



INFORME FINAL DEL EMBALSE DE YESA
AÑO 2008



UTE DBO5, SL-ICA, SL-ENTECSA
C/MIGUEL MENÉNDEZ BONETA, 2 Puerta 8
28460 LOS MOLINOS (MADRID)
CIF: G-84535319

CONSULTOR:
UTE RED BIOLÓGICA EBRO

Oficinas UTE Madrid: c/ Miguel Menéndez Boneta 2-4, puerta 8
28460 Los Molinos, Madrid TF y FAX 91 855 00 29 E-mail: consultoria@ica1.e.telefonica.net

ENERO 2009

ÍNDICE

	Página
<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	1
<u>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE</u>	2
2.1. Ámbito geológico y geográfico	2
2.2. Características morfométricas e hidrológicas	2
2.3. Usos del agua	4
2.4. Registro de zonas protegidas	4
<u>3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS</u>	5
<u>4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</u>	6
4.1. Características fisicoquímicas de las aguas	6
4.2. Hidroquímica del embalse	8
4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila	9
4.4. Zooplancton	10
<u>5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO</u>	11
<u>6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO</u>	12

ANEXO I. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge los resultados de los trabajos realizados en el embalse de Yesa durante los muestreos de 2008 y la interpretación de los mismos, a efectos de proporcionar una referencia que facilite la consulta y explotación de la información obtenida.

En general, se recurre a presentaciones gráficas y sintéticas de la información, acompañadas de un texto conciso, lo que permitirá una consulta ágil y rápida del documento.

En el **Anexo I** se presenta un reportaje fotográfico que refleja el estado del embalse durante el periodo estudiado (verano 2008, correspondiente al año hidrológico 2007-2008).

En apartados sucesivos se comentan los siguientes aspectos:

- Resultados del estudio en el embalse (FASE DE CARACTERIZACIÓN) de todos los aspectos tratados (hidrológicos, fisicoquímicos y biológicos), que culminan en el diagnóstico del grado trófico.
- Clasificación del "Potencial Ecológico", tras la aplicación de los indicadores biológicos y fisicoquímicos propuestos en la Directiva Marco del Agua.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EMBALSE Y DE LA CUENCA VERTIENTE

2.1. Ámbito geológico y geográfico

La cuenca vertiente al embalse de Yesa se sitúa entre los Macizos Vascos y el área occidental de la Cordillera Pirenaica. Queda delimitado al norte por la frontera Hispano-Francesa, y al sur por el gran sinclinorio de Guarga. El embalse se encuentra dentro del término municipal de Yesa en la provincia de Navarra. Regula las aguas del río Aragón.

Los materiales geológicos sobre los que se encuentra el embalse, son del Eoceno medio (Biarritziense): margas, turbiditas en la zona de Yesa; y del Cuaternario indiferenciado: gravas, arenas, limos y arcillas.

2.2. Características morfométricas e hidrológicas

Se trata de un embalse de moderadas dimensiones, de geometría alargada, irregular y poco sinuosa.

La cuenca vertiente al embalse de Yesa tiene una superficie total de 217908,28 ha.

El embalse tiene una capacidad total de 447 hm³. Caracterizado por una profundidad media de 22,5 m, mientras que la profundidad máxima alcanza los 60,7 m.

En el **Cuadro 1** se presentan las características morfométricas del embalse.

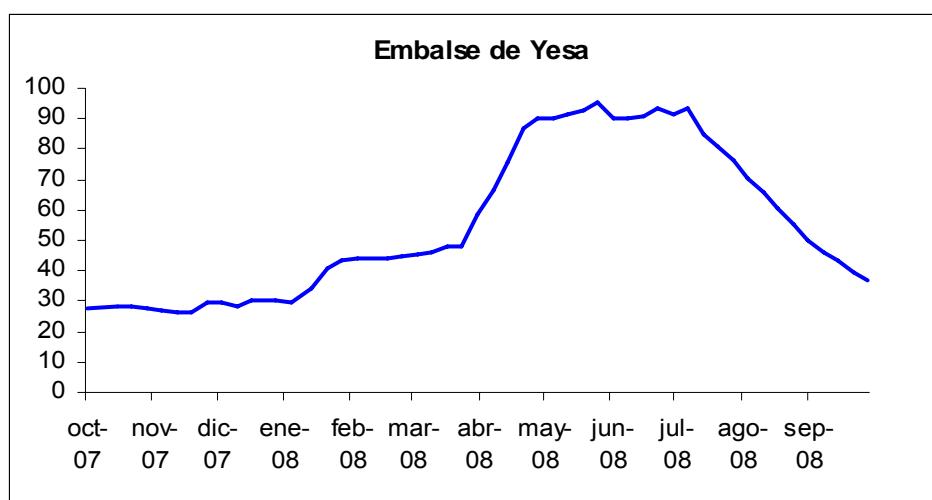
CUADRO 1
CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DEL EMBALSE

