

---

# ANÁLISIS 1

## Primer Cuatrimestre — 2006

### Práctica 5

---

1. Si  $x \in \mathbb{R}^n$ , ponemos  $\|x\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2}$ .

a) Muestre que si  $x \in \mathbb{R}^n$ , se tiene que

i)  $|x_i| \leq \|x\|$ , si  $i = 1, \dots, n$ ;

ii)  $\|x\| \leq \sqrt{n} \cdot \max\{|x_i| : i = 1, \dots, n\}$ ;

iii)  $\max\{|x_i| : 1 \leq i \leq n\} \leq \|x\| \leq \sqrt{n} \max\{|x_i| : 1 \leq i \leq n\}$ .

Describa geoméricamente esta doble desigualdad.

b) Usando lo hecho, concluya que:

$$\{x \in \mathbb{R}^n : \sqrt{n} \max |x_i| < r\} \subseteq \{x \in \mathbb{R}^n : \|x\| < r\} \subseteq \{x \in \mathbb{R}^n : \max |x_i| < r\}.$$

c) Sea  $A \subset \mathbb{R}^n$ . Muestre que equivalencia de los siguientes dos enunciados:

i)  $A$  es abierto;

ii) cualquiera sea  $y \in A$ , existe  $r > 0$  tal que

$$\{x \in \mathbb{R}^n : \max |x_i - y_i| < r\} \subseteq A.$$

2. a) Muestre que los siguientes subconjuntos de  $\mathbb{R}^2$  son abiertos

i)  $A = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : 1 < x^2 + y^2 < 7\}$ ;

ii)  $B = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : 2x + y > 1\}$ ;

iii)  $C = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : x \neq 0 \vee y \neq 0\}$ .

b) Dé un ejemplo de un conjunto en  $\mathbb{R}^3$  que no sea ni abierto ni cerrado.

3. Para cada uno de los siguientes conjuntos  $A \subset \mathbb{R}^3$ , calcule  $\partial A$ ,  $\bar{A}$ ,  $\bar{A} \setminus A$  y  $A \setminus \partial A$ :

a)  $A = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 : x^2 + y^2 + z^2 \leq 1\}$ ;

b)  $A = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 : x^2 + y^2 - z < 1 \wedge z < 2\}$ ;

c)  $A = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 : x^2 + y^2 - z < 1 \wedge x^2 + y^2 + (z + 1)^2 < 1\}$ ;

d)  $A = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 : x^2 + y^2 < 1 \wedge x^2 + y^2 < 1/2\}$ .

4. Determine cuáles de los siguientes subconjuntos de  $\mathbb{R}^2$  son cerrados y acotados:

a)  $K_1 = B_1(0) = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : x^2 + y^2 < 1\}$ ;

b)  $K_2 = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : x^2 + y^2 \leq 1\}$ ;

c)  $K_3 = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : x > 0 \wedge y > 0\}$ ;

- d)  $K_4 = \{(0, \frac{1}{n}) : n \in \mathbb{N}\};$   
 e)  $K_5 = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : 0 \leq x \leq 1 \wedge y = 0\}.$
5. En cada uno de los siguientes casos, encuentre una sucesión de puntos de  $A$  que no posee ninguna subsucesión convergente a un punto de  $A$ :
- a)  $A = B_1(0) \subset \mathbb{R}^2;$   
 b)  $A = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : x > 0 \wedge y > 0\}.$
6. Dé el dominio de definición para cada una de las siguientes funciones y grafíquelo:
- a)  $f(x, y) = \ln(16 - x^2 - y^2)(x^2 + y^2 - 4);$   
 b)  $f(x, y) = \frac{1}{\sqrt{1 - x^2 - y^2}} + \sqrt{y - x^2};$   
 c)  $f(x, y) = \sqrt{6 - (2x + 3y)};$       g)  $f(x, y) = \int_x^y \frac{1}{1 + t^2} dt;$   
 d)  $f(x, y) = \frac{1}{x};$       h)  $f(x, y) = \frac{\cos x}{\sqrt{1 - x^2 + y^2}};$   
 e)  $f(x, y) = x^y;$   
 f)  $f(x, y) = \frac{\ln(1 - y + x^2)}{\sin x}$       i)  $f(x, y) = \frac{\sin x^2 y}{\ln(1 - x^2)}.$
7. Encuentre las curvas de nivel de las siguientes funciones:
- a)  $f(x, y) = x + y;$       d)  $f(x, y) = \frac{y}{x^2};$   
 b)  $f(x, y) = x^2 + y^2;$   
 c)  $f(x, y) = \sqrt{xy};$       e)  $f(x, y) = x^2 - y^2.$
8. Estudie las superficies de  $\mathbb{R}^3$  representadas por las siguientes ecuaciones y diga cuáles de estas superficies son la gráfica de una función  $z = f(x, y)$ .
- a)  $z = 2x^2 + y^2;$       e)  $z = x^2 y^2 + 1;$   
 b)  $z^2 = 1 - x^2 - \frac{y^2}{2};$       f)  $z^2 = \frac{x^2}{2} - \frac{y^2}{3} - 2;$   
 c)  $z = \frac{1}{x^2 + y^2};$       g)  $6x^2 + y^2 - z^2 = 1;$   
 d)  $3x + 2y - z = 0;$       h)  $z = \frac{y}{\sqrt{x}},$  con  $x > 0.$
9. Encuentre las superficies de nivel de las siguientes funciones:
- a)  $u = x + y + z;$       c)  $u = x^2 + y^2 + z^2;$   
 b)  $u = x^2 + y^2 - z^2;$       d)  $u = x^2 + 2y^2.$

