0,5310 |
| Magnesio | C1 | 0,1255 | 0,1631 |
| | P6 | 0,1078 | 0,1622 |
| Calcio | C10 | 0,5960 | 0,6270 |
| | P5 | 0,4397 | 0,4136 |
| Sodio | P2 | 0,2816 | 0,3252 |
| | C3 | 0,2241 | 0,3660 |

Tabla 32. Resumen adiciones estándar, concentraciones en mg/L (sin considerar dilución)

Las mayores diferencias se presentan en magnesio y sodio.

11.4. Comparación concentraciones bibliográficas y experimentales

Se han encontrado valores bibliográficos sólo para los refrescos de cola normales, normales sin cafeína, light y light sin cafeína [6], que se comparan con el rango de valores obtenidos experimentalmente:

| Datos | Refrescos de cola | K | Mg | Ca | Na |
|--------------------|----------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| Experimentales | Normales | 2,653-13,27 | 1,374-6,031 | 4,208-10,35 | 28,16-76,29 |
| | Normales sin cafeína | 1,415-6,906 | 0,2200-2,202 | 0,9710-7,891 | 22,41-48,64 |
| | Light | 1,959-28,26 | 0,4254-10,88 | 9,449-30,28 | 62,74-82,04 |
| | Light sin cafeína | 20,78-26,97 | 1,150-1,512 | 14,66-25,82 | 56,18-56,30 |
| Bibliográficos [6] | Normales | 10,00 | 10,00 | 40,00 | 80,00 |
| | Normales sin cafeína | 10,00 | 10,00 | 30,00 | 40,00 |
| | Light | 40,00 | 10,00 | 40,00 | 70,00 |
| | Light sin cafeína | 0,000 | 10,00 | 40,00 | 60,00 |

Tabla 33. Comparativa concentraciones bibliográficas y experimentales, en mg/L (sin considerar dilución)

Se observa que los datos bibliográficos son superiores a los experimentales en todos los casos salvo en el potasio del refresco de cola normal con cafeína, en el sodio del refresco normal sin cafeína, y en el magnesio y sodio del refresco light con cafeína, donde los valores bibliográficos se encuentran dentro del rango de valores experimentales obtenidos.

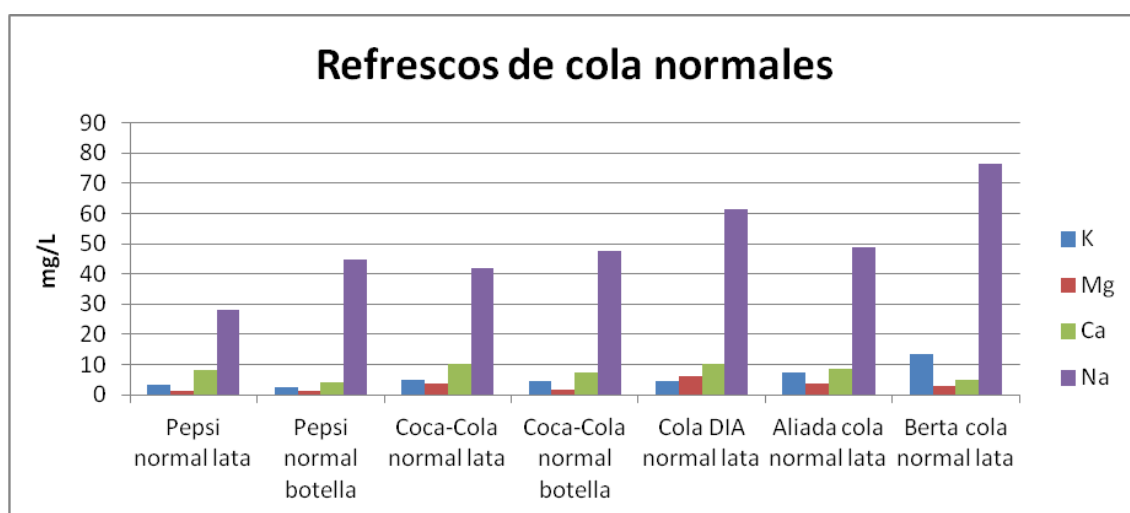
Tanto los valores experimentales de los refrescos normales, con y sin cafeína, como los de los refrescos light con cafeína poseen: $[Na] > [Ca] > [K] > [Mg]$, sucedería lo mismo en el caso de los valores bibliográficos de los refrescos normales, con y sin cafeína, sino fuera porque aquí el contenido en potasio es igual que el de magnesio, y en el de los datos bibliográficos de los refrescos light con cafeína también, donde la concentración de calcio es igual que la de potasio.

En los datos bibliográficos de los refrescos light sin cafeína se da: $[Na] > [Ca] > [Mg] > [K]$, y en los experimentales del mismo tipo de refresco: $[Na] > [K] > [Ca] > [Mg]$.

11.5. Concentraciones de elementos según el tipo de muestra analizada

Se ha observado que, de forma generalizada, para los refrescos de cola normales, normales sin cafeína, light y zero se obtiene $[Na] > [Ca] > [K] > [Mg]$, mientras que para los refrescos de cola light sin cafeína, zero sin cafeína y con sabores $[Na] > [K] > [Ca] > [Mg]$.

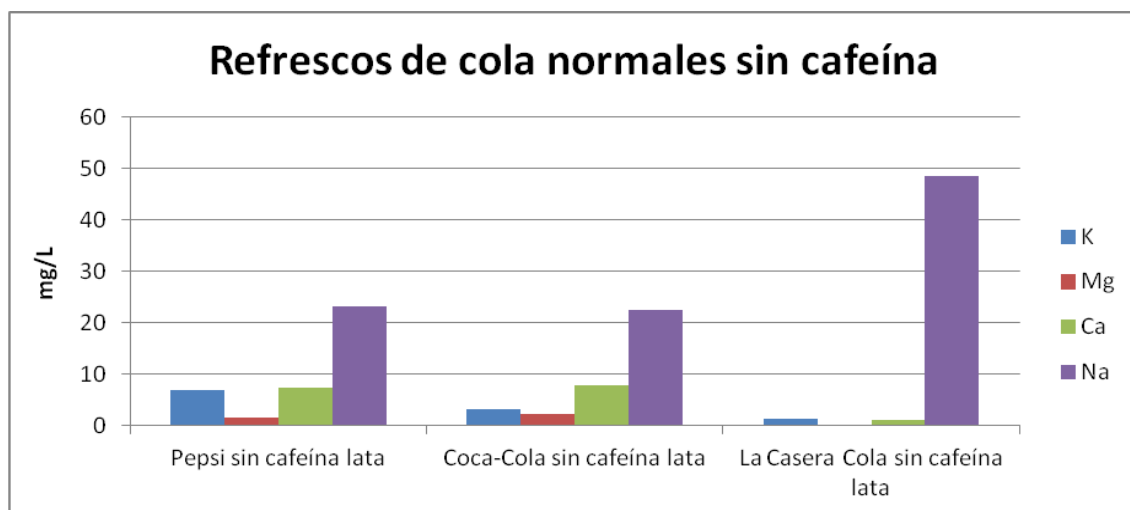
A continuación, tras la representación de cada gráfica se comentan las excepciones y muestras con valores más altos para cada elemento.