Superficie de la cuenca	2170 km ²
Capacidad total N.M.N.	447 hm ³
Capacidad útil	411 hm ³
Aportación media anual	1322 hm ³
Superficie inundada	2089 ha
Cota máximo embalse normal	488,81 msnm

Se trata de un embalse monomítico, de geología calcárea y situado en zona húmeda. La termoclina en el periodo estival se sitúa entorno a los 10 metros de profundidad y el límite inferior de la capa fótica en verano se encuentra alrededor de los 5 metros de profundidad.

En la **Figura 1** se presentan los valores semanales del volumen embalsado correspondientes al año hidrológico 2007-2008.

Figura 1
VOLUMEN EMBALSADO (%) DURANTE EL AÑO HIDROLÓGICO 2007-2008



2.3. Usos del agua

Las aguas del embalse se destinan principalmente al aprovechamiento hidroeléctrico, al abastecimiento de la población y a los regadíos. Además se trata de un embalse muy frecuentado para la realización de actividades recreativas como: pesca, baño y navegación (sin restricciones para la navegación a remo, vela y motor).

2.4. Registro de zonas protegidas

El embalse de Yesa forma parte de las zonas destinadas al baño reguladas por la Directiva 76/160/CEE, relativa a la calidad de las aguas de baño, transpuesta al Ordenamiento Jurídico Español a través del R.D. 734/1998 de 1 de julio por el que se establecen normas de calidad de las aguas de baño.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para acometer la caracterización del embalse se ha ubicado una estación de muestreo en las inmediaciones de la presa.

Se ha realizado una campaña de muestreo el 6 de Agosto de 2008. En esa fecha hay estratificación térmica en el embalse.



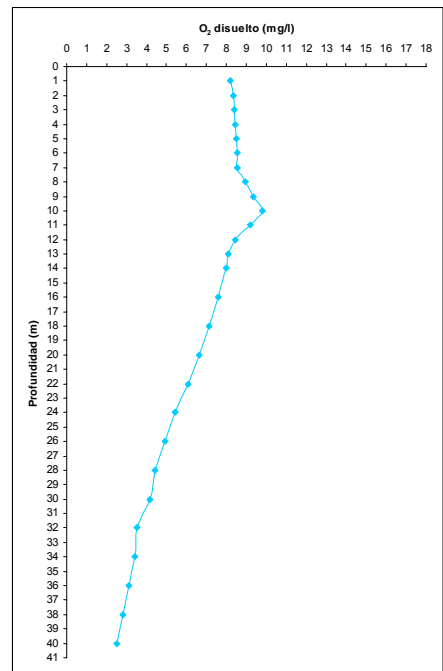
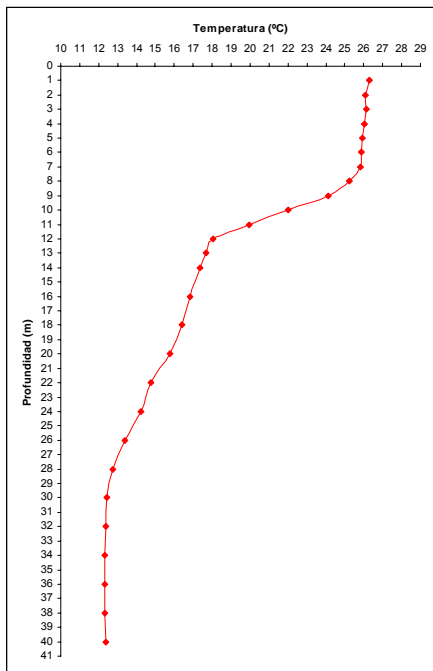
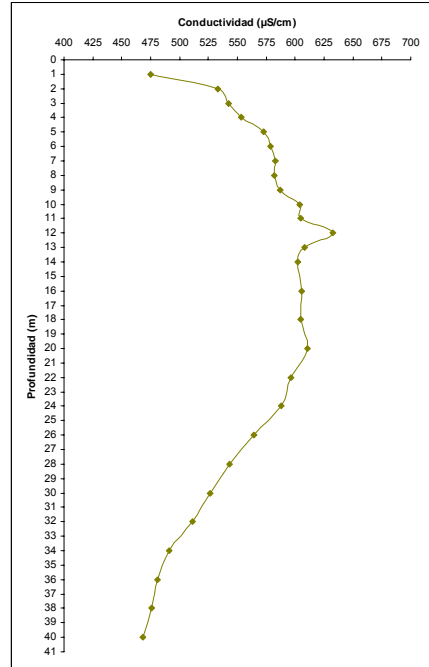
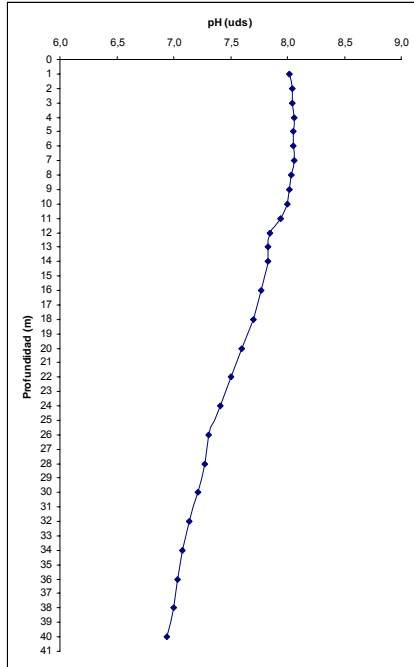
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Características fisicoquímicas de las aguas

