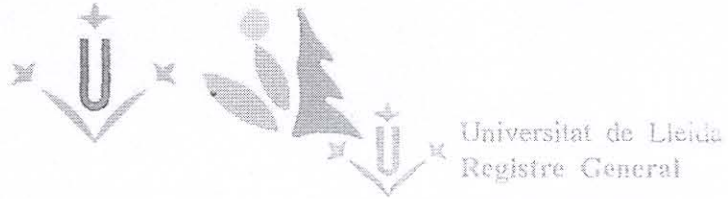


(243) "1995" Piq

UNIVERSITAT DE LLEIDA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRÀRIA DE LLEIDA

1600/24642



19 SET. 1995

E: 3898

S:

TESI DOCTORAL



TECNOLOGIA POSTCOLLITA DE L'AVELLANA.

*ASSECATGE I FRIGOCONSERVACIÓ DE L'AVELLANA*  
(*Corylus avellana* L.)

Maria Teresa Piqué Ferré  
Juny 1995

010-43360

Considerant totes les experiències, el model d'Oswin és després del model de G.A.B. el que dona els coeficients de determinació més alts.

L'equació de G.A.B. és l'única de les equacions estudiades que té tres paràmetres i això afavoreix que es doni un millor ajust a les dades experimentals. Tanmateix, s'aconsella utilitzar expressions amb el menor nombre de paràmetres possible; per això, cal analitzar l'ajust donat per ambdues equacions -l'equació d'Oswin i l'equació de G.A.B.- mitjançant les sumes de quadrats mitjos residuals i la distribució dels residus. En la taula 3.22 apareixen les sumes de quadrats mitjos residuals obtinguts de l'ajust a les equacions de Chung-Pfost, G.A.B., Halsey, Henderson, Oswin i Smith, per a cada experiència.

TAULA 3.22. **Valors de S.Q.M.R. x 10<sup>4</sup> de les equacions de Chung-Pfost, G.A.B., Halsey, Henderson, Oswin i Smith, per a cada experiència.**

		Chung-Pfost	G.A.B.	Halsey	Henderson	Oswin	Smith
<i>Negret closca</i> (desorció)	30	0,240	0,010	0,296	0,093	0,005	0,127
	40	0,157	0,031	0,354	0,019	0,030	0,136
	60	0,133	0,033	1,081	0,060	0,397	0,268
	80	0,153	0,110	1,035	0,130	0,472	0,430
<i>Negret gra</i> (desorció)	30	0,015	0,003	0,008	0,018	0,007	0,018
	40	0,159	0,008	0,029	0,124	0,044	0,051
	60	1,222	0,007	0,047	0,173	0,026	0,413
	80	1,081	0,022	0,034	0,469	0,155	0,476
<i>Pauetet gra</i> (desorció)	30	0,027	0,012	0,004	0,032	0,016	0,009
	40	0,126	0,008	0,021	0,075	0,015	0,017
	60	1,834	0,013	0,055	0,246	0,050	0,697
	80	2,616	0,129	0,192	0,910	0,393	1,427
<i>Negret gra</i> (sorció)	3	1,990	0,022	0,607	1,535	0,386	0,449
	10	2,111	0,054	0,577	0,907	0,151	0,621
	30	0,159	0,044	0,583	0,082	0,049	0,074
<i>Pauetet gra</i> (sorció)	3	1,213	0,057	2,105	1,019	0,300	0,187
	10	0,285	0,006	0,439	0,218	0,048	0,090
	30	0,112	0,014	0,363	0,038	0,013	0,030
<i>T.Romana gra</i> (sorció)	3	3,130	0,015	1,778	1,381	0,275	0,736
	10	3,479	0,006	1,997	0,720	0,061	0,814
	30	0,039	0,010	0,245	0,015	0,013	0,031

En aquesta taula s'observa que el model de G.A.B. dona unes sumes de quadrats mitjos residuals més petites que les del model d'Oswin, la qual cosa indica que el model de G.A.B. és millor que el de Oswin. A més a més, si es compara la distribució dels residus d'aquests dos models (taules 3.11, 3.12, 3.17 i 3.18 de l'apartat) s'aprecia que amb l'equació de G.A.B. la distribució és a l'atzar en la major part de les experiències, cosa que no succeeix amb l'equació d'Oswin.

Així doncs, tenint en compte que l'equació de G.A.B. és la que dona uns coeficients de determinació més alts, unes sumes de quadrats mitjos residuals més petites i que la distribució dels residus és a l'atzar, s'arriba a la conclusió de que és l'equació que millor descriu les isoterms d'humitat d'equilibri de l'avellana. Aquest resultat confirma els resultats obtinguts per Palipane i Driscoll (1992) i Kiranoudis *et al.* (1993) que posen de manifest que l'equació de G.A.B. és la millor equació per a la representació de les isoterms d'humitat dels aliments.

En l'apartat 3.1.2.2.5 s'ha vist que els paràmetres de l'equació de G.A.B. varien amb la temperatura, sobretot el paràmetre  $b$  -que disminueix en augmentar la temperatura-. Per veure si els paràmetres  $a$ ,  $b$  i  $c$  depenen linealment de la temperatura -en K- s'ha fet una regressió lineal simple, obtenint les següents rectes:

#### DESORCIÓ

- *Negret* closca

$$a = -1,70 + 1,6 \cdot 10^{-4} \cdot T \quad (3.1)$$

$$r = +0,5071$$

$$b = 53,74 - 0,14 \cdot T \quad (3.2)$$

$$r = -0,8334$$

$$c = 2,28 - 4,7 \cdot 10^{-3} \cdot T \quad (3.3)$$

$$r = -0,9520$$

- *Negret* gra

$$a = 0,074 - 1,8 \cdot 10^{-4} \cdot T \quad (3.4)$$

$$r = -0,9953$$

$$b = 104,9 - 0,26 \cdot T \quad (3.5)$$

$$r = -0,4555$$

$$c = 0,764 + 6,7 \cdot 10^{-4} \cdot T \quad (3.6)$$

$$r = +0,7475$$

- *Pauletet* gra

$$a = 0,069 - 1,6 \cdot 10^{-4} \cdot T \quad (3.7)$$

$$r = -0,9793$$

$$b = 176,6 - 0,48 \cdot T \quad (3.8)$$

$$r = -0,6408$$

$$c = 0,754 + 7,4 \cdot 10^{-4} \cdot T \quad (3.9)$$

$$r = +0,4574$$

SORCIÓ

- *Negret* gra

$$a = 0,037 - 6,5 \cdot 10^{-5} \cdot T \quad (3.10)$$

$$r = -0,6001$$

$$b = 1291,9 - 4,27 \cdot T \quad (3.11)$$

$$r = -0,8322$$

$$c = 0,631 + 1 \cdot 10^{-3} \cdot T \quad (3.12)$$

$$r = +0,8417$$

- *Pauletet* gra

$$a = 0,041 - 7,9 \cdot 10^{-5} \cdot T \quad (3.13)$$

$$r = -0,6567$$

$$b = 943,1 - 3,11 \cdot T \quad (3.14)$$

$$r = -0,8278$$

$$c = 0,715 + 6,6 \cdot 10^{-4} \cdot T \quad (3.15)$$

$$r = +0,8487$$

- *Tonda Romana* gra

$$a = 0,024 - 1,6 \cdot 10^{-5} \cdot T \quad (3.16)$$

$$r = -0,8227$$

$$b = 663,6 - 2,19 \cdot T \quad (3.17)$$

$$r = -0,8271$$

---

$$\begin{aligned} c &= 0,940 - 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot T \\ r &= -0,0785 \end{aligned} \tag{3.18}$$

Els coeficients de correlació que s'obtenen són baixos; per tant, la utilització d'aquestes equacions per a calcular els paràmetres  $a$ ,  $b$  i  $c$  pot donar lloc a resultats poc precisos. Encara que en alguns estudis s'ha trobat certa dependència dels paràmetres de l'equació de G.A.B. respecte de la temperatura, resultats com els obtinguts per l'avellana indiquen que aquesta dependència no és clara, per la qual cosa es recomana limitar la utilització dels paràmetres a les temperatures per a les que s'han obtingut (Mazza *et al.*, 1990; Samaniego *et al.*, 1991).