45. Concentración de elementos en refrescos de cola normales

En la Cola DIA normal lata la concentración de magnesio es mayor que la de potasio, y la Berta cola normal lata tiene mayor concentración de potasio, que calcio y magnesio. Siendo esta última muestra también la que contiene una mayor concentración de sodio y potasio.

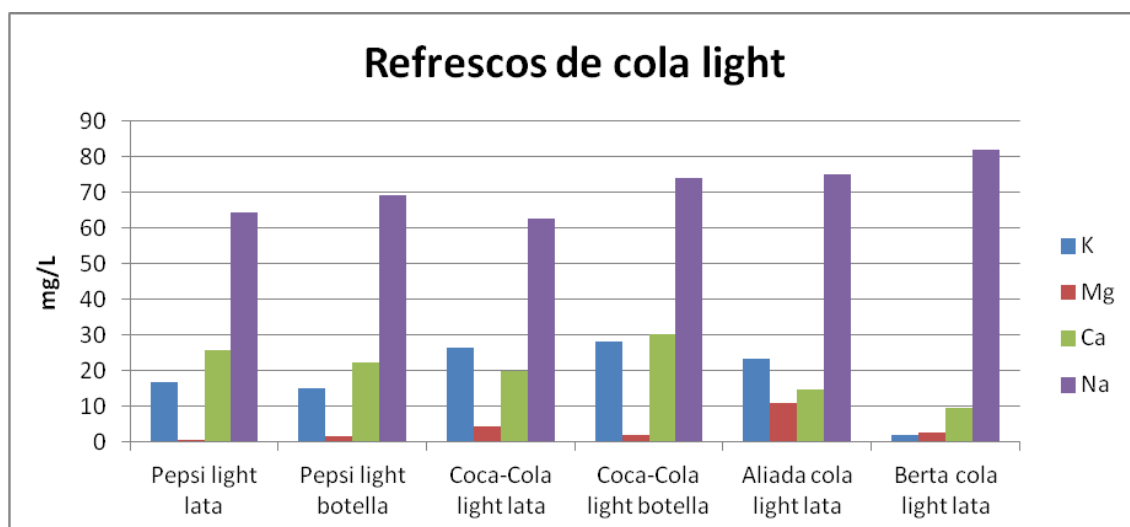
Coca-Cola normal lata y Cola DIA normal lata son las muestras con más contenido en calcio, además la de la marca DIA es la que tiene más magnesio.



46. Concentración de elementos en refrescos de cola normales sin cafeína

En la muestra de La Casera Cola sin cafeína lata la concentración de potasio es superior a la de calcio y magnesio, dicha muestra a pesar de tener bajo contenido en potasio, magnesio y calcio es la que posee mayor concentración de sodio.

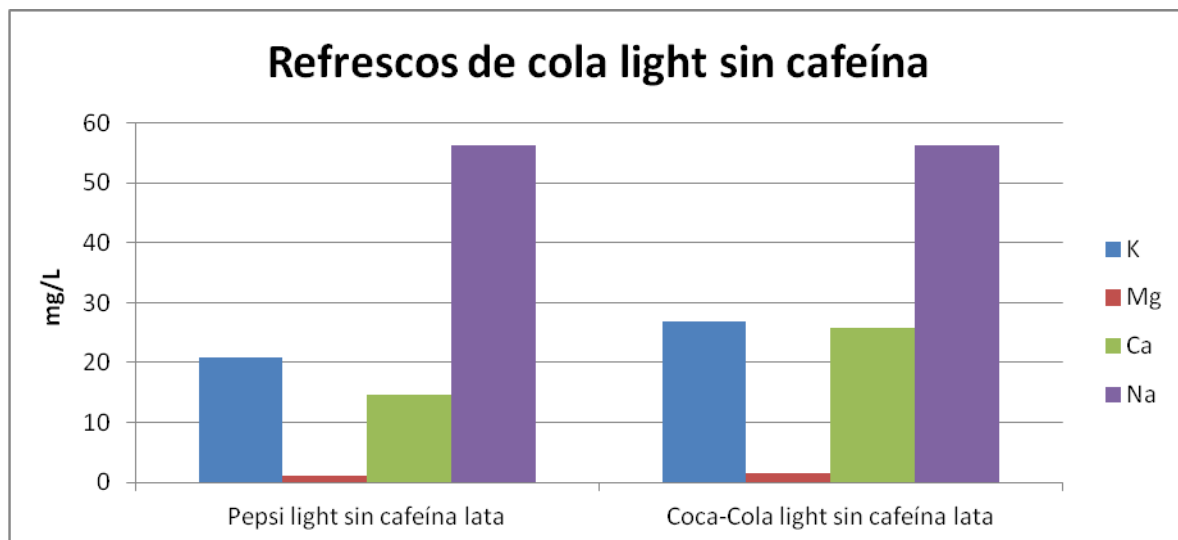
Tanto la Pepsi sin cafeína lata como la Coca-Cola sin cafeína lata tienen el contenido más alto de calcio, siendo la primera en la que también hay mayor cantidad de potasio, y la segunda en la que más magnesio hay, aunque la diferencia es menor.



47. Concentración de elementos en refrescos de cola light

En la Coca-Cola light lata y de la Aliada cola light lata la concentración de potasio es mayor que la de calcio, y en la Berta cola light lata se da $[Na] > [Ca] > [Mg] > [K]$.