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La temperatura del agua oscila entre los 12,4 °C – en el fondo- y los 26,3 °C -máximo registrado en superficie-. En el momento del muestreo (Agosto 2008) la termoclina se sitúa a 10 m de profundidad.
- El pH del agua en la superficie es de 8,02. En el fondo del embalse el valor del pH es de 6,94. El máximo epilimnético estival es de 8,06 (entre los 4 y 7 metros de profundidad) y el mínimo hipolimnético estival, registrado en el fondo, de 6,94.
- La transparencia del agua registrada en la lectura de disco de Secchi es de 2 m, lo que supone una profundidad de la capa fótica en torno a 5 metros.
- Las condiciones de oxigenación de la columna de agua en el epilimnion alcanzan en el muestreo una concentración media de 8,71 mg/L. En el hipolimnion la concentración media alcanza 5,62 mg/L. No se han detectado condiciones anóxicas (<2 mg O₂/L).
- La conductividad del agua es de 475 µS/cm en la superficie; y de 468 µS/cm en el fondo del embalse.

GRÁFICO 1
PERFILES FÍSICO-QUÍMICOS DEL EMBALSE DE YESA



4.2. Hidroquímica del embalse

De los resultados obtenidos se desprenden las siguientes apreciaciones:

- La concentración de fósforo total en el muestreo toma un valor de 9,8 µg P /L.
- Por otra parte, la concentración de nitrógeno total (N) es de 0,76 mg N /L.
- La concentración de nitrógeno inorgánico oxidado (nitrato + nitrito) tomó un valor de 0,19 mg N /L.
- La concentración de amonio resultó inferior al límite de detección (0,1 mg NH₄ /L).
- La concentración de sílice durante el muestreo ha sido de 2,0 mg SiO₂/L.

4.3. Fitoplancton y concentración de clorofila

En el análisis de fitoplancton se han identificado un total de 29 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 10 Chlorophyta
- 7 Bacillariophyceae
- 4 Dinophyta
- 4 Chrysophyceae
- 2 Cryptophyta
- 1 Xantophyta
- 1 Cyanobacteria

La composición y estructura poblacional, en el periodo estival de 2008, está caracterizada por las densidades de la diatomea *Cyclotella radiosa* (Grunow) y *Cyclotella ocellata* Pantocsek con un 24% y 22 % respectivamente de la densidad total de la muestra, siendo además este último, la especie con mayor proporción de biovolumen (10%) seguido de la dinophyta *Peridinium Umbonatum* (5%) y los clorófitos *Scenedesmus ecornis* y *Scenedesmus hystrix* (en torno al 3%). El grupo Chlorophyta es el que más especies tiene (10), seguido de Bacillariophyceae con 7.

La concentración de clorofila durante el muestreo ha sido de 0,98 µg/L.

4.4. Zooplancton

En el análisis de zooplancton de las muestras del embalse de Yesa se han identificado un total de 11 especies, distribuidas en los siguientes grupos taxonómicos:

- 8 Rotifera
- 2 Copepoda
- 1 Cladocera

La estructura y composición de la comunidad de zooplancton se resume en el siguiente cuadro (**Cuadro 2**).