## 3.2. INFLUÈNCIA DE LES CONDICIONS D'EMMAGATZEMATGE REFRIGERAT SOBRE LA QUALITAT DE L'AVELLANA EN GRA

### 3.2.1. Evolució del contingut en humitat de l'avellana

S'ha determinat el contingut en humitat de l'avellana en gra al llarg de l'emmagatzematge en les campanyes 90/91, 91/92 i 92/93. L'evolució de la humitat de l'avellana segons les condicions de frigoconservació s'observa en les figures 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15 i 3.16.

Les tres varietats -*Negret*, *Pauetet* i *Tonda Romana*- presenten un comportament similar; la humitat inicial de l'avellana es manté o augmenta lleugerament si s'emmagatzema a una humitat relativa del 60%, i tendeix a disminuir, sobretot a 10°C, en l'emmagatzematge a humitat relativa del 40%. Aquest comportament també s'ha observat en d'altres fruits secs com les nous (López *et al.*, 1994).

L'anàlisi de la varianza (ANOVA) dels resultats de la humitat de l'avellana obtinguts als 3 mesos i al final del període de frigoconservació s'ha fet considerant els factors varietat, temperatura i humitat relativa (Taula 3.23). L'anàlisi estadística mostra que dels tres factors considerats, tan sols la humitat relativa influeix molt significativament ( $p < 0,0001$ ) en el contingut d'humitat de l'avellana.

En la taula 3.24 apareixen els valors mitjos del contingut d'humitat de l'avellana als 3 mesos i al final del període de frigoconservació, segons els diferents nivells dels factors estudiats, obtinguts amb la prova LSD per a un nivell de confiança del 95%. S'observa com el valor mig de la humitat de l'avellana frigoconservada a 40% HR és inferior al de l'avellana frigoconservada a 60% HR. Quant als factors temperatura i varietat, que no tenen una influència significativa en l'emmagatzematge refrigerat de l'avellana, els valors mitjos més baixos del contingut d'humitat de l'avellana s'obtenen per a la temperatura de 10°C i per a la varietat *Pauetet*.

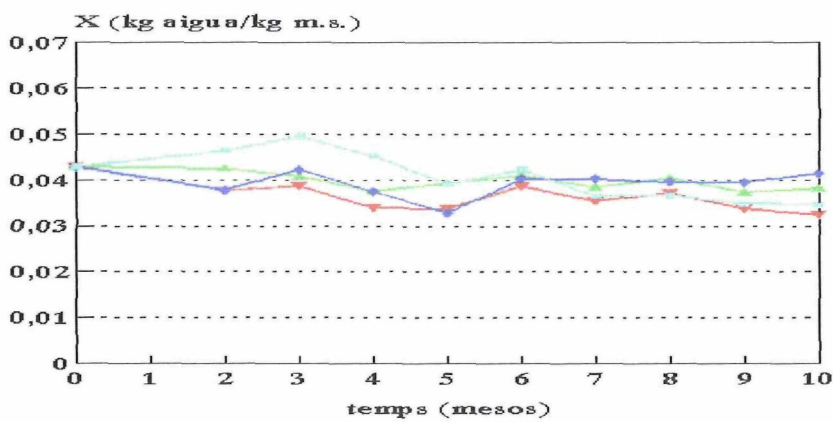
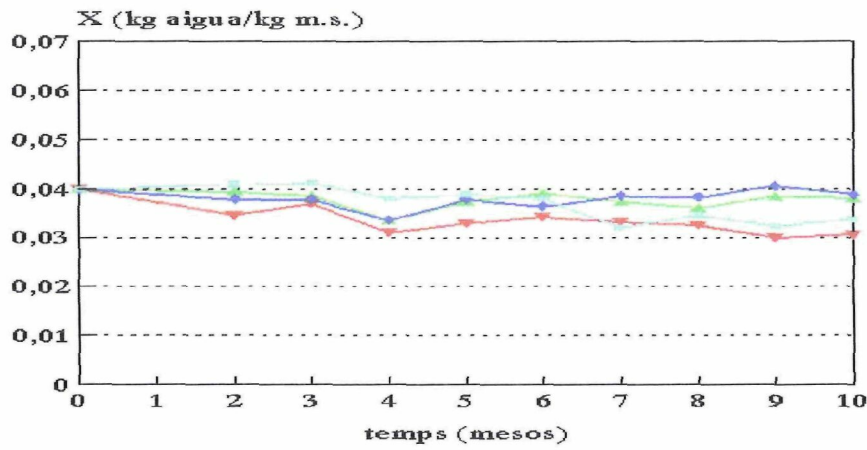
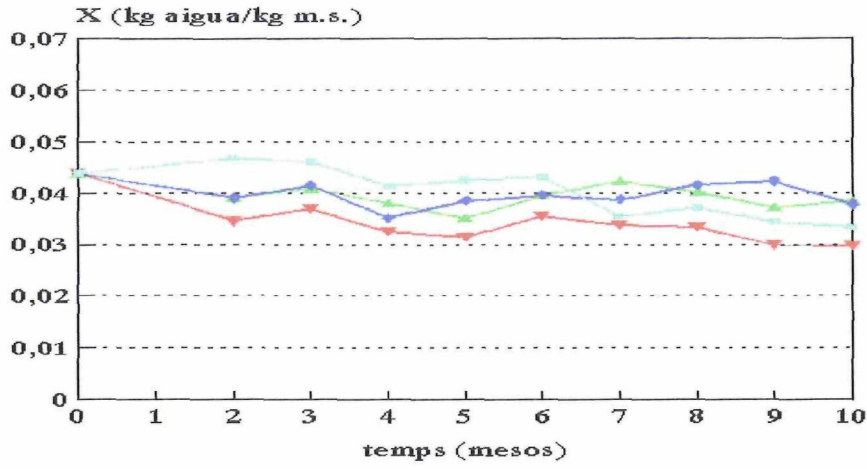


FIGURA 3.11. Evolució de la humitat de l'avellana *Negret*, *Pauetet* i *Tonda Romana* (campanya 90/91) frigoconservada a 40% d'humitat relativa.