10. a) Usando sólo la definición de límite demuestre que:

$$\text{i) } \lim_{(x,y) \rightarrow (1,0)} x + y = 1;$$

$$\text{ii) } \lim_{(x,y) \rightarrow (-1,8)} xy = -8.$$

b) Si  $\varepsilon = 1$ ,  $\varepsilon = 1/100$  ó  $\varepsilon = \alpha^2$ , encuentre  $\delta > 0$  tal que

$$\|(x, y) - (-1, 8)\| < \delta \implies |xy + 8| < \varepsilon.$$

11. Pruebe que:

$$\text{a) } \lim_{(x,y) \rightarrow (7,2)} x^2 + y^2 - xy = 39; \quad \text{d) } \lim_{(x,y) \rightarrow (0,3)} \sin(x \cos y) = 0;$$

$$\text{b) } \lim_{(x,y) \rightarrow (0,1)} xe^{xy} = 0; \quad \text{e) } \lim_{(x,y) \rightarrow (c,0)} \frac{\sin x^2 y}{x^2 - y^2} = 0 \text{ si } c \neq 0;$$

$$\text{c) } \lim_{(x,y) \rightarrow (0,1)} ye^x = 1; \quad \text{f) } \lim_{(x,y) \rightarrow (0,3)} \frac{y^2 + \cos(\pi - x)}{y} = \frac{8}{3}.$$

12. a) Sea  $f : B_r(a, b) \rightarrow \mathbb{R}$  tal que  $\lim_{(x,y) \rightarrow (a,b)} f(x, y) = 0$ . Pruebe que:

$$\lim_{(x,y) \rightarrow (a,b)} \frac{\sin f(x, y)}{f(x, y)} = 1.$$

b) Sea  $f : B_r(a, b) \rightarrow \mathbb{R}$  tal que  $\lim_{(x,y) \rightarrow (a,b)} f(x, y) = +\infty$ . Pruebe que:

$$\lim_{(x,y) \rightarrow (a,b)} \frac{\ln f(x, y)}{f(x, y)} = 0.$$

c) Calcule:

$$\text{i) } \lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} \frac{\sin(x^2 + y^2)}{x^2 + y^2};$$

$$\text{ii) } \lim_{(x,y) \rightarrow (0,2)} \frac{\sin xy}{x};$$

$$\text{iii) } \lim_{(x,y) \rightarrow (0,0)} (x^2 + y^2) \ln(x^2 + y^2).$$

13. Analice la existencia de los límites restringido a los ejes coordenados y del límite doble de las siguientes funciones en el origen:

$$\text{a) } f(x, y) = \frac{x - y}{x + y};$$

$$\text{e) } f(x, y) = |x|^y;$$

$$\text{b) } f(x, y) = \frac{xy}{x^2 + y^2};$$

$$\text{f) } f(x, y) = \frac{\sin(x^2 + y^2)}{xy + y - x};$$

$$\text{c) } f(x, y) = \frac{1}{x^2 + y^2};$$

$$\text{g) } f(x, y) = \frac{\sin(x^3 + y^3)}{x^2 + y^2};$$

$$\text{d) } f(x, y) = \frac{\sin x}{y};$$

$$\text{h) } f(x, y) = (x^2 + y^2)^{x^2 y^2};$$

$$\begin{array}{ll}
 i) f(x, y) = \frac{x^2 y^2 - x^2 + 1}{x^2 - y^2}; & m) f(x, y) = x \sin \frac{\pi}{y} + y \sin \frac{\pi}{x}; \\
 j) f(x, y) = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}; & n) f(x, y) = \sin \frac{x}{y}; \\
 k) f(x, y) = \frac{xy}{|x| + |y|}; & \tilde{n}) f(x, y) = \frac{e^{x(y+1)} - x - 1}{|x - y|}. \\
 l) f(x, y) = \frac{x^2 + y^2}{\sqrt{x^2 + y^2 + 1} - 1}; &
 \end{array}$$

14. Demuestre que las siguientes funciones tienden a cero si  $(x, y)$  se aproxima al origen a lo largo de cualquier recta, pero que para ninguna de ellas existe el límite cuando  $(x, y) \rightarrow (0, 0)$

$$\begin{array}{ll}
 a) f(x, y) = \frac{x^4 y^4}{(x^2 + y^4)^3}; & c) f(x, y) = \frac{xy^2}{x^2 + y^4}. \\
 b) f(x, y) = \frac{x^2}{x^2 + y^2 - x}; &
 \end{array}$$

