



Laboratoris Lamter

Determinació de la densitat de Monster Original, Monster Zero Ultra White i Monster Mango Loco amb densímetre digital



Yohalis Cuevas
Andrea Martínez
David Barrientos

ÍNDEX

1. Introducció	2
2. Procediment	3
2.1. Mostra	3
2.2. Material	4
2.3. Procediment experimental	4
3. Taula amb dades experimentals	4
Taula 1. Dades experimentals	4
4. Càlculs	5
5. Resultat	6
6. Conclusions	6
7. Bibliografia	8

1. Introducció

La densitat és un paràmetre fisicoquímic que relaciona la massa d'una substància amb el seu volum, i s'expressa mitjançant la fórmula $\rho = m/V$, on m és la massa i V és el volum. S'expressa habitualment en kg/m^3 o g/cm^3 , i varia en funció de la pressió, la temperatura i els canvis d'estat (Mescles i dissolucions)¹.

La densitat és especialment útil en l'anàlisi de begudes perquè permet caracteritzar la seva composició en sòlids dissolts. Quan es dissolen substàncies com sucres o sals minerals en aigua, augmenta la massa total de la dissolució. Aquest increment de massa no va acompanyat d'un augment proporcional del volum, perquè les molècules de solut s'insereixen en els espais lliures que existeixen entre les molècules d'aigua, el que és possible gràcies als ponts d'hidrogen i forces de Van der Waals que s'estableixen entre les molècules d'aigua i les de solut (Tema 43. Forces Intermoleculares)². Degut a això, la densitat de la dissolució resultant és superior a la de l'aigua desionitzada, que a 20°C i 1 atm és de 0,9982 g/mL, i augmenta de manera aproximadament proporcional a la concentració de sòlids dissolts totals (Handbook of chemistry and physics)³.

Cal tenir en compte que les mostres analitzades, Monster Original (Monster Energy Original Green), Monster Sense Sucre (Monster Energy Ultra White) i Monster Mango Loco, no són substàncies pures, sinó mescles complexes d'aigua, sucres, cafeïna, àcids, vitamines i altres additius (Open Food Facts)⁴. Per tant, la densitat no permet determinar la composició exacta de la mostra, però sí que permet fer una estimació del contingut global de sòlids dissolts i detectar desviacions respecte als valors de referència establerts per al producte, els quals no s'han trobat.

Pel que fa als valors de referència, la densitat de l'aigua desionitzada a 20 °C i 1 atm és de 0,9982 g/mL (Handbook of chemistry and physics)³. Segons la informació nutricional declarada, la Monster Original (Monster Energy Green) i la Monster Mango Loco contenen aproximadament 12 g de sucres per 100 mL (Open Food Facts)⁴. Solucions aquoses amb una concentració del 10–12% en massa de sacarosa presenten, a 20°C, una densitat d'entre 1,038 i 1,046 g/mL (Handbook of chemistry and physics)³, valor que s'utilitza com a referència orientativa per avaluar les mostres. Per tant, si la densitat mesurada s'aparta d'aquest interval, pot ser indicatiu de:

- Dilució excessiva amb aigua: la densitat seria inferior a l'interval esperat, indicant una reducció del contingut real de sucre i altres components actius respecte a l'especificat a l'etiqueta (Handbook of chemistry and physics)³.

- Adulteració per addició de sucre o altres sòlids: la densitat seria superior a l'interval esperat, indicant un contingut en sucre superior al declarat (Handbook of chemistry and physics)³.
- No s'espera que la densitat per si sola permeti detectar degradació química (com l'oxidació de vitamines o la degradació de la cafeïna), ja que aquestes reaccions no modifiquen significativament la massa ni el volum de la dissolució (Tema 43. Forces Intermoleculares)².

En canvi, la Monster Zero Sugar no conté sucre, sinó edulcorants intensius com l'acesulfam K i la sucralosa, que s'utilitzen en concentracions molt baixes (de l'ordre de mg/L) i que, per tant, contribueixen de manera negligible a la massa total de la dissolució (Open Food Facts)⁴. En conseqüència, la seva densitat s'aproxima a la de l'aigua desionitzada i pot ser lleugerament inferior a 1,000 g/mL (Tema 43. Forces Intermoleculares)². Tot i que no existeix una legislació europea que fixi un límit específic de densitat per a begudes energètiques, els valors esperats a partir de la composició declarada serveixen com a referència per avaluar la coherència de la mostra.

Finalment, la determinació de la densitat s'ha realitzat amb el densímetre digital DMA-35 d'Anton Paar, que mesura la densitat absoluta d'un líquid a partir de l'oscil·lació mecànica d'un tub (U-Tube Technology in digital laboratory density meters)⁵. El principi de funcionament es basa en el fet que la freqüència de vibració d'un oscil·lador mecànic depèn de la seva massa total. Quan el tub es troba buit, vibra a una freqüència determinada per la massa del tub i la seva rigidesa. En introduir-hi la mostra líquida, la massa total del sistema augmenta i la freqüència de vibració disminueix (U-Tube Technology in digital laboratory density meters)⁵. La relació entre la densitat i el període d'oscil·lació T segueix l'equació:

$$\rho = A \cdot T^2 - B$$

On A i B són constants de calibratge pròpies de l'instrument, determinades mesurant dos líquids de densitat coneguda (habitualment aire i aigua desionitzada) (U-Tube Technology in digital laboratory density meters)⁵, (ISO 15212-1)⁶. A partir d'aquesta relació, el densímetre calcula directament la densitat de la mostra a partir de la freqüència mesurada.