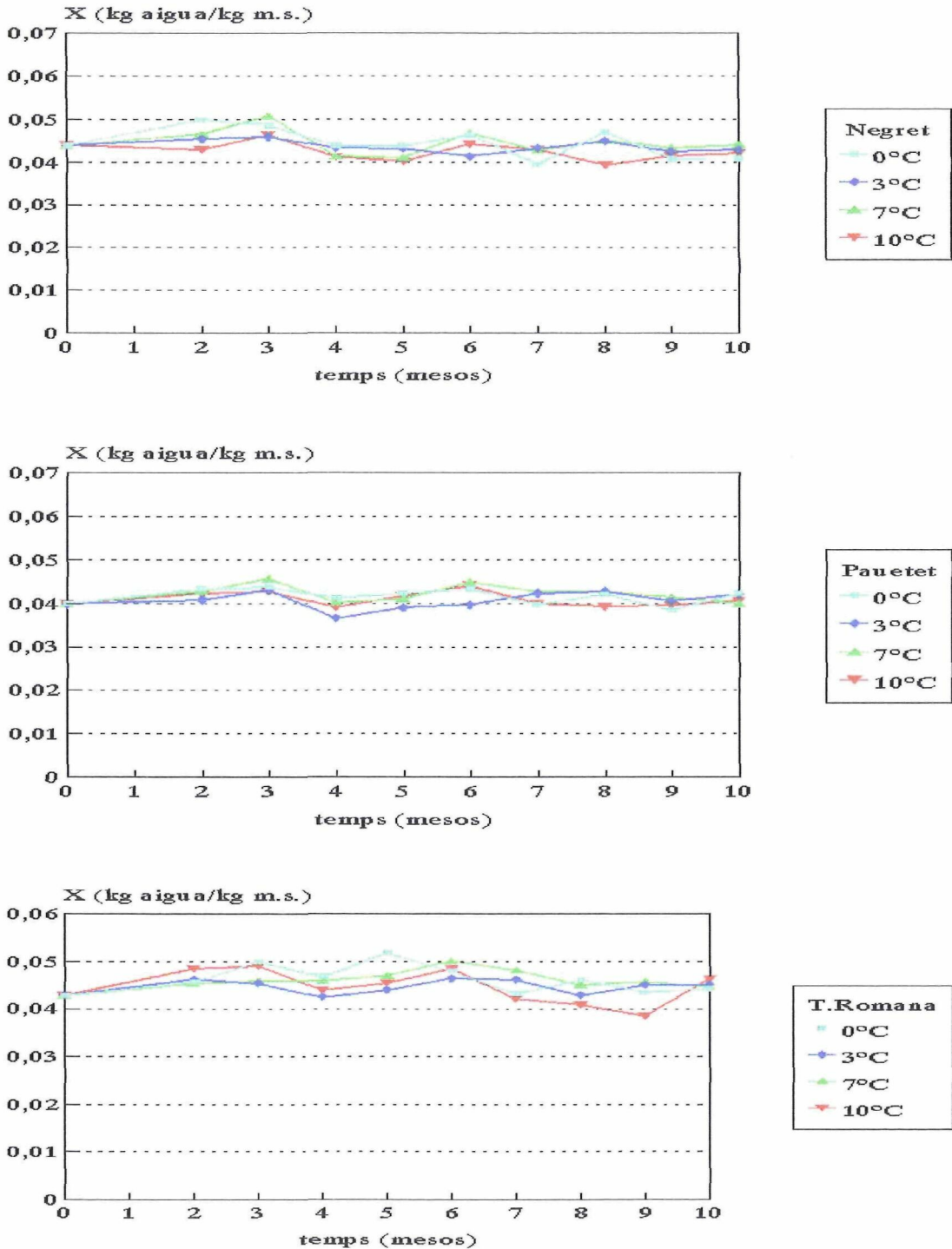


FIGURA 3.12. Evolució de la humitat de l'avellana *Negret*, *Pauetet* i *Tonda Romana* (campanya 90/91) frigoconservada a 60% d'humitat relativa.



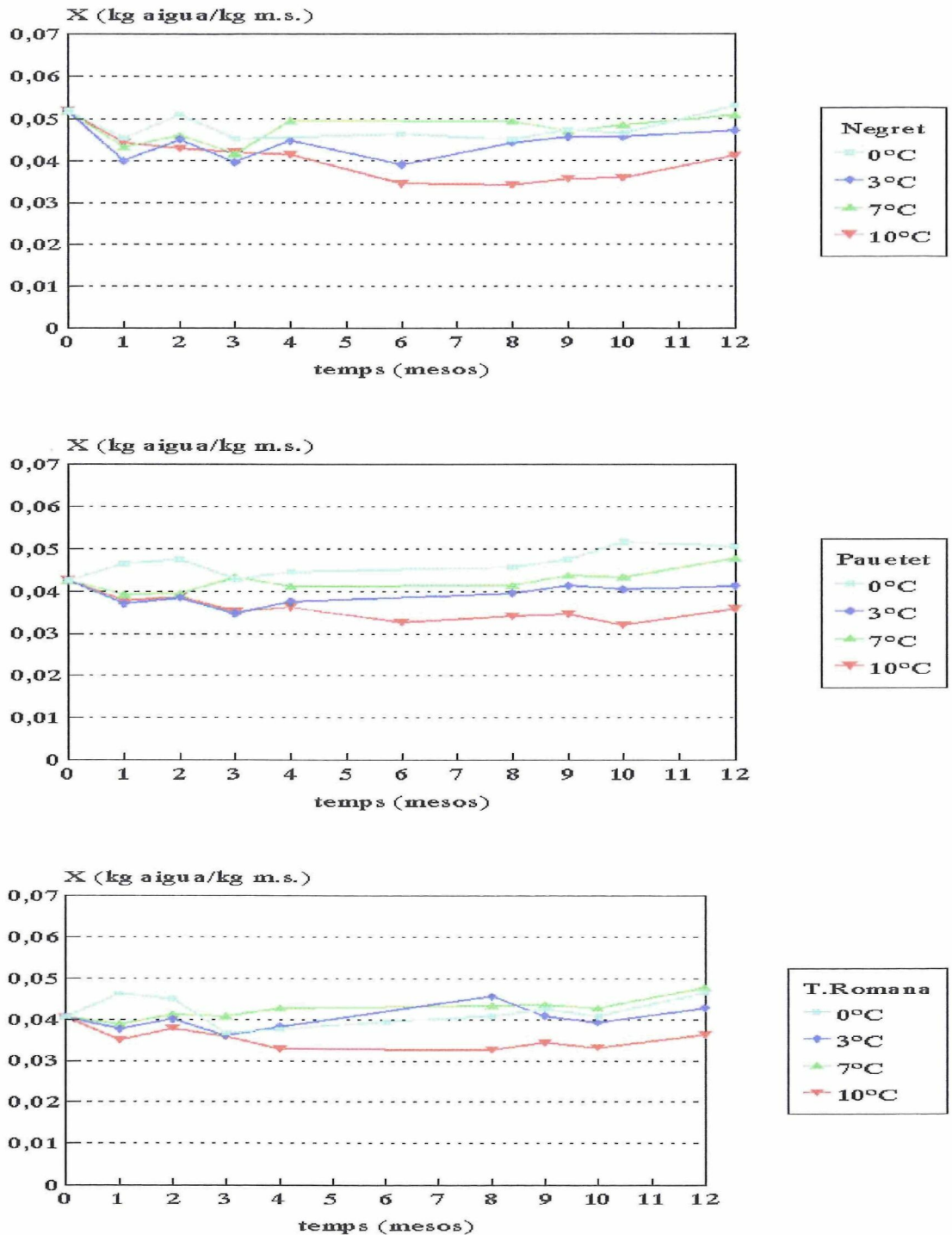


FIGURA 3.13. Evolució de la humitat de l'avellana *Negret*, *Pauetet* i *Tonda Romana* (campanya 91/92) frigoconservada a 40% d'humitat relativa.