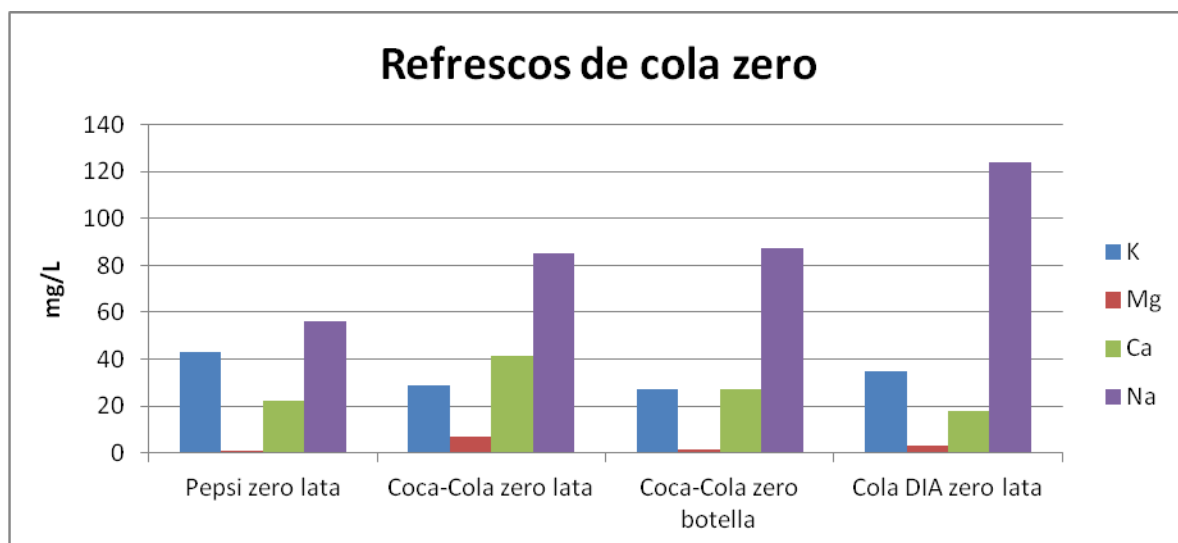
La muestra con mayor concentración de calcio y potasio es la Coca-Cola light botella, con más magnesio es Aliada cola light lata y en sodio Berta cola light lata.



48. Concentración de elementos en refrescos de cola light sin cafeína

En el caso de la Coca-Cola light sin cafeína lata la diferencia entre la concentración de potasio y calcio es significativamente menor que en la Pepsi light sin cafeína lata.

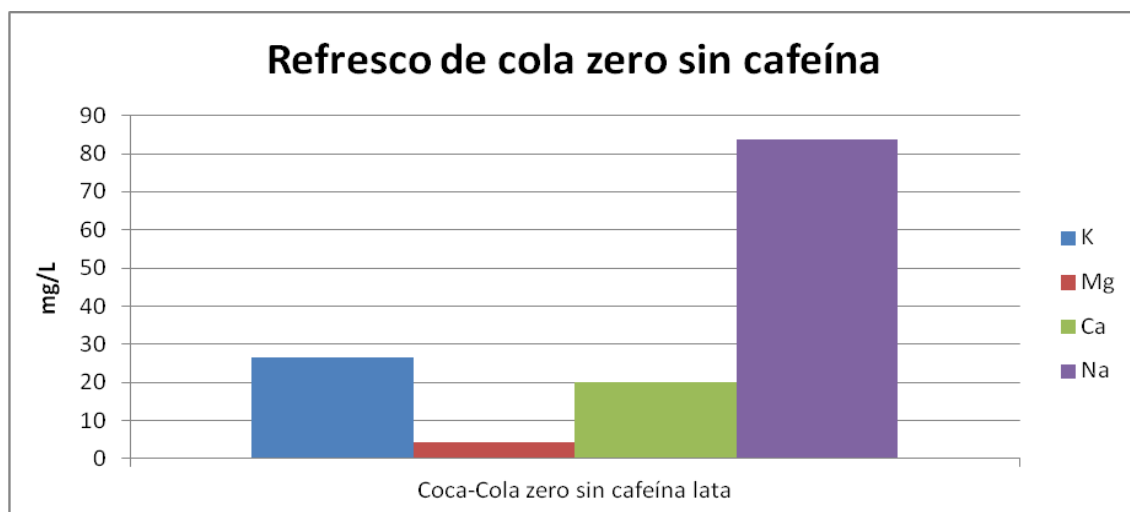
La Coca-Cola light sin cafeína lata tiene mayor concentración de potasio y calcio, ambas muestras contienen aproximadamente la misma cantidad de sodio.



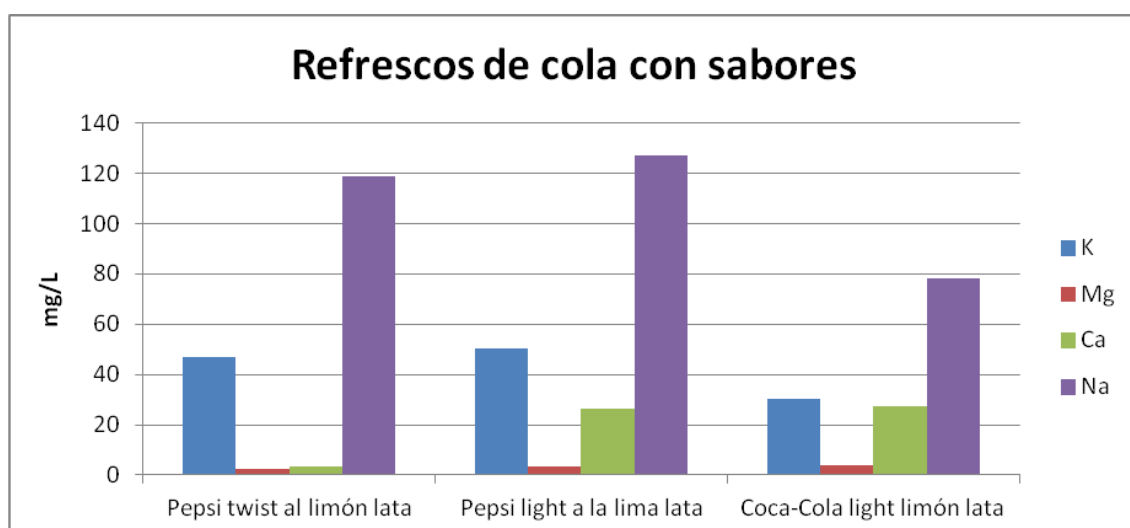
49. Concentración de elementos en refrescos de cola zero

En la Coca-Cola zero botella la diferencia entre el calcio y el potasio es mucho menor, que en las otras muestras. También se observa que en el caso de la Pepsi zero lata el contenido de sodio es significativamente menor que en el resto, sin embargo es la muestra con más contenido en potasio.

La Coca-Cola zero lata es la que tiene más calcio y magnesio, en el caso del sodio hay más en la Cola DIA zero lata.