CUADRO 2
 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE ZOOPLANCTON

EMBALSE DE YESA		FECHA DE MUESTREO	03/08/2008
		CODIGO PUNTO DE MUESTREO	
PARAMETRO	UNIDAD	YES	
PROFUNDIDAD	m	6	
DENSIDAD TOTAL	individuos/L	26,3	
BIOMASA TOTAL	µg/L	6,47	
CLASE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		ROTÍFERA	
individuos/L		19,6	
ESPECIE PREDOMINANTE (DENSIDAD)		<i>Keratella cochlearis</i>	
individuos/L		6,7	
CLASE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		COPEPODA	
µg/L		2,86	
ESPECIE PREDOMINANTE ZOOPLANCTON (BIOMASA)		<i>Acanthocyclops americanus</i>	
µg/L		2,69	

La composición y estructura poblacional, en el periodo estival de 2008, está caracterizada por la densidad del rotífero *Keratella cochlearis irregularis*, con un 25% de la densidad total en la muestra. El grupo predominante en biomasa son los copépodos (44%), con *Acanthocyclops americanus* representando un 41% de la biomasa total. En cuanto a diversidad de especies, el grupo de los rotíferos es el más representado, con 8 especies.

5. DIAGNÓSTICO DEL GRADO TRÓFICO

Se han considerado los indicadores especificados en el **Cuadro 3**, estableciéndose el estado trófico global del embalse según la metodología descrita en la sección 5 de la MEMORIA DEL ESTUDIO (pág. 82).

CUADRO 3
 PARÁMETROS INDICADORES Y RANGOS DE ESTADO TRÓFICO

Parámetros Estado Trófico	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Concentración P ($\mu\text{g P /L}$)	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
Disco de Secchi (m)	>6	6-3	3-1,5	1,5-0,7	<0,7
Clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
Densidad algal (cel/ml)	<100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000

En el **Cuadro 4** se incluye el estado trófico indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según la valoración de este estado trófico final.

CUADRO 4
 DIAGNOSTICO DEL ESTADO TROFICO DEL EMBALSE DE YESA

INDICADOR	VALOR	ESTADO TRÓFICO
P TOTAL	9,80	Oligotrófico
CLOROFILA A	0,98	Ultraoligotrófico
DISCO SECCHI	2,00	Mesotrófico
DENSIDAD ALGAL	747,04	Oligotrófico
ESTADO TROFICO FINAL	4,00	OLIGOTRÓFICO

Atendiendo a los criterios seleccionados, el parámetro fósforo total (PT) y la densidad algal sitúan al embalse en rangos de oligotrofia. El parámetro clorofila a, cataloga el embalse como ultraoligotrófico; mientras que el parámetro de transparencia (DS) lo sitúa en mesotrofia. El estado trófico final para el embalse de YESA es **OLIGOTRÓFICO**.

6. DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

a) Aproximación experimental (*PE_{exp}*)

Se han considerando los indicadores especificados en el **Cuadro 5**, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado a) de la MEMORIA DEL ESTUDIO (pág. 131).

CUADRO 5

PARÁMETROS Y RANGOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ECOLÓGICO

Indicador	Elementos	Parámetros	Óptimo	Bueno	Moderado	Deficiente	Malo
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal (cel/ml)	<100	100-10 ³	10 ³ -10 ⁴	10 ⁴ -10 ⁵	>10 ⁵
		Biomasa algal, Clorofila a (µg/L)	0-1	1-2,5	2,5-8	8,0-25	>25
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	2-8	>8
		Indice fitoplanctonique I _{pl}	0-20	20-40	40-60	60-80	>80
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	>4	3-4	2-3	1-2	<1
INDICADOR BIOLÓGICO (1)			4, 2 -5	3, 4 -4, 2	2,6-3,4	1, 8 -2, 6	1-1, 8
Fisicoquímico	Transparencia	Profundidad Disco de Secchi (m)	>6	3-6	1, 5 -3	0, 7 -1,5	<0, 7
	Oxigenación	Concentración O ₂ (mg O ₂ /L)	>8	8-6	6-4	4-2	<2
	Nutrientes	Concentración de PT (µg P /L)	0-4	4-10	10-35	35-100	>100
	Elemento combinado	TSI	<20	20-40	40-60	60-80	>80
INDICADOR FISICOQUÍMICO (2)			4-5	3-3, 9 9	<3		

(1) La valoración del indicador biológico se obtiene asignando la calificación del elemento fitoplancton.