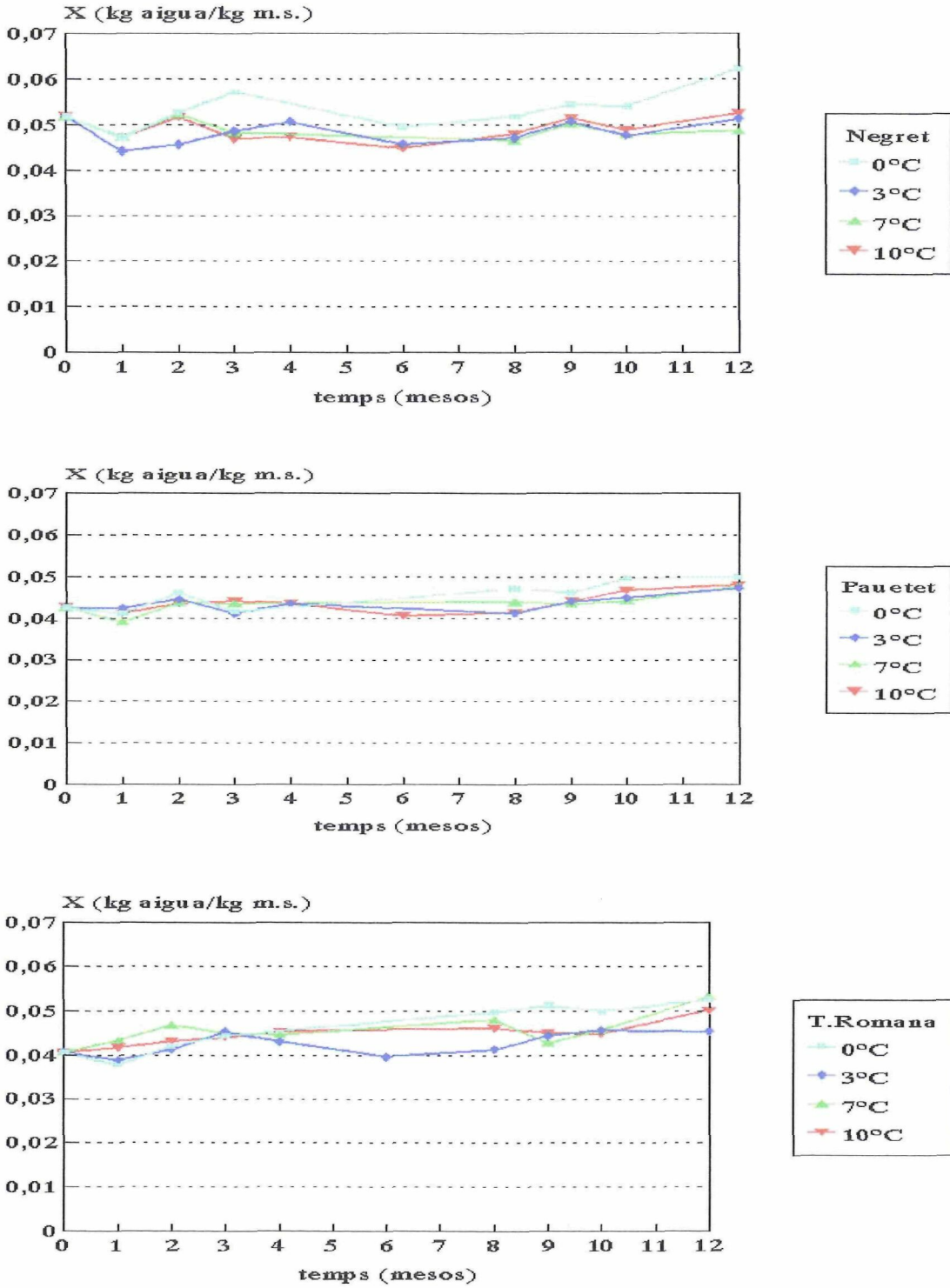


FIGURA 3.14. Evolució de la humitat de l'avellana *Negret*, *Pauetet* i *Tonda Romana* (campanya 91/92) frigoconservada a 60% d'humitat relativa.