50. Concentración de elementos en refrescos de cola zero sin cafeína



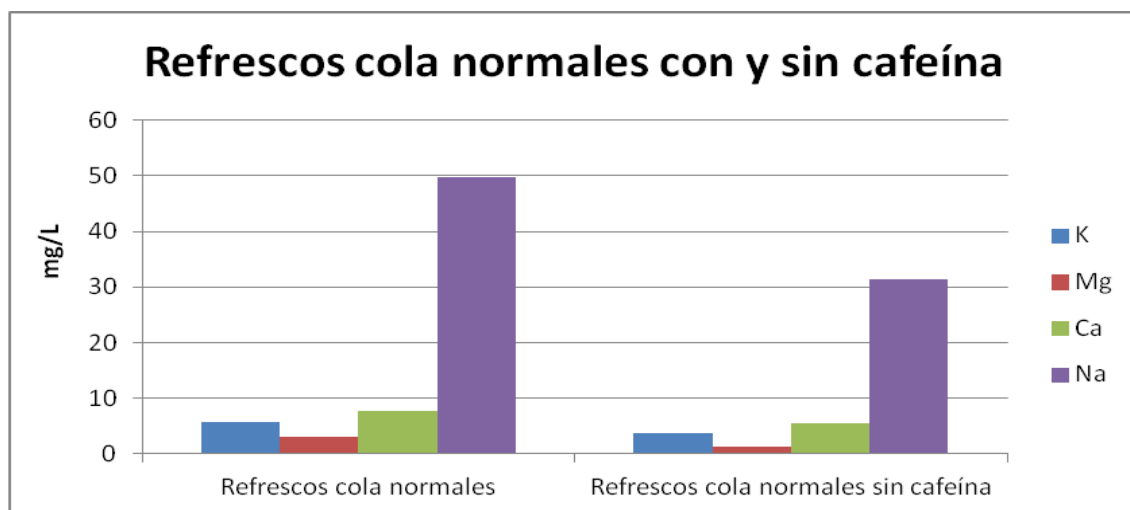
51. Concentración de elementos en refrescos de cola con sabores

En el caso de la Coca-Cola light limón lata la diferencia entre calcio y potasio es menor, y en el de la Pepsi twist al limón lata las concentraciones de magnesio y calcio son más parecidas entre sí y menores que en las otras dos muestras, que son similares.

La Pepsi light a la lima lata es la que contiene mayor concentración de potasio y sodio.

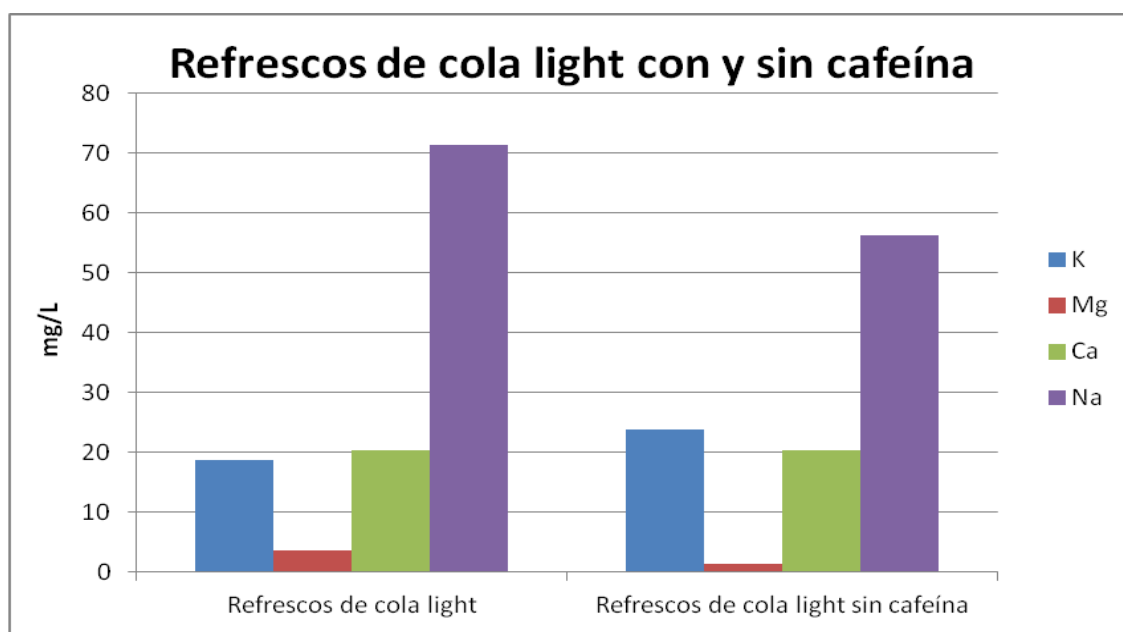
11.6. Concentraciones medias de elementos según si contienen o no cafeína

Los refrescos de cola normales, con y sin cafeína, y los refrescos de cola light con cafeína contienen $[Na] > [Ca] > [K] > [Mg]$, en cambio los refrescos de cola light sin cafeína y los refrescos de cola zero, con y sin cafeína tienen $[Na] > [K] > [Ca] > [Mg]$.



52. Comparativa de concentraciones en refrescos de cola normales con y sin cafeína

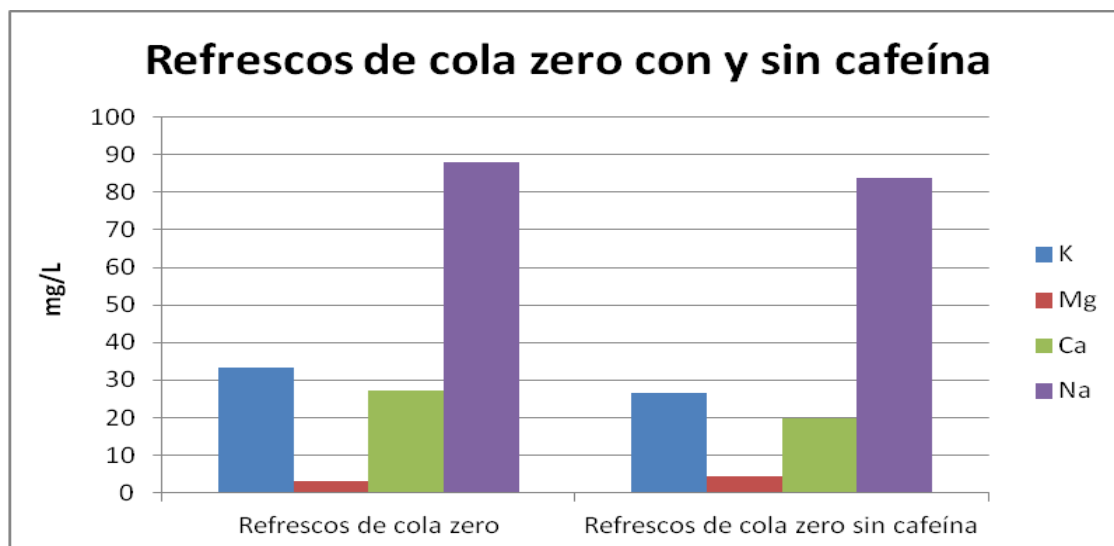
Se observa que, de media, los refrescos de cola normales contienen mayor concentración de sodio, calcio, potasio y magnesio, aunque la diferencia de estos tres últimos no es significativa.



53. Comparativa de concentraciones en refrescos de cola light con y sin cafeína

Los refrescos de cola light con cafeína tienen mayor concentración de sodio y magnesio, ambos tipos de refrescos contienen aproximadamente la misma cantidad de calcio, y los light sin cafeína tienen más potasio.

