



 **MEDIDA DEL FRÍO INVERNAL
EN TENERIFE EN BASE DEL
MODELO DINÁMICO**

**María Encarnación Velázquez Varrera
Ramón López Frías
Clemente Méndez Hernández**



Esta publicación es gratuita.

Se autoriza su reproducción mencionando a sus autores:

María Encarnación Velázquez Varrera
Ramón López Frías
Clemente Méndez Hernández
(Excmo. Cabildo Insular de Tenerife)

INTRODUCCIÓN

El frío invernal es esencial para los frutales templados (manzanos, perales, melocotones, ciruelos, nogales, almendros, etc.). La falta de ese frío supone un problema para su correcto desarrollo y producción, presentando síntomas como escasa e irregular brotación de yemas, la que en muchas ocasiones se produce con retraso, escasez de floración y cuajado, etc. Muchos de estos síntomas se han detectado en Tenerife en este tipo de frutales, sobre todo en años cálidos y en frutales plantados en zonas no óptimas para su cultivo.

Para conocer la cantidad de frío efectivo para los frutales en una zona hay diversos métodos:

- Horas que pasa el frutal entre 0 y 7,2°C (Weinbenger, 1950). Es el método más simple de todos, y es ampliamente utilizado para determinar la cantidad de frío necesaria para un determinado frutal.
- Modelo Utah (Richardson *et al.*, 1974). Tiene por efectivas las temperaturas entre 2,5 y 9,1°C, mientras que las de fuera del rango restarían efecto. En muchas zonas subtropicales produce inviernos negativos (Luedeling y Brown, 2011), por lo que no se aplicará en esta experiencia.
- Modelo Dinámico (Fishman *et al.*, 1987). Es un modelo matemático basado en los siguientes principios (Erez, 2000):
 - El mayor efecto lo tiene la temperatura de 6°C, alcanzando un valor 0 sobre los -2°C y los 14°C.
 - La acumulación de frío consta de dos pasos. El primero es reversible, acumulándose un intermediario cuyo nivel se reduce si se producen altas temperaturas. En el segundo paso se produce una fijación estable del producto, inducida automáticamente una vez el intermediario alcanza un nivel crítico.
 - A cada temperatura se obtiene un valor específico del intermediario, y representa el equilibrio entre su producción y su destrucción.

OBJETIVO

El modelo a utilizar para cuantificar el frío invernal es fundamental, ya que la variación entre ellos es muy importante, sobre todo en determinados climas. El Modelo Dinámico es citado por muchos autores (Albuquerque *et al.*, 2008; Darbyshire y Goodwin, 2014; Erez, 2000; Erez *et al.*, 1988; Erez *et al.*, 1990; Luedeling y Brown, 2011; Pérez *et al.*, 2008) como el más adecuado, sobre todo para climas subtropicales como el nuestro. Es por ello por lo que, desde el Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife, se decide **aplicar el Modelo Dinámico en la Red de Estaciones Meteorológicas del Cabildo para determinar las zonas potenciales de plantación de frutales templados**, en pos de ser una ayuda de cara al asesoramiento y la planificación de este tipo de cultivos en la Isla.

MATERIAL Y MÉTODOS

El Modelo Dinámico ha sido aplicado en todas las estaciones del Cabildo Insular de Tenerife, en cada año con registros de temperatura entre 2000 y 2014, durante el período de noviembre a marzo, promediándose los datos obtenidos. Para la realización de los cálculos se ha utilizado el software disponible en la red de la Universidad de California, Davis (ucdavis.edu). Se ha comenzado en el mes de noviembre debido a que en esa época la mayoría de los frutales ya han empezado a perder la hoja, y se ha terminado en marzo ya que en la Isla en ese mes todavía continúan las bajas temperaturas y la brotación de los frutales más tardíos (normalmente manzanos) no suele producirse hasta abril o mayo.

Las ecuaciones empleadas para el cálculo de las porciones de frío (CP), según el Modelo Dinámico, son las siguientes (Erez *et al.*, 1988):

$$x^i = \frac{e^{\frac{a_1 \cdot T_{\text{act}} - T_{\text{crit}}}{T_k}}}{1 + e^{\frac{a_1 \cdot T_{\text{act}} - T_{\text{crit}}}{T_k}}}$$

$$x_s = \frac{a_0}{a_1} \cdot e^{\frac{a_1 - a_0}{T_k}}$$

$$ak_1 = a_1 \cdot e^{\frac{a_1}{T_k}}$$

$$inter_E = x_s - (x_s - inter_S) \cdot e^{-ak_1}$$

$$inter_S = \begin{cases} t = t_0 & : & 0 \\ t > t_0 & \text{inter}_{E_{t-1}} < 1 & : & inter_{E_{t-1}} \\ t > t_0 & \text{inter}_{E_{t-1}} \geq 1 & : & inter_{E_{t-1}} \cdot (1 - x_1) \end{cases}$$

$$delt = \begin{cases} t = t_0 & : & 0 \\ t > t_0 & \text{inter}_{E_{t-1}} < 1 & : & 0 \\ t > t_0 & \text{inter}_{E_{t-1}} \geq 1 & : & x_i \cdot inter_E \end{cases}$$

$$CP_t = \begin{cases} t = t_0 & : & delt \\ t \geq t_0 & : & delt + CP_{t-1} \end{cases}$$