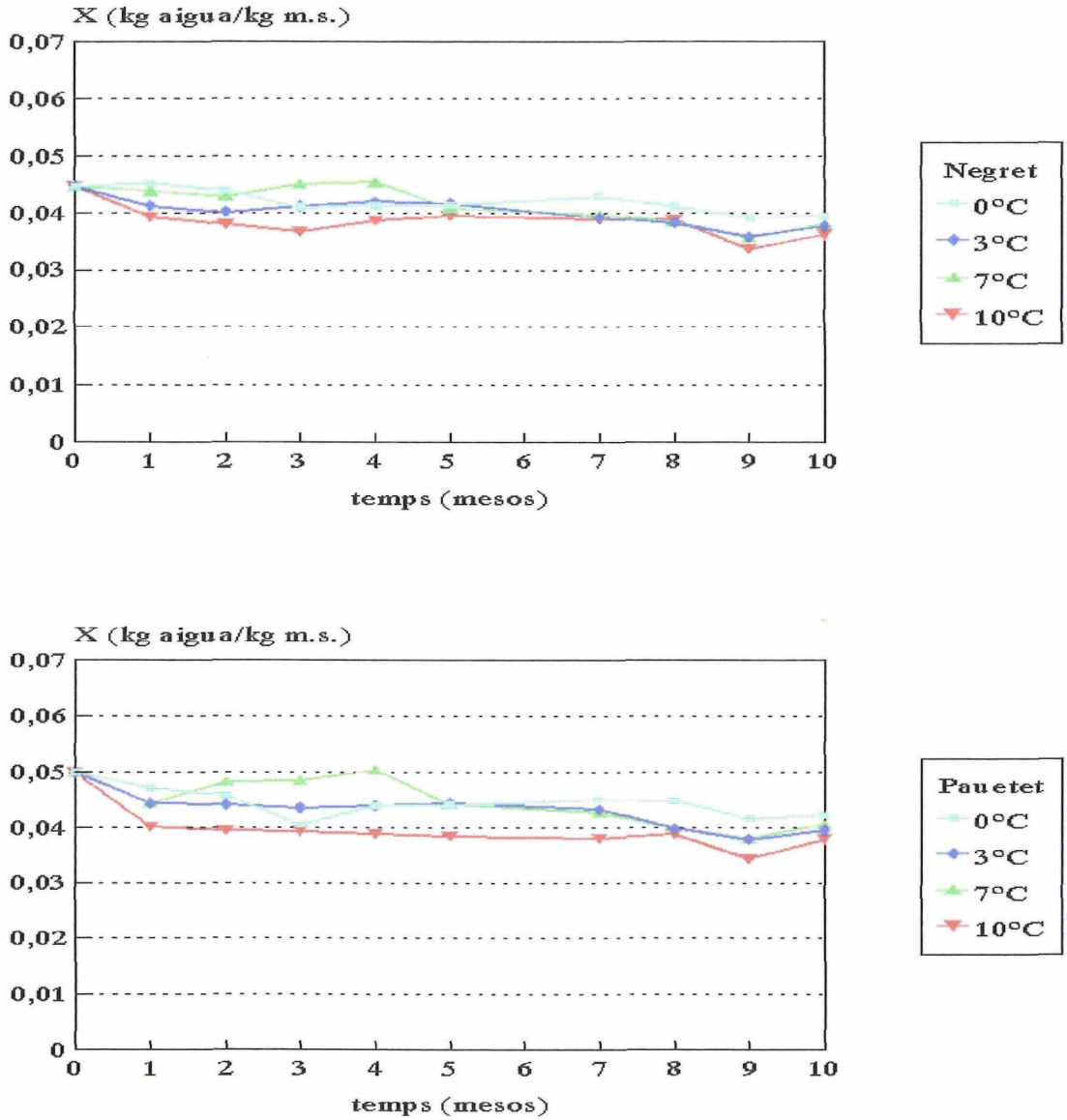


FIGURA 3.15. Evolució de la humitat de l'avellana *Negret* i *Pauetet* (campanya 92/93) frigoconservada a 40% d'humitat relativa.

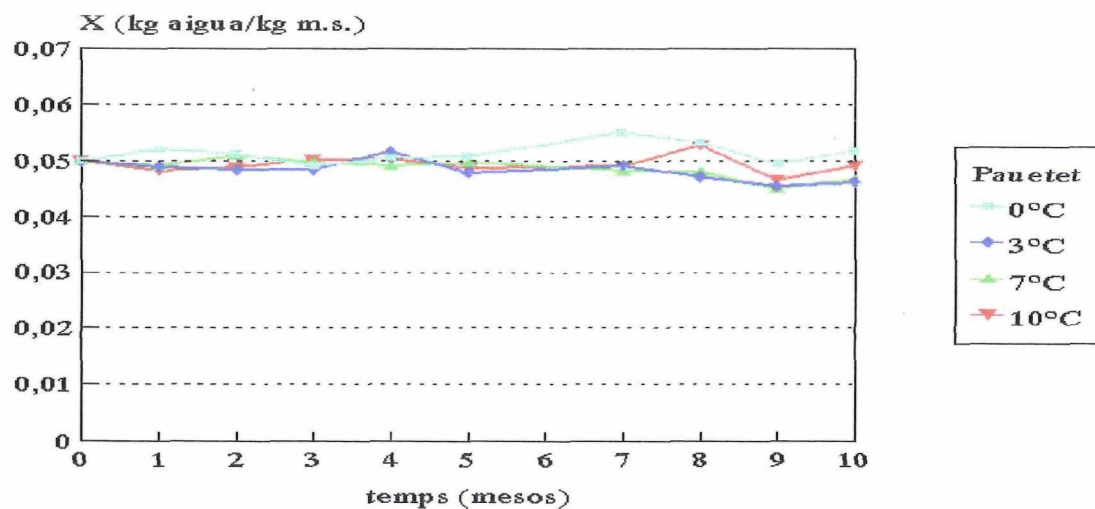
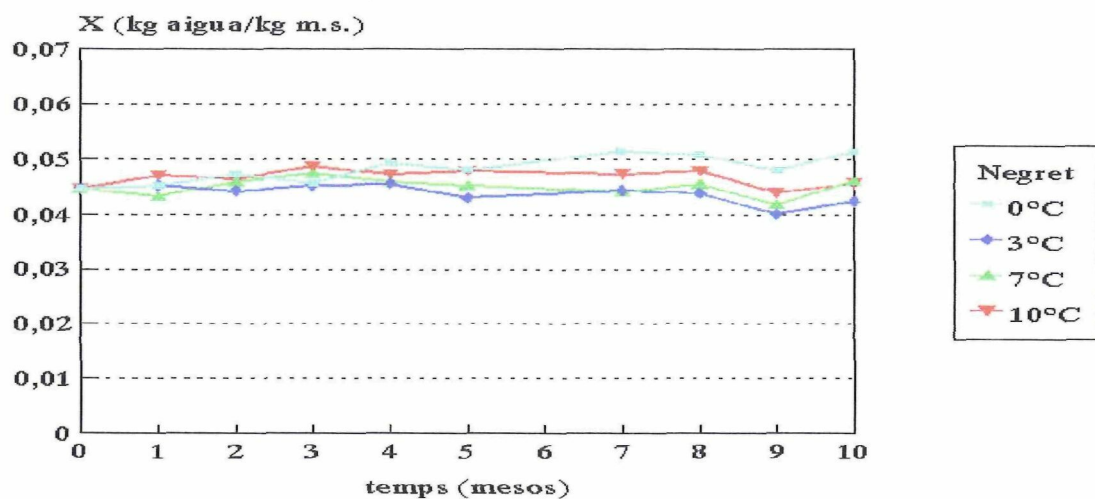


FIGURA 3.16. Evolució de la humitat de l'avellana *Negret* i *Pauetet* (campanya 92/93) frigoconservada a 60% d'humitat relativa.

TAULA 3.23. **Valors de F obtinguts en l'anàlisi de la variança (ANOVA) del contingut d'humitat de l'avellana frigoconservada.**

Font de variació	F (3 mesos)	F (final)
Factors principals:		
Varietat	2,659 NS	0,244 NS
Temperatura	3,208 *	1,802 NS
Humitat relativa	47,017 **	22,659 **
Interaccions:		
Varietat x Temperatura	0,378 NS	0,101 NS
Varietat x Humitat relativa	0,418 NS	0,087 NS
Temperatura x Humitat relativa	1,328 NS	1,548 NS
Varietat x Temperatura x Humitat relativa	0,109 NS	0,099 NS

\*\* significatiu al 99%    \* significatiu al 95%    NS no significatiu

TAULA 3.24. **Separació de mitges (LSD) segons els factors varietat, temperatura i humitat relativa, del contingut d'humitat de l'avellana frigoconservada.**

		MITJA (3 mesos)	MITJA (final)
Varietat:	<i>Negret</i>	0,0448 ± 0,0007	0,0438 ± 0,0012
	<i>Pauetet</i>	0,0427 ± 0,0007	0,0428 ± 0,0012
	<i>Tonda Romana</i>	0,0430 ± 0,0008	0,0438 ± 0,0014
Temperatura:	0°C	0,0452 ± 0,0009	0,0454 ± 0,0015
	3°C	0,0424 ± 0,0009	0,0430 ± 0,0015
	7°C	0,0445 ± 0,0009	0,0445 ± 0,0015
	10°C	0,0420 ± 0,0009	0,0408 ± 0,0015
Humitat relativa:	40%	0,0405 ± 0,0006	0,0399 ± 0,0010
	60%	0,0465 ± 0,0006	0,0470 ± 0,0010

Durant la campanya 92/93 s'ha determinat també l'evolució del contingut d'humitat en avellana emmagatzemada a temperatura i humitat relativa ambient, amb 25°C i 50% HR de mitja, en un local no refrigerat (Figura 3.17). S'observa com en ambdues varietats *Negret* i *Pauetet* es dona una pèrdua del pes de l'avellana, mantenint-se després el contingut d'humitat de l'avellana al llarg de l'emmagatzematge. Keme *et al.* (1980) van obtenir resultats similars en l'emmagatzematge d'avellana de la varietat *Tonda Gentile delle Langue*.