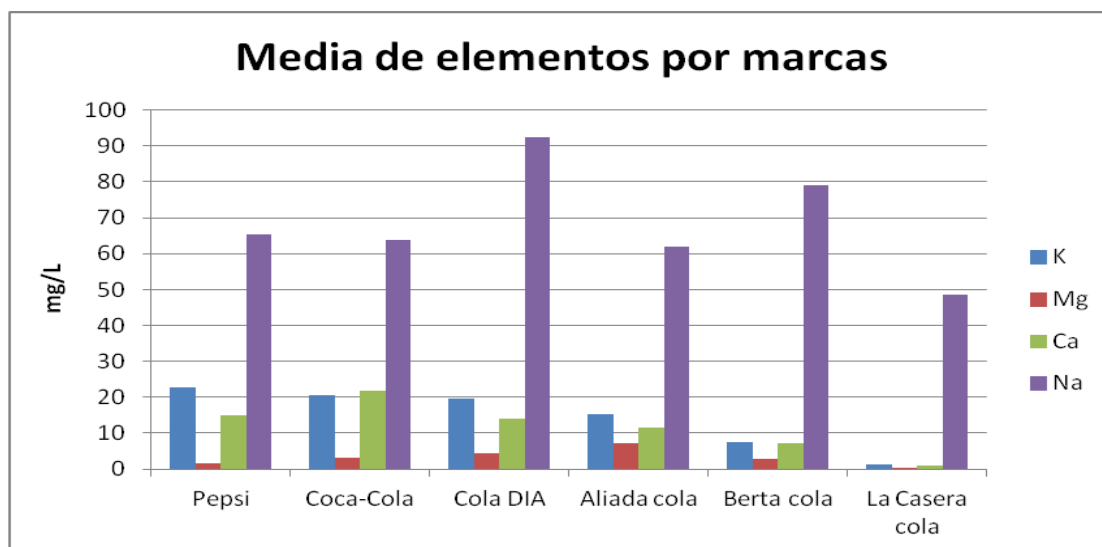
Al igual que en la comparativa anterior, la diferencia más acusada se encuentra en la concentración de sodio.



54. Comparativa concentraciones en refrescos de cola zero con y sin cafeína

Los refrescos de cola zero con cafeína tienen concentración mayor en sodio, potasio y calcio mientras que el de sin cafeína contiene más magnesio, con pequeñas diferencias en todos los casos.

11.7. Concentraciones medias de elementos según la marca



55. Concentración media de elementos por marcas

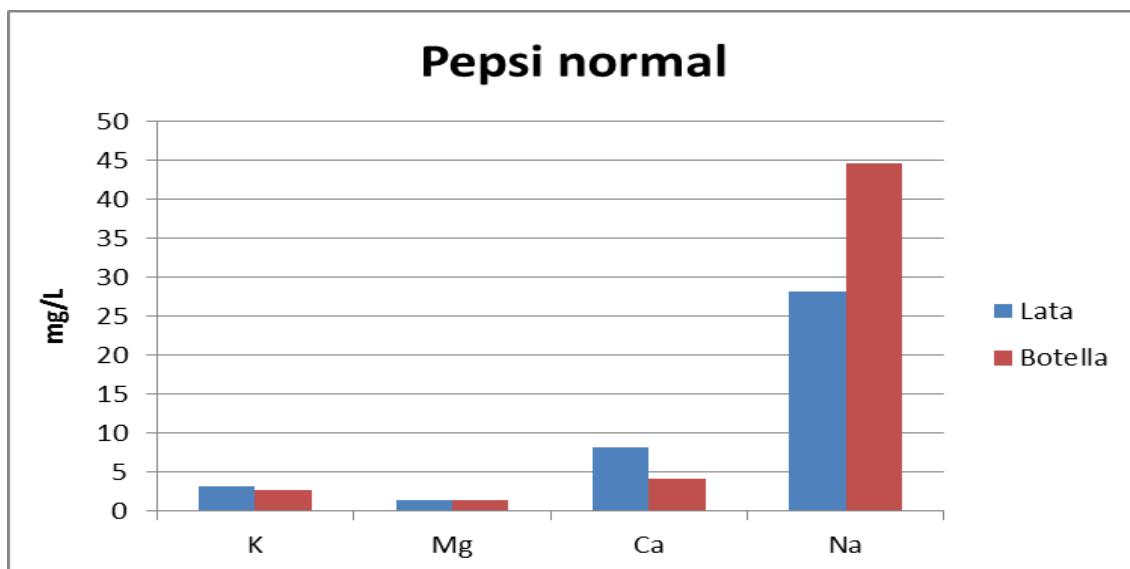
Todas las marcas tienen como elemento mayoritario en su concentración al sodio, en todos los casos, a excepción de la Coca-Cola que sucede al revés, el contenido de potasio es mayor que el de calcio, y el elemento que se encuentra en menor proporción es el magnesio.

La Casera cola presenta concentraciones significativamente menores.

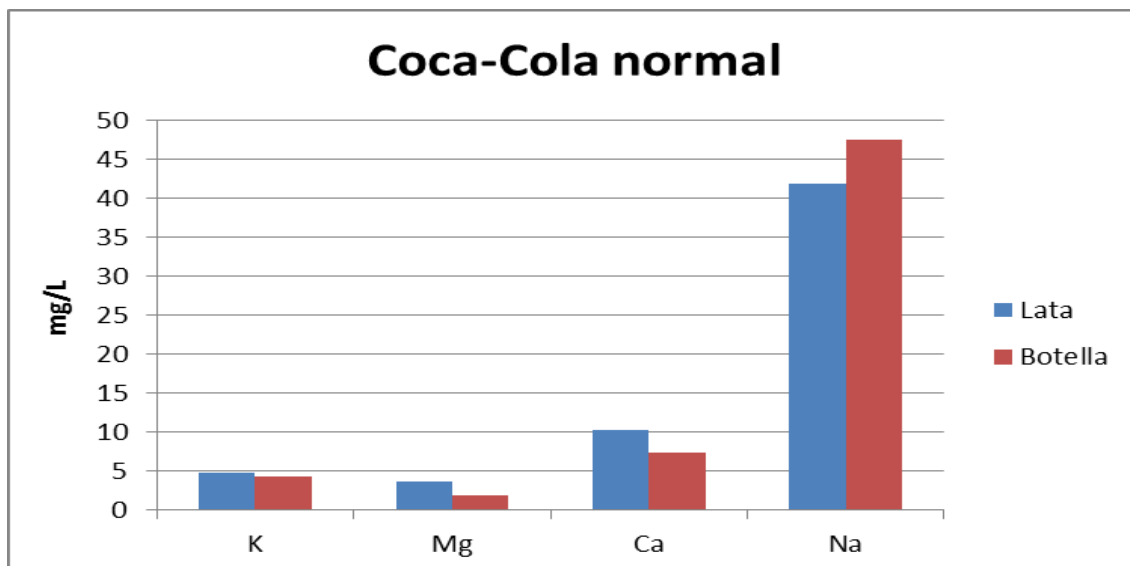
Berta cola es la que tiene mayor cantidad de sodio, para el potasio es Pepsi, en el calcio destaca Coca-Cola y con el magnesio Aliada cola.