2. Procediment

2.1. Mostra

- Monster Energy Original (Monster Original)
- Monster Energy Ultra White (Monster Sense sucre)
- Monster Energy Mango Loco (Monster Mango Loco)

2.2. Material

- Densímetre digital DMA 35 Anton Paar
- Vasos de precipitats

2.3. Procediment experimental

- Desgasificar les mostres.
 - Posar a cada mostra, les quals estan a 20°C, un agitador magnètic i agitar-les durant 5 - 10 minuts a 700 - 900 rpm en una placa agitadora fins a la desgasificació total de la mostra.
- Netejar el DMA 35 amb aigua desionitzada.
- Encendre el DMA 35.
- Comprovar les unitats de mesura del DMA 35 siguin les correctes (g/cm³).
- Omplir la cel·la de mesura.
- Comprovar que no hi ha bombolles a la cel·la de mesura.
- Llegir la mesura de la densitat i la temperatura una vegada estabilitzades.
- Netejar dos cops l'aparell amb aigua desionitzada.
- Repetir el procés anterior dues vegades més.

3. Taula amb dades experimentals

Densitat	1	2	3
Monster Original	1,048 g/cm ³ (20°C)	1,049 g/cm ³ (20°C)	1,049 g/cm ³ (20°C)
Monster Ultra White	1,009 g/cm ³ (20°C)	1,006 g/cm ³ (20°C)	1,006 g/cm ³ (20°C)
Monster Mango Loco	1,049 g/cm ³ (20°C)	1,049 g/cm ³ (20°C)	1,049 g/cm ³ (20°C)

Taula 1. Dades experimentals

4. Càlculs

- Tractament estadístic (mitjana \pm DS)
 - Monster Original

Valors experimentals	mitjana	(x - mitjana)	(x - mitjana) ²	DS
1,048 g/cm ³	1,049	- 0,001	1x10 ⁻⁶	1,049 \pm 0,001
1,049 g/cm ³		0	0	1,049 \pm 0,001
1,049 g/cm ³		0	0	1,049 \pm 0,001

Taula 2. Tractament estadístic Monster Original

Mitjana: $\frac{1,048+1,049+1,049}{3} = 1,049 \text{ g/cm}^3$

(x- mitjana): 1,048 - 1,049 = - 0,001; 1,049 - 1,049 = 0

(x- mitjana)²: (-0,001)² = 1x10⁻⁶; 0² = 0

DS: $\sqrt{\frac{0,000001+0+0}{2}} = 0,001 \text{ g/cm}^3$

S'accepten tots els valors.

Rang: (1,048-1,050)

Cv: $\frac{0,001}{1,049} \times 100 = 0,095\%$

- Monster Ultra White

Valors experimentals	mitjana	(x - mitjana)	(x - mitjana) ²	DS
1,009 g/cm ³	1,007	0,002	4x10 ⁻⁶	1,007 \pm 0,002
1,006 g/cm ³		-0,001	1x10 ⁻⁶	1,007 \pm 0,002
1,006 g/cm ³		-0,001	1x10 ⁻⁶	1,007 \pm 0,002

Taula 3. Tractament estadístic Monster Ultra White

Mitjana: $\frac{1,009 + 1,006 + 1,006}{3} = 1,007 \text{ g/cm}^3$

(x- mitjana): 1,009 - 1,007 = 0,002

1,006 - 1,007 = -0,001

(x- mitjana)²: 0,002² = 4x10⁻⁶ (-0,001)² = 1x10⁻⁶

DS: $\sqrt{\frac{0,000004 + 0,000001 + 0,000001}{2}} = 0,002 \text{ g/cm}^3$

S'accepten tots els valors.

Rang: (1,005 - 1,009)

Cv: $\frac{0,002}{1,007} \times 100 = 0,199 \%$

- Monster Mango Loco

Valors experimentals	mitjana
1,049	1,049
1,049	
1,049	

Taula 4. Tractament estadístic Monster Mango Loco

Mitjana: $\frac{1,049 + 1,049 + 1,049}{3} = 1,049 \text{ g/cm}^3$

Cv: $\frac{0}{1,049} \times 100 = 0\%$

5. Resultat

Mostres	Densitat
Monster Original	$1,049 \pm 0,001 \text{ g/cm}^3$
Monster Zero Ultra White (Sense sucre)	$1,007 \pm 0,002 \text{ g/cm}^3$
Monster Mango Loco	$1,049 \pm 0 \text{ g/cm}^3$

Taula 5. Resultats

6. Conclusions

Com es pot observar a la taula de resultats, es pot confirmar que les dues Monster que contenen sucre, Monster Original i Monster Mango Loco, tenen una densitat superior a la de l'aigua pura, que a 20 °C i 1 atm és de 0,9982 g/mL, tal com s'esperava a partir de la seva composició. El sucre dissolt incrementa la massa total de la solució sense augmentar-ne proporcionalment el volum, ja que les molècules de solut s'insereixen en els espais lliures entre les molècules d'aigua gràcies als ponts d'hidrogen i les forces de Van der Waals (Tema 43. Forces Intermoleculares)². En conseqüència, la densitat de la dissolució resultant és superior a la de l'aigua pura (Mescles i dissolucions)¹.