Finalment, cal destacar que els resultats que s'han obtingut en l'estudi del contingut d'humitat de l'avellana emmagatzemada a diferents condicions de temperatura i humitat relativa es corresponen amb els resultats obtinguts sobre el comportament higroscòpic de l'avellana exposats a l'apartat 3.1.2.1.2, en què s'ha posat de manifest, d'una banda, que humitats relatives ambient inferiors al 50% i temperatures elevades afavoreixen la pèrdua d'aigua en l'avellana que té una humitat inicial del 4-5 % b.s., i d'altra banda que la varietat *Pauetet* és la varietat que té una menor capacitat d'adsorció d'aigua.

### 3.2.2. Alteració de la fracció lipídica

#### 3.2.2.1. Índex d'acidesa

L'índex d'acidesa és un paràmetre de qualitat que indica l'estat de conservació del producte, ja que mesura l'enranciment hidrolític que s'ha produït.

L'evolució de l'índex d'acidesa durant l'emmagatzematge de l'avellana apareix en les figures 3.18, 3.19 i 3.20. A la campanya 90/91, la varietat *Negret* presentava inicialment l'índex d'acidesa més alt de les tres varietats estudiades; al llarg de l'emmagatzematge s'observa com l'índex d'acidesa d'aquesta varietat es manté per a la humitat relativa de 40% i, en canvi, a la humitat relativa de 60% l'índex d'acidesa augmenta amb la temperatura i el temps de frigoconservació, indicant, per tant, que el procés hidrolític no s'ha aturat. Per a les varietats *Pauetet* i *Tonda Romana*, amb una acidesa inicial inferior a la de la varietat *Negret*, l'evolució d'aquest índex no presenta una tendència clara i es manté en uns valors baixos.

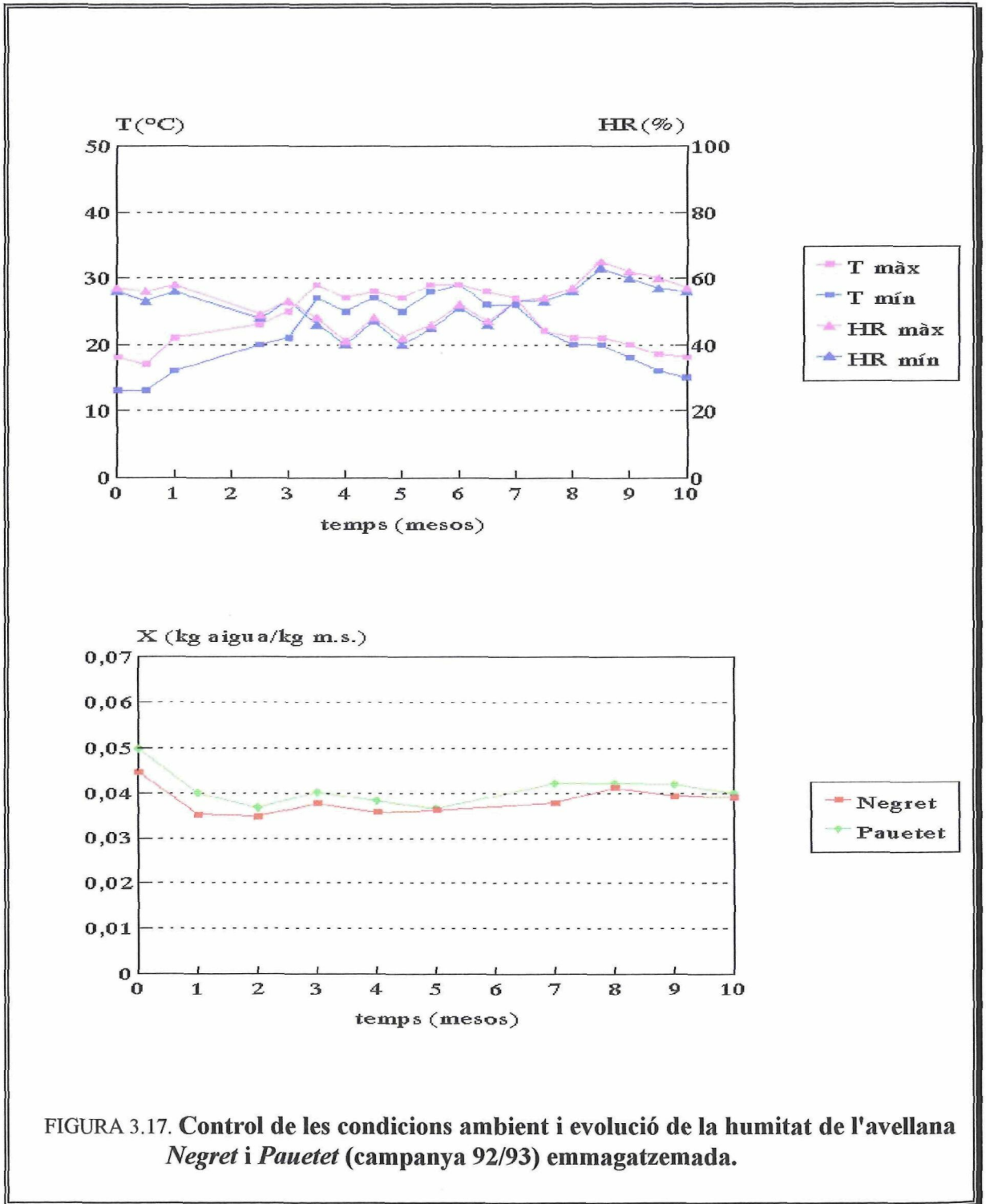


FIGURA 3.17. Control de les condicions ambient i evolució de la humitat de l'avellana *Negret* i *Pauetet* (campanya 92/93) emmagatzemada.

En les campanyes 91/92 i 92/93, amb uns índexs d'acidesa inicials més baixos que els de la campanya 90/91, s'observa que aquest índex tendeix a augmentar lleugerament a mesura que augmenta el temps de frigoconservació, sobretot per a la varietat *Negret*. En les mostres emmagatzemades a condicions ambient (25°C i 50% HR de mitja) s'obtenen índexs d'acidesa similars als de les mostres frigoconservades. Aquests resultats confirmen els obtinguts per Keme *et al.* (1980) per a l'emmagatzematge d'avellana de la varietat *Tonda Gentile delle Langue*, en què també s'ha observat un augment de l'acidesa amb el temps d'emmagatzematge però sense superar, després d'un any d'emmagatzematge, el valor 0,7% àcid oleic considerat per la indústria com a valor crític; tanmateix, per aquesta varietat l'augment d'acidesa és més significatiu a l'avellana emmagatzemada a condicions ambient que a la frigoconservada.