15. Estudie la continuidad de las siguientes funciones en los puntos indicados

$$\begin{array}{l}
 a) f(x, y) = \begin{cases} \frac{x-y}{x^2+y^2}, & \text{si } (x, y) \neq (0, 0); \\ 0, & \text{si } (x, y) = (0, 0); \end{cases} \\
 \text{en } (1, 0) \text{ y } (0, 0); \\
 b) f(x, y) = \begin{cases} |y|^x (1+x)^y, & \text{si } (x, y) \neq (0, 0) \text{ y } x > -1; \\ 1, & \text{si } (x, y) = (0, 0); \end{cases} \\
 \text{en } (1, 0) \text{ y } (0, 2); \\
 c) f(x, y) = \sin(x \cos y) \text{ en } (1, 1) \text{ y } (0, 2); \\
 d) f(x, y) = \begin{cases} x + y, & \text{si } x \neq 0 \text{ e } y \neq 0; \\ 1, & \text{en otro caso;} \end{cases} \\
 \text{en } (0, 0) \text{ y } (1, 1); \\
 e) f(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{si } xy \neq 0; \\ 0, & \text{si } xy = 0; \end{cases} \\
 \text{en } (1, 0) \text{ y } (-1, 2).
 \end{array}$$

16. Consideremos la función  $f(x, y) = x \cdot y \cdot \sin \frac{1}{x} \sin \frac{1}{y}$ .

- Calcular su dominio natural.
- Determinar si es posible extenderla a  $\mathbb{R}^2$  de modo que resulte continua.

17. Encuentre los puntos de discontinuidad de las siguientes funciones:

$$\begin{aligned}
 a) f(x, y) &= \ln(x^2 + y^2) & e) f(x, y) &= \frac{xy + 1}{x^2 - y} \\
 b) f(x, y) &= \frac{1}{1 - x^2 - y^2} \\
 c) f(x, y) &= |y| & f) f(x, y) &= \begin{cases} \frac{2xy}{x^2 + y^2}, & \text{si } (x, y) \neq (0, 0); \\ 0, & \text{si } (x, y) = (0, 0). \end{cases} \\
 d) f(x, y) &= \frac{\sin xy}{x - y}
 \end{aligned}$$

18. Demuestre que la función

$$f(x, y) = \begin{cases} \frac{2xy}{x^2 + y^2}, & \text{si } (x, y) \neq (0, 0); \\ 0, & \text{si } (x, y) = (0, 0); \end{cases}$$

es continua respecto de cada una de las variables por separado pero no lo es como función de ambas.

19. Estudie la continuidad de las siguientes funciones:

$$\begin{aligned}
 a) f(x, y) &= (x^2, e^x); \\
 b) f(x, y) &= \left( \frac{\sin(x^2 + y^2)}{x^2 + y^2}, \frac{e^{x^2 + y^2} - 1}{x^2 + y^2} \right).
 \end{aligned}$$

20. Sea  $f : \{(x, y) : x \neq 0\} \rightarrow \mathbb{R}$  dada por

$$f(x, y) = \frac{x^2 y}{\sqrt{x^2 + y^2}} + \frac{\sin x e^y}{2x}.$$

Si  $b \in \mathbb{R}$ , calcule  $\lim_{(x,y) \rightarrow (0,b)} f(x, y)$ .

21. a) Sea  $f : B_1(0) \subset \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$  dada por  $f(x, y) = \frac{1}{1 - \|(x, y)\|}$ . Muestre que  $f$  es continua y no es acotada.  
 b) Sea  $g : B_1(0) \subset \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$  dada por  $g(x, y) = \|(x, y)\|$ . Pruebe que  $g$  es continua y acotada pero no alcanza su máximo en  $B_1(0)$ .

22. Sea  $f(x, y) = \frac{\sin(x^2 y)}{\ln(1 - x^2)}$

- a) Encuentre el dominio  $D$  de  $f$  y gráfiquelo.  
 b) Dado  $q = (q_1, q_2) \in Fr(D)$ . ¿Existe  $\lim_{(x,y) \rightarrow (q_1, q_2)} f(x, y)$ ?

23. Definimos  $F : \mathbb{R}^9 \rightarrow \mathbb{R}$  como

$$F(x_1, x_2, \dots, x_9) = \det \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ x_4 & x_5 & x_6 \\ x_7 & x_8 & x_9 \end{pmatrix}.$$

- a) Sea  $a \in \mathbb{R}^9$ . Muestre que si  $F(a) \neq 0$ , entonces hay un entorno  $U$  de  $a$  tal que si  $x \in U$  entonces  $F(x) \neq 0$ .

b) Concluya que si  $a \in \mathbb{R}^9$  es tal que la matriz  $\begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ a_7 & a_8 & a_9 \end{pmatrix}$  es invertible, entonces existe un entorno  $U$  de  $a$  tal que si  $x \in U$ , la matriz  $\begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ x_4 & x_5 & x_6 \\ x_7 & x_8 & x_9 \end{pmatrix}$  también lo es.



Leonhard Euler  
1707–1783, Suiza