Donde: Tk: temperatura media horaria en Kelvin
slp: 1,6
tetmlt: 277
a₀: 139500
a₁: 2,567x10¹⁸
e₀: 4153,5
e₁: 12888,8
CP: porciones de frío acumuladas (en inglés *chill portion*)

Se han utilizado los valores estándar de las constantes, ya que aunque la idea inicial de los autores del método era ajustar estas constantes para cada especie, no se ha llevado a cabo (Luedeling y Brown, 2011).

Además, también se han obtenido las horas bajo 7,2°C de dichas estaciones para comparar con el modelo tradicionalmente utilizado para determinar los requerimientos de frío de los frutales.

En el Macizo de Anaga, las estaciones son de reciente instalación, no contando con los registros necesarios para la aplicación del Modelo. Esa es la razón por la que figura como zona con menos de 12 CP tras la aplicación del Modelo Dinámico (Mapa 1), lo que no se corresponde con la realidad, ya que las temperaturas invernales en cotas medias y altas suelen ser bajas, y frutales templados como manzanos crecen allí de forma satisfactoria. Se han eliminado del Mapa las estaciones de esta zona.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se pueden observar los resultados de la aplicación del Modelo Dinámico y de las horas bajo 7,2°C en la Red de Estaciones Meteorológicas del Cabildo Insular de Tenerife.

Tabla 1. Resultados de la aplicación del Modelo Dinámico en la Red de Estaciones Meteorológicas del Cabildo Insular de Tenerife (Moddin nov-mar), y comparación con las horas bajo 7,2°C (HF nov-mar). Los colores se identifican con la zonificación que figura en el Mapa 1.

NOMBRE	ALTITUD	MODDIN nov-mar (CP)	HF nov-mar
URSUALTA	893	103	831
GAITERO_MA	1744	102	1461
CHAVAO_MA	2071	99	1030
AGUAMANSA_MA	1065	98	1096
TOPO_MA	1833	96	817
PICACHO_MA	1654	89	793
BENIJTH	906	88	395
RAVELO01	922	83	384
VILAFLO	1258	81	686
GUIATH	1032	81	610
HOYOSTH	990	80	277
GALECUBO	880	79	128
ELROSARIO	655	68	57
HELECHO1	930	64	94
TACORTH	694	64	103
ORTIZ	725	62	104
PINALTH	850	61	125
REALETH	800	59	13
MATANTH	650	59	60
REDONTH	525	59	87
VICTOTH	825	50	13
PALOBTH	595	48	2
CHIOTH	735	47	25
PALMATH	556	42	30
ANAVISTH	700	37	3
URSULATH	550	34	2
SUERTETH	551	34	1
POZOTH	700	27	2
URSUMEDI	530	26	0
LLANITOP	475	22	1
SMIGTH	505	20	1
ABONACOP	410	15	0
MENATH	500	12	0
ARAYA	525	12	0
ICOR	381	11	0
TRIGOTH	450	10	0
URSUBAJA	205	8	0
RATINO01	380	8	0
GUIAIS01	422	7	0
TEGUESTE	400	5	0
BADAJTH	430	5	0
OROTAV01	214	2	0
TOPONEGR	280	2	0
TAGANANA	300	2	0
DRAGO	220	1	0
SILOS	50	1	0
HOYA GRANDE	130	1	0
SANTA CRUZ	136	0	0
GALLETAS	95	0	0
TEJINA01	69	0	0
GUANCHA	17	0	0
ALCALA	30	0	0
ARICO_01	135	0	0
IGUESTE	75	0	0

Como puede observarse en la Tabla anterior, no existe correlación entre los dos modelos aplicados. Muchas estaciones registran muy poco tiempo bajo 7,2°C, mientras que tienen un considerable número de porciones de frío (CP). Ejemplo de ello es la estación “Realeth”, con una media de 13 horas bajo 7,2°C en 9 años de registro. En función de la Tabla 2, en esa zona no se podría cultivar ningún frutal templado con un adecuado reposo invernal y, por tanto, una adecuada brotación. Sin embargo, con la aplicación del Modelo Dinámico, esta estación acumula una media de 59 CP, pudiéndose cultivar, en base al frío invernal, frutales de pepita de medias necesidades de frío (por ejemplo manzanos Golden Delicious o Granny Smith) o muchos frutales de hueso de altas necesidades (ver Tabla 3), tal y como ocurre en la realidad.