Per analitzar si la influència dels factors varietat, temperatura i humitat relativa és significativa, s'ha fet l'anàlisi de la variança (ANOVA) dels resultats de l'índex d'acidesa obtinguts als 3 mesos i al final del període de frigoconservació. En la taula 3.25 s'observa com cap dels factors controlats és significatiu; encara que de tots ells, el factor varietat és el que produeix unes variacions més importants, amb un nivell de significació de  $p = 0,0649$  al final de l'emmagatzematge. En canvi, estudis realitzats sobre l'emmagatzematge refrigerat de nous en closca han posat de manifest una influència significativa del factor humitat relativa, incrementant-se l'acidesa de les nous frigoconservades a 60% HR el doble respecte de les frigoconservades a 40% HR; també s'ha observat un augment de l'acidesa amb la temperatura de frigoconservació (López *et al.*, 1994).

El test de separació de mitges (LSD), amb un nivell de confiança del 95%, dona un valor mig de l'índex d'acidesa més alt per a la varietat *Negret*, obtenint per a les tres varietats valors mig inferiors a 1,4 -que correspon a 0,7% àcid oleic- (Taula 3.26).

Es pot concloure que si l'avellana presenta inicialment índexs d'acidesa baixos, aquests no augmenten significativament després d'un any d'emmagatzematge en les condicions estudiades i, per tant, l'avellana no es veu afectada per l'enranciment hidrolític. Això té interès de cara a la varietat *Pauletet*, ja que estudis fets per Ninot (1985) van posar de manifest que és una varietat que es veu afectada sobretot pel procés hidrolític.



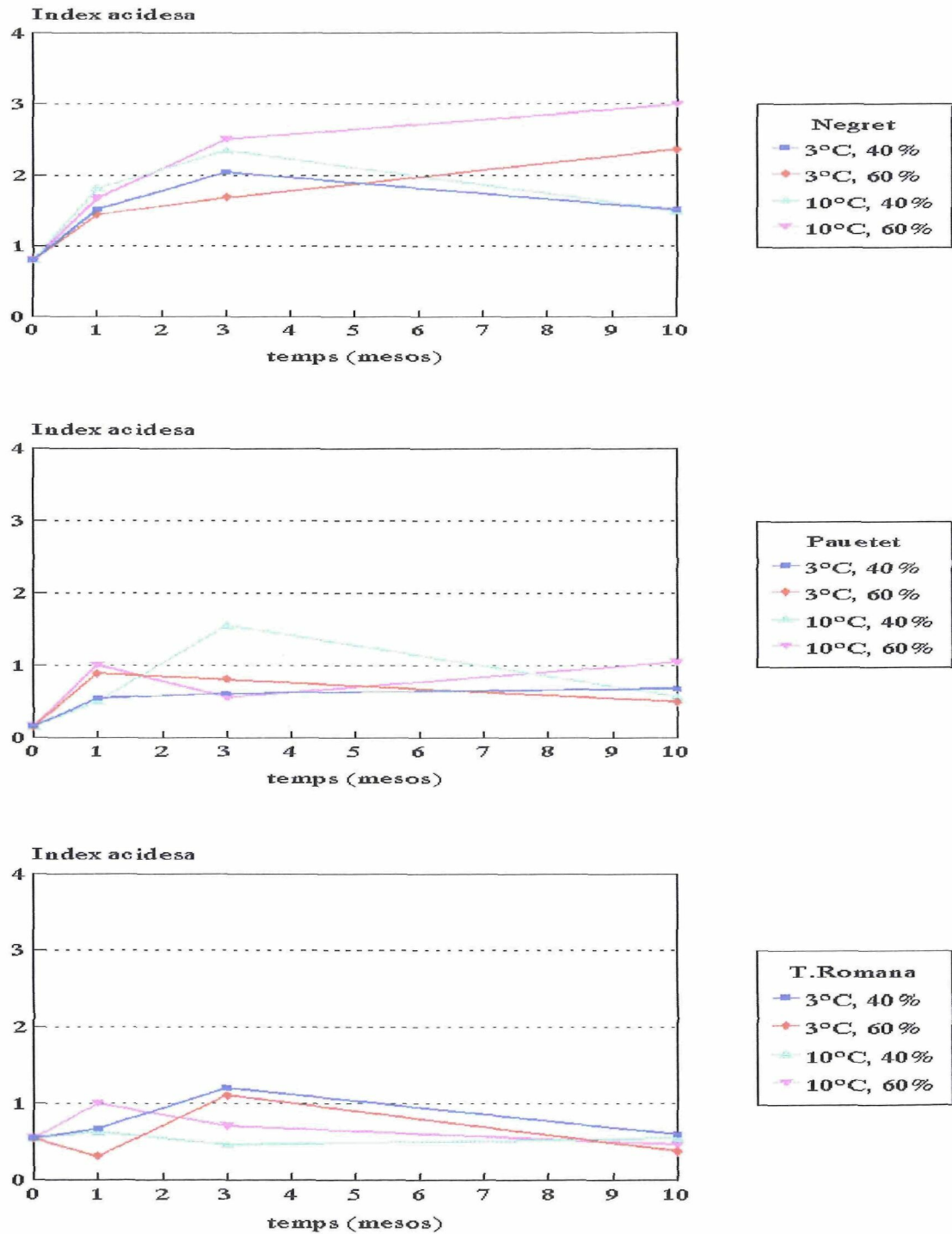


FIGURA 3.18. Evolució de l'índex d'acidesa de l'avellana *Negret*, *Pauetet* i *Tonda Romana* (campanya 90/91) frigoconservada.