11.8. Concentración de elementos según el tipo de envase

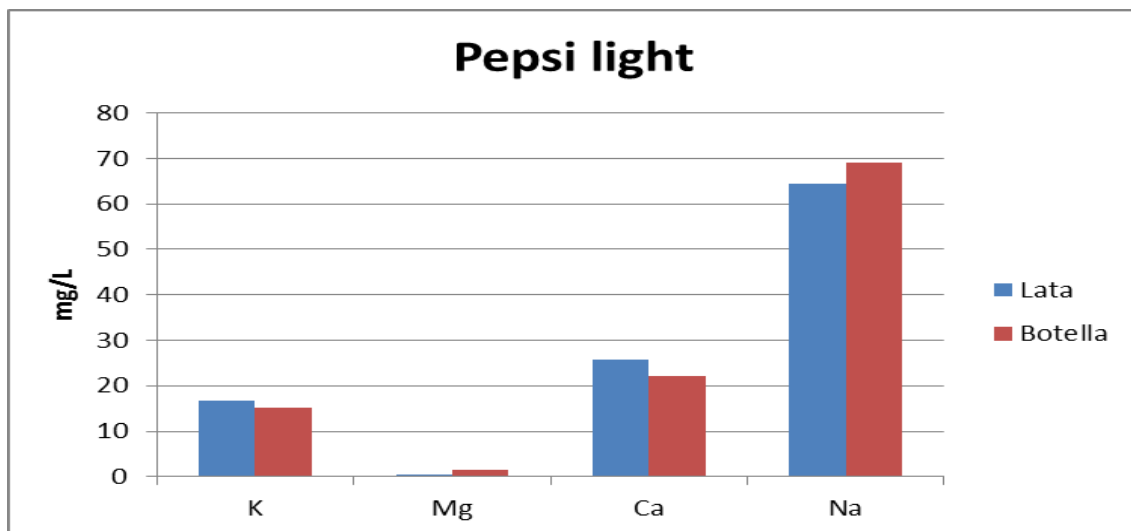
No hay un número de muestras suficiente para dar una conclusión válida, y las diferencias pueden deberse a proceder de lotes diferentes, pero se pone de manifiesto que en todos los casos estudiados los refrescos en botella contienen mayor concentración de sodio, y de forma general los refrescos en lata tienen las cantidades más altas de calcio y potasio, aunque este último con una diferencia menor.



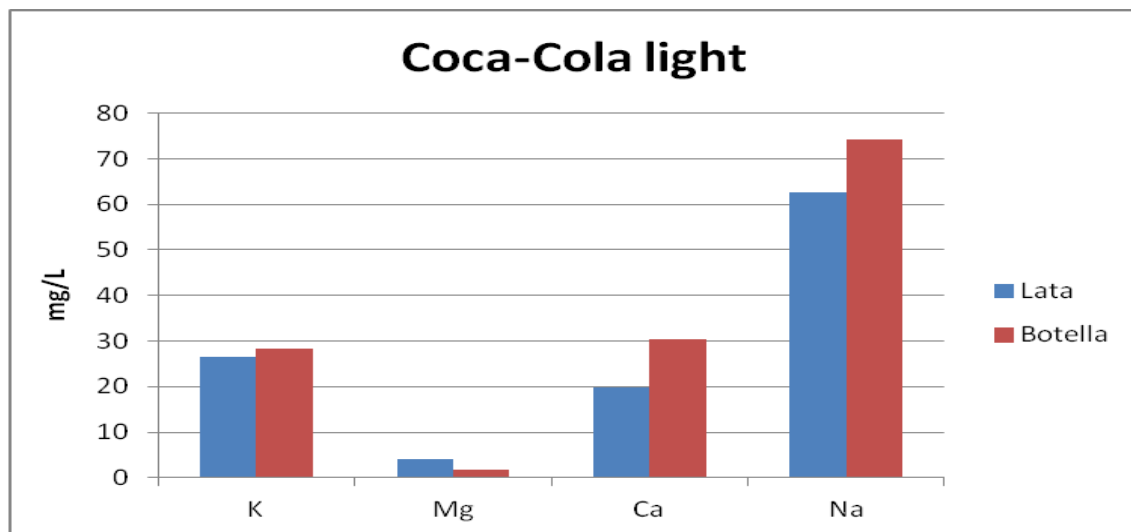
56. Comparativa Pepsi normal lata y botella



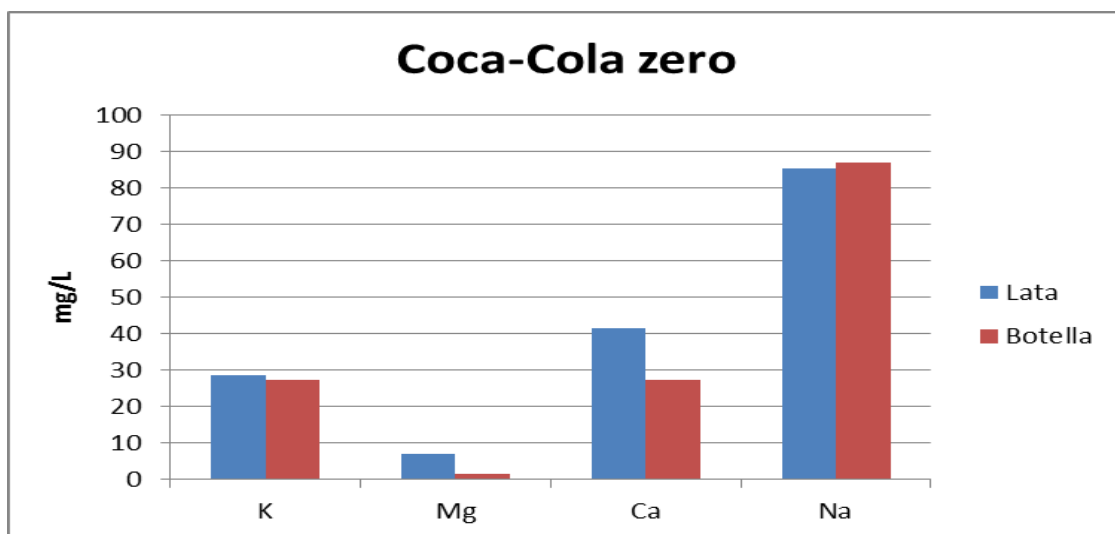
57. Comparativa Coca-Cola normal lata y botella