Pel que fa a la Monster Ultra White, al no contenir sucre sinó edulcorants, com l'acesulfam K i la sucralosa, la seva contribució a la massa total de la dissolució és negligible (Open Food Facts)⁴. Per aquest motiu, la seva densitat s'aproxima més a la de l'aigua desionitzada, tal com s'ha observat experimentalment amb un valor de 1,007 g/mL. Aquest valor és lleugerament superior a la densitat de l'aigua pura (0,9982 g/mL) (Handbook of chemistry and physics)³, cosa que és coherent amb el fet que, tot i la baixa concentració de soluts, qualsevol substància dissolta tendeix a augmentar lleugerament la densitat respecte a l'aigua pura (Tema 43. Forces Intermoleculares)². Cal remarcar, per tant, que

l'absència de sucre no implica necessàriament una densitat inferior a 1,000 g/mL: si la beguda conté altres soluts (com minerals, àcids, vitamines o els mateixos edulcorants) la densitat pot ser lleugerament superior, tal com s'ha comprovat en aquest cas.

Cal assenyalar que com no s'ha trobat cap valor exacte de referència oficial, només un d'orientatiu, per a les mostres analitzades, excepte per a la Monster Ultra White, per tant, no és possible establir una comparació directa dels resultats experimentals amb un valor certificat per a aquestes begudes específiques, però sí que es pot amb el valor orientatiu (Handbook of chemistry and physics)³, i per la mateixa raó tampoc s'ha pogut calcular l'exactitud del mètode.

Quant a la precisió, totes les mesures han donat un percentatge d'error molt baix, proper al 0%, cosa que indica una alta repetibilitat en les tres determinacions. Respecte a l'exactitud, en el cas de les begudes amb sucre, Monster Original i Monster Mango Loco, es disposa d'un valor de referència orientatiu: solucions aquoses amb un 10–12% en massa de sacarosa presenten, a 20 °C, una densitat d'entre 1,038 i 1,046 g/mL (Handbook of chemistry and physics)³. Els valors experimentals obtinguts per a la Monster Original i la Monster Mango Loco han estat tots dos de 1,049 g/mL, com s'indica a la taula de resultats, valor que se situa lleugerament per sobre d'aquest interval de referència. Això pot ser degut al fet que les begudes energètiques, tot i contenir aproximadament 12 g de sucre per 100 mL (Open Food Facts)⁴, són mesclades complexes amb altres components dissolts (com àcids, vitamines, cafeïna i additius) els quals contribueixen a la massa total de la dissolució (Mesclades i dissolucions)¹. En canvi, per a la Monster Ultra White, com ja s'ha comentat, no s'ha trobat cap valor teòric de referència específic ni orientatiu, de manera que el resultat obtingut no es pot comparar amb cap valor.

7. Bibliografia

- 1) Materials d'estudi MC2 Física i Química 1: MESCLES I DISSOLUCIONS. (s. f.). En *Institut Obert de Catalunya - GES*. Recuperado 18 de abril de 2026, de https://ioc.xtec.cat/materials/G_MC2/apunts/mescles_dissolucions.pdf
- 2) Ec. (s. f.). *TEMA 43. Forces Intermoleculars*. Recuperado 18 de abril de 2026, de <http://cosmolinux.no-ip.org/temesFQ/tema43/tema43a.html>
- 3) *CRC Handbook Of Chemistry And Physics 97th Edition (2016): Free download, borrow, and streaming: Internet Archive*. (2019, 1 marzo). Internet Archive. Recuperado 18 de abril de 2026, de <https://archive.org/details/CRCHandbookOfChemistryAndPhysics97thEdition2016/page/n25/mode/2up>
- 4) Open Food Facts. (s. f.). *Bebida energètica – Monster Energy – 500 ml*. Recuperado 18 de abril de 2026, de <https://es.openfoodfacts.org/producto/5060166690380/bebida-energetica-monster-energy>
- 5) *U-Tube Technology in Digital laboratory density meters | Anton Paar Wiki*. (s. f.). Anton Paar. Recuperado 18 de abril de 2026, de <https://wiki.anton-paar.com/en/u-tube-technology-in-digital-laboratory-density-meters/>
- 6) *ISO 15212-1 || Oscillation-type density meters*. (1998). Recuperado 18 de abril de 2026, de <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/28482/e516d5cd336f4a9c96067c7c87f1e85d/ISO-15212-1-1998.pdf>