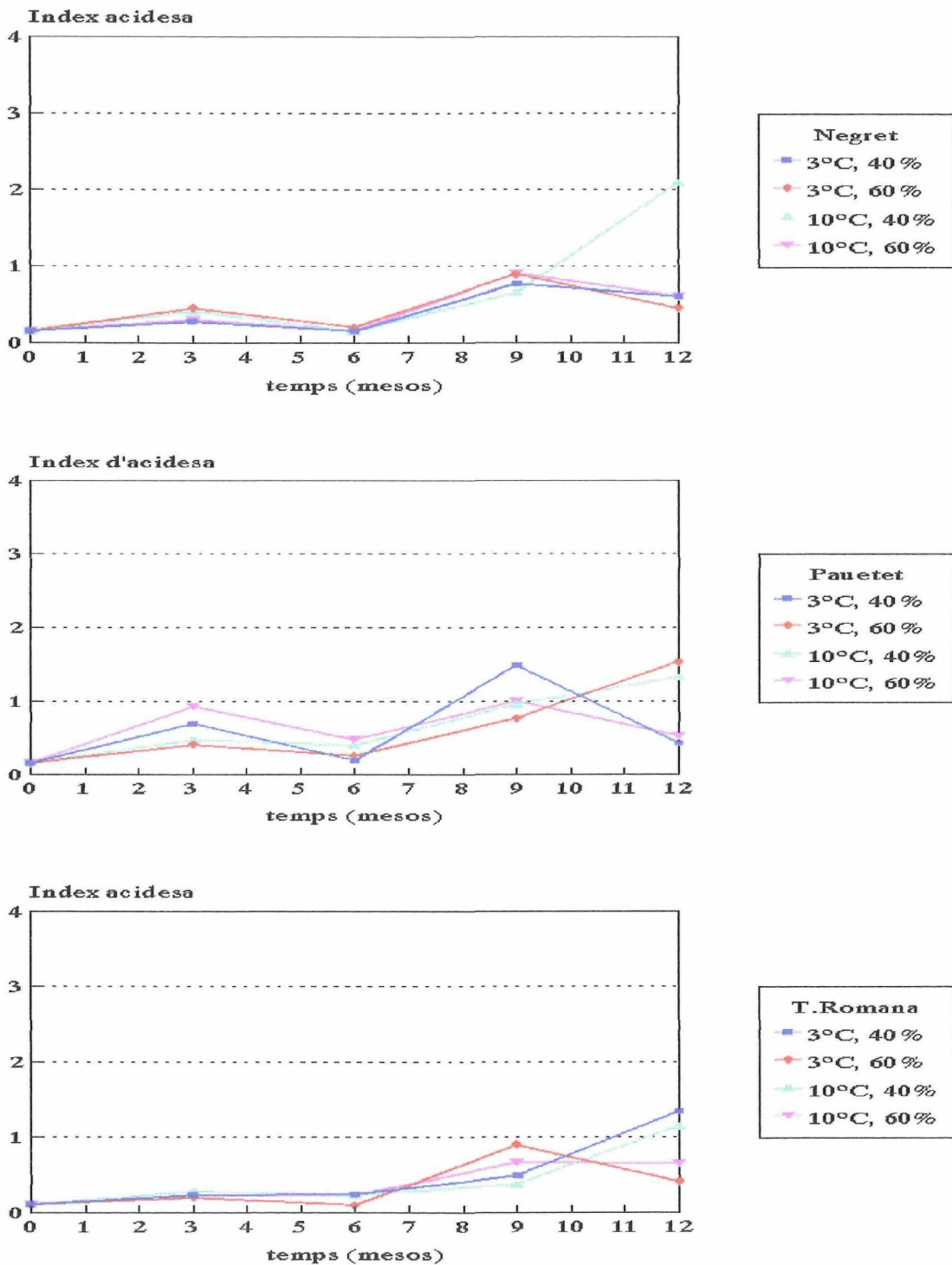
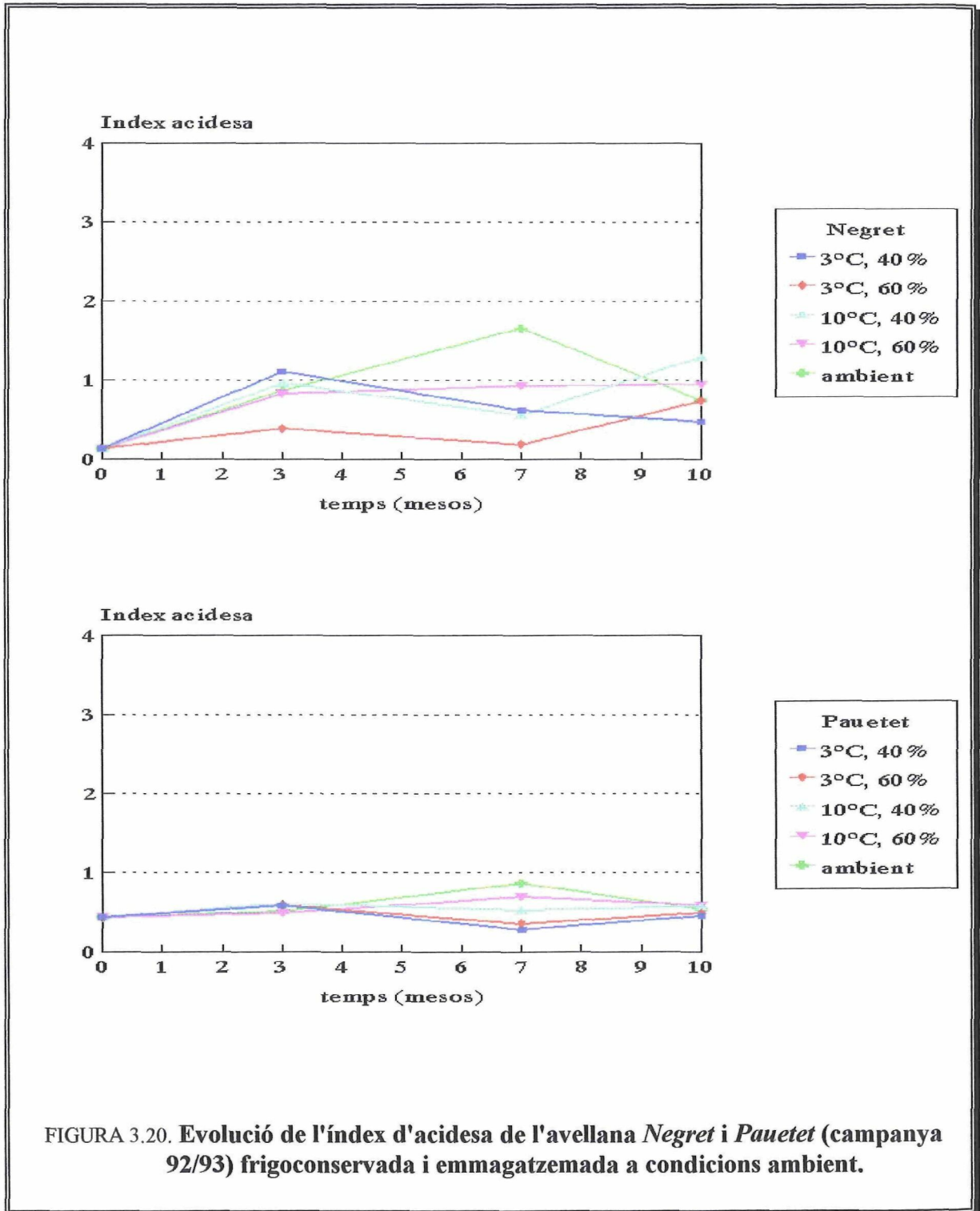


FIGURA 3.19. Evolució de l'índex d'acidesa de l'avellana *Negret*, *Pauetet* i *Tonda Romana* (campanya 91/92) frigoconservada.



TAULA 3.25. Valors de F obtinguts en l'anàlisi de la varianza (ANOVA) de l'índex d'acidesa de l'avellana frigoconservada.

Font de variació	F (3 mesos)	F (final)
Factors principals:		
Varietat	1,947 NS	3,145 NS
Temperatura	0,030 NS	0,906 NS
Humitat relativa	0,145 NS	0,105 NS
Interaccions:		
Varietat x Temperatura	0,350 NS	0,538 NS
Varietat x Humitat relativa	0,047 NS	0,531 NS
Temperatura x Humitat relativa	0,029 NS	0,169 NS
Varietat x Temperatura x Humitat relativa	0,094 NS	0,236 NS

\*\* significatiu al 99% \* significatiu al 95% NS no significatiu

TAULA 3.26. Separació de mitges (LSD) segons els factors varietat, temperatura i humitat relativa, de l'índex d'acidesa de l'avellana frigoconservada.

		MITJA (3 mesos)	MITJA (final)
Varietat:	<i>Negret</i>	1,108 ± 0,196	1,293 ± 0,185
	<i>Pauletet</i>	0,688 ± 0,196	0,720 ± 0,185
	<i>Tonda Romana</i>	0,546 ± 0,240	0,685 ± 0,227
Temperatura:	3°C	0,759 ± 0,173	0,789 ± 0,163
	10°C	0,802 ± 0,173	1,009 ± 0,163
Humitat relativa:	40%	0,827 ± 0,173	0,937 ± 0,163
	60%	0,734 ± 0,173	0,862 ± 0,163