(2) La valoración del indicador fisicoquímico se obtiene realizando la media de las puntuaciones obtenidas para los distintos elementos. Si la media de los 4 elementos es igual o superior a 4, se considera que se cumplen las condiciones fisicoquímicas propias del máximo potencial ecológico (MPE). Si se alcanzan o superan los 3 puntos, se considera que las condiciones fisicoquímicas aseguran el funcionamiento del ecosistema (AS.FUN). Si no se alcanzan los 3 puntos, el estado fisicoquímico no asegura el funcionamiento del ecosistema (NO AS.FUN).

En el **Cuadro 6** se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros e indicadores, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico final.

CUADRO 6
 DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO DEL EMBALSE DE YESA.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor	Potencial
Biológico	Fitoplancton	Densidad algal(cel/ml)	747,04	BUENO
		Clorofila a (µg/L)	0,98	OPTIMO
		Biovolumen algal(mm ³ /L)	0,18	BUENO
		<i>Indice Planctonique (I_{PL})</i>	26	BUENO
		<i>Phytoplankton Assemblage Index (Q)</i>	3,37	BUENO
INDICADOR BIOLÓGICO			4,2	BUENO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	2,00	MODERADO
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	5,62	MODERADO
	Nutrientes	Concentración de P(µgP/L)	9,80	BUENO
	Elemento combinado	TSI	34,84	BUENO
INDICADOR FISICOQUÍMICO			3,50	AS-FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO			BUENO	

b) Aproximación normativa (*PE_{norm}*)

Se han considerado los indicadores, los valores de referencia y los límites de clase bueno-moderado (B/M), así como sus ratios de calidad ecológica (RCE), especificados en el **Cuadro 7**, estableciéndose el potencial ecológico del embalse según la metodología descrita en la sección 6.3, apartado b) de la MEMORIA DEL ESTUDIO (pág. 137).

CUADRO 7

VALORES DE REFERENCIA PROPIOS DEL TIPO (VR_t) Y LÍMITES DE CAMBIO DE CLASE DE POTENCIAL ECOLÓGICO (B/M, BUENO-MODERADO) DE LOS INDICADORES DE LOS ELEMENTOS DE CALIDAD DE EMBALSES (*ORDEN ARM 2656*).

Tipo	Elemento	Parámetro	Indicador	VR_t	B/M	B/M (RCE)
Tipo 1	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m^3	2	9,5	0,21
			Biovolumen mm^3/L	0,36	1,9	0,19
		Composición	Índice de Catalan (IGA)	0,1	10,6	0,97
			Porcentaje de cianobacterias	0	9,2	0,91
Tipo 7	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m^3	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm^3/L	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalan (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72
Tipo 9	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m^3	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm^3/L	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalan (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72
Tipo 10	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m^3	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm^3/L	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalan (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72
Tipo 11	Fitoplancton	Biomasa	Clorofila a mg/m^3	2,6	6	0,43
			Biovolumen mm^3/L	0,76	2,1	0,36
		Composición	Índice de Catalan (IGA)	0,61	7,7	0,98
			Porcentaje de cianobacterias	0	28,5	0,72

En el **Cuadro 8** se incluye el potencial indicado por cada uno de los parámetros, así como la catalogación de la masa de agua según el potencial ecológico final (*PE_{norm}*) tras pasar el filtro del estado fisicoquímico.

CUADRO 8

DIAGNOSTICO DEL POTENCIAL ECOLÓGICO (*PE_{norm}*) DEL EMBALSE DE YESA.

Indicador	Elementos	Parámetros	Valor RCE	<i>PE_{norm}</i>
Biológico	Fitoplancton	Clorofila a (µg/L)	2,64	Óptimo
		Biovolumen algal (mm ³ /L)	4,33	Óptimo
		Índice de Catalán (IGA)	1,00	Óptimo
		Porcentaje de cianobacterias (Q)	0,96	Bueno
INDICADOR BIOLÓGICO			2,75	ÓPTIMO
Fisicoquímico	Transparencia	Disco de Secchi(m)	4,50	BUENO
	Oxigenación	O ₂ hipolimnética (mg O ₂ /L)	0,27	MALO
	Nutrientes	Concentración de P(µg P/L)	10,2	MODERADO
	Elemento combinado	TSI	37,31	BUENO
INDICADOR FISICOQUÍMICO			3,00	AS-FUN
POTENCIAL ECOLÓGICO <i>PE_{norm}</i>			BUENO	

ANEXO I
REPORTAJE FOTOGRAFICO