58. Comparativa Pepsi light lata y botella



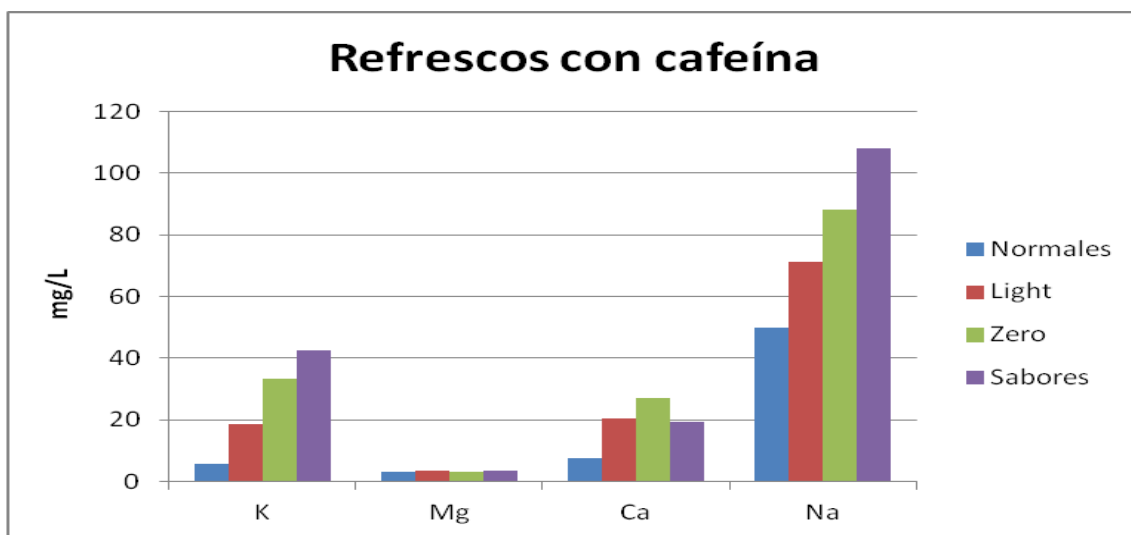
59. Comparativa Coca-Cola light lata y botella



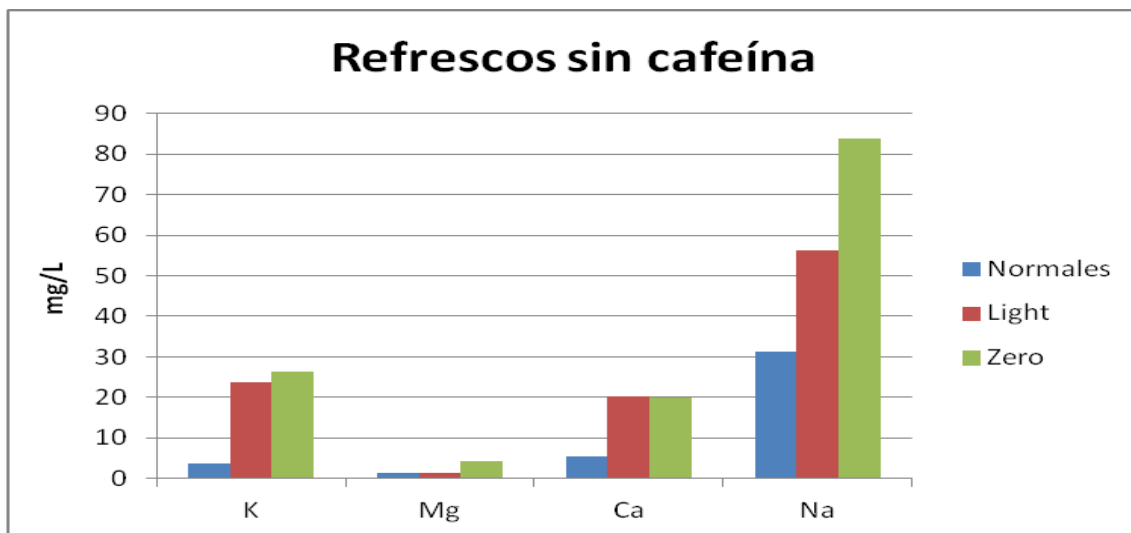
60. Comparativa Coca-Cola zero lata y botella

11.9. Concentraciones medias de elementos según el tipo de refresco

De forma general tanto los refrescos con cafeína como los refrescos sin cafeína contienen $[Na] > [K] > [Ca] > [Mg]$, este orden se ve mínimamente alterado en contadas excepciones. Los refrescos con sabores son los que poseen mayor concentración de sodio y potasio.



61. Concentraciones medias de elementos en refrescos con cafeína



62. Concentraciones medias de elementos en refrescos sin cafeína

En función del contenido de los elementos: refrescos de cola con sabores > zero > light > normales.

Los resultados ponen de manifiesto el aumento en la concentración de los elementos mayoritarios estudiados en este proyecto, al comparar las variedades de refrescos de cola producidas más recientemente, con los refrescos considerados clásicos.

12. BIBLIOGRAFÍA

- [1] BELITZ, H.D.; GROSCH; W. *Química de los alimentos*. 2ª Ed. Zaragoza: Editorial Acibia, 1988. ISBN 9788420008356.
- [2] MANS I TEIXIDÓ, Claudi. Els misteris de la Coca-Cola, *Notícies per a Químics*, 2010, núm. 449, p. 9-17.
- [3] PACKER, C.D. Cola-induced hypokalaemia: a super-sized problema, *International Journal of Clinical Practice*, June 2009, volumen 63, issue 6, p. 833-835.
- [4] DOROSZ, P. *Tabla de vitaminas, sales minerales, oligoelementos*. Barcelona: Editorial Hispano Europea, 1996. ISBN 9788425513558.
- [5] MONFORT SOLER, Silvia, 2004. Determinación de minerales en zumos, refrescos y bebidas isotónicas. Angélica Fernández (dir.). Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Zaragoza.
- [6] *Tablas de nutrición* [en línea]. Sociedad Española de Hipertensión - Liga Española para la lucha contra la hipertensión arterial [ref. de 16 abril 2013]. Disponible en internet: <<http://www.seh-lelha.org/busalimento.aspx>>

13. ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Datos recta de calibrado de potasio 1..... | 13 |
| Tabla 2. Datos recta de calibrado de potasio 2..... | 14 |
| Tabla 3. Datos y concentraciones (considerada la dilución de las muestras) para el potasio.... | 16 |
| Tabla 4. Datos recuperación Coca-Cola light lata | 17 |
| Tabla 5. Datos recuperación Pepsi light lata..... | 17 |
| Tabla 6. Datos adición estándar Coca-Cola sin cafeína lata..... | 18 |
| Tabla 7. Datos adición estándar Pepsi light botella | 19 |
| Tabla 8. Datos recta de calibrado de magnesio 1 | 20 |
| Tabla 9. Datos recta de calibrado de magnesio 2 | 21 |
| Tabla 10. Datos y concentraciones (considerada la dilución de muestras) para el magnesio ... | 23 |
| Tabla 11. Datos recuperación Pepsi normal botella | 24 |
| Tabla 12. Datos recuperación Coca-Cola normal botella..... | 24 |
| Tabla 13. Datos adición estándar Coca-Cola light lata..... | 25 |
| Tabla 14. Datos adición estándar Pepsi light a la lima lata..... | 26 |
| Tabla 15. Datos recta de calibrado de calcio 1 | 27 |
| Tabla 16. Datos recta de calibrado de calcio 2 | 28 |
| Tabla 17. Datos y concentraciones (considerada la dilución de las muestras) para el calcio | 30 |
| Tabla 18. Datos recuperación Coca-Cola zero sin cafeína lata | 30 |
| Tabla 19. Datos recuperación Pepsi light sin cafeína lata..... | 31 |
| Tabla 20. Datos adición estándar Coca-Cola zero sin cafeína lata..... | 32 |
| Tabla 21. Datos adición estándar Pepsi light sin cafeína lata | 33 |
| Tabla 22. Datos recta de calibrado de sodio 1 (medidos con $\lambda = 589,6\text{nm}$)..... | 34 |
| Tabla 23. Datos recta de calibrado de sodio 2 (medidos con $\lambda = 589,0\text{nm}$)..... | 35 |
| Tabla 24. Datos recta de calibrado de sodio 3 (medidos con $\lambda = 589,0\text{nm}$)..... | 36 |
| Tabla 25. Datos y concentraciones (considerada la dilución de las muestras) para el sodio | 38 |
| Tabla 26. Datos recuperación Coca-Cola sin cafeína lata (medido con $\lambda = 589,0\text{nm}$)..... | 39 |

| | |
|--|----|
| Tabla 27. Datos recuperación Pepsi sin cafeína lata (medido con $\lambda = 589,0\text{nm}$) | 39 |
| Tabla 28. Datos adición estándar Pepsi normal lata..... | 40 |
| Tabla 29. Datos adición estándar Coca-Cola sin cafeína lata..... | 41 |
| Tabla 30. Resumen rectas de calibrado | 42 |
| Tabla 31. Resumen de estudios de recuperación | 43 |
| Tabla 32. Resumen adiciones estándar, concentraciones en mg/L (sin considerar dilución) | 43 |
| Tabla 33. Comparativa concentraciones bibliográficas y experimentales, en mg/L (sin considerar dilución)..... | 44 |

14. ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Espectrómetro de absorción y emisión atómica de llama (Agilent Technologies)..... | 6 |
| 2. | Pepsi normal lata | 8 |
| 3. | Pepsi normal botella | 8 |
| 4. | Coca-Cola normal lata | 8 |
| 5. | Coca-Cola normal botella..... | 8 |
| 6. | Cola DIA normal lata | 8 |
| 7. | Aliada Cola normal lata | 8 |
| 8. | Berta Cola normal lata | 8 |
| 9. | Pepsi sin cafeína lata..... | 8 |
| 10. | Coca-Cola sin cafeína lata | 8 |
| 11. | La Casera cola sin cafeína lata | 8 |
| 12. | Pepsi light lata..... | 9 |
| 13. | Pepsi light botella..... | 9 |
| 14. | Coca-Cola light lata | 9 |
| 15. | Coca-Cola light botella | 9 |
| 16. | Aliada Cola light lata | 9 |
| 17. | Berta Cola light lata..... | 9 |
| 18. | Pepsi light sin cafeína lata..... | 9 |
| 19. | Coca-Cola light sin cafeína lata | 9 |
| 20. | Pepsi zero lata | 9 |
| 21. | Coca-Cola zero lata | 9 |
| 22. | Coca-Cola zero botella | 10 |
| 23. | Cola DIA zero lata..... | 10 |
| 24. | Coca-Cola zero sin cafeína lata | 10 |
| 25. | Pepsi twist al limón lata | 10 |
| 26. | Pepsi light a la lima lata | 10 |

| | | |
|-----|--|----|
| 27. | Coca-Cola light al limón lata | 10 |
| 28. | Recta de calibrado de potasio 1..... | 14 |
| 29. | Recta de calibrado de potasio 2..... | 14 |
| 30. | Adición estándar de la Coca-Cola sin cafeína lata para el potasio. | 18 |
| 31. | Adición estándar de la Pepsi light botella para el potasio..... | 19 |
| 32. | Recta de calibrado de magnesio 1 | 21 |
| 33. | Recta de calibrado de magnesio 2. | 22 |
| 34. | Adición estándar de la Coca-Cola light lata para el magnesio | 25 |
| 35. | Adición estándar de la Pepsi light a la lima lata para el magnesio. | 26 |
| 36. | Recta de calibrado de calcio 1. | 28 |
| 37. | Recta de calibrado de calcio 2. | 28 |
| 38. | Adición estándar de la Coca-Cola zero sin cafeína lata para el calcio | 32 |
| 39. | Adición estándar de la Pepsi light sin cafeína lata para el calcio..... | 33 |
| 40. | Recta de calibrado de sodio 1 | 35 |
| 41. | Recta de calibrado de sodio 2 | 36 |
| 42. | Recta de calibrado de sodio 3..... | 36 |
| 43. | Adición estándar de la Pepsi normal lata para el sodio..... | 40 |
| 44. | Adición estándar de la Coca-Cola sin cafeína para para el sodio..... | 41 |
| 45. | Concentración de elementos en refrescos de cola normales..... | 45 |
| 46. | Concentración de elementos en refrescos de cola normales sin cafeína..... | 46 |
| 47. | Concentración de elementos en refrescos de cola light..... | 46 |
| 48. | Concentración de elementos en refrescos de cola light sin cafeína..... | 47 |
| 49. | Concentración de elementos en refrescos de cola zero..... | 47 |
| 50. | Concentración de elementos en refrescos de cola zero sin cafeína..... | 48 |
| 51. | Concentración de elementos en refrescos de cola con sabores | 48 |
| 52. | Comparativa de concentraciones en refrescos de cola normales con y sin cafeína | 49 |
| 53. | Comparativa de concentraciones en refrescos de cola light con y sin cafeína | 49 |

| | | |
|-----|---|----|
| 54. | Comparativa concentraciones en refrescos de cola zero con y sin cafeína | 50 |
| 55. | Concentración media de elementos por marcas | 50 |
| 56. | Comparativa Pepsi normal lata y botella | 51 |
| 57. | Comparativa Coca-Cola normal lata y botella | 51 |
| 58. | Comparativa Pepsi light lata y botella | 52 |
| 59. | Comparativa Coca-Cola light lata y botella | 52 |
| 60. | Comparativa Coca-Cola zero lata y botella | 52 |
| 61. | Concentraciones medias de elementos en refrescos con cafeína | 53 |
| 62. | Concentraciones medias de elementos en refrescos sin cafeína | 53 |