Tabla 2. Necesidades de frío invernal de los frutales caducifolios, expresado en horas bajo 7,2°C. Autor: Espada (2010)

Especie	Mínimo	Máximo
Almendro	100	500
Avellano	800	1600
Ciruelo europeo	700	1600
Ciruelo japonés	100-600	1000
Albaricoquero	200-500	900
Melocotonero**	100-400	1100
Cerezo	500-800	1500
Manzano	200-800	1700
Membrillero	100	500
Nogal*	400	1500
Peral	500	1500
Vid	100-500	1400

***Las variedades californianas tienen requerimientos de 300 HF*

** Las más difundidas entre 600-800 HF*

A pesar de que, como se ha comentado, el Modelo Dinámico ha resultado el más satisfactorio para climas cálidos, así como ha dado resultados aceptables también para climas más fríos (Luedeling y Brown, 2011), en gran parte de la bibliografía se expresan los requerimientos de frío en horas bajo 7,2°C. Se exponen en la Tabla 3 las necesidades de frío invernal expresadas en Porciones de frío encontradas en bibliografía, referentes a las especies y variedades más importantes para la Isla (actual

o potencialmente). Estos valores no son más que aproximaciones, ya que los requerimientos varietales difieren algo según las zonas (Campoy *et al.*, 2012).

Tabla 3. Requerimientos de frío invernal expresados en porciones de frío (CP) del Modelo Dinámico. Los colores se identifican con la zonificación que figura en el Mapa 1.

FRUTAL		Chill Portions (CP)	Fuente
FRUTALES DE PEPITA	Bajas necesidades	<30	UCDavis
	Medias necesidades	30-70	
	Altas necesidades	>70	
Manzanos:			
Golden Delicious, Granny Smith, Gala, Braeburn, Fuji		50	UCDavis
FRUTALES DE HUESO	Bajas necesidades	<12	UCDavis
	Medias necesidades	12-30	
	Altas necesidades	>30	
Melocotoneros:			
Flordaprince		8	Erez (2000)
Earligrande		12	
Nectarinos:			
Aprilglo		12	UCDavis
Flavortop		35	Erez (2000)
Fantasía		42	
Albaricoqueros:			
Canino		25-30	UCDavis
Currot		34-40	
Rojo Pasión		48-51	
Bulida		54-56	
Cerezos:			
Cristobalina		30	Alburquerque <i>et al.</i> (2008) Erez (2000)
Lapins		35	
Brooks		37	
Burlat		48	Alburquerque <i>et al.</i> (2008)
New Star		54	
FRUTOS SECOS			
Almendros:			
Desmayo Largueta		28	UCDavis
Ferragnes		32	
Nogales:			
Chandler		45-50	UCDavis

Es importante destacar un dato: la zona tradicional de cultivo del durazno Ramblero, variedad local de la zona norte de la Isla (fundamentalmente de la franja comprendida entre costa y medianías de los municipios de Los Realejos, San Juan de la Rambla e Icod de los Vinos), no acumula prácticamente frío. Las estaciones de referencia son Drago y Guancha, pudiéndose observar en la Tabla 1 que la media de todos los años desde que existen registros es de 1 y 0 CP, respectivamente. Se traduce de estos datos que el durazno Ramblero es un melocotón con escasos

requerimientos de frío, lo que supone un patrimonio genético importantísimo. Erez (2000) cifra en 8 CP las necesarias por Flordaprince, el melocotón con menores requerimientos de frío citado por él, cifrando en 12 CP las necesidades generales de los melocotones de muy bajas necesidades de frío.

A partir de aproximadamente los 400-450 msnm se alcanzarían las 12 CP citadas por Erez (200) para las variedades de melocotonero y nectarino de muy bajas necesidades de frío, aumentando las porciones de frío con la altitud, hasta los 800 msnm en el norte y 950 msnm en el sur aproximadamente, donde se superarían las 70 CP citadas por el mismo autor para las variedades de cereza y manzana de mayor requerimiento.

La zonificación obtenida mediante la aplicación del Método Dinámico y la interpolación de sus valores mediante herramientas de Sistema de Información Geográfica, figura en el Mapa 1.

- Zona de menos de 12 CP: Adecuada para cultivos tropicales y subtropicales. Además, se podrán cultivar duraznos locales adaptados a estas zonas, como el durazno Ramblero o el durazno Negro, así como melocotones tipo Florida de muy bajas necesidades de frío y tradicionalmente cultivados en esas zonas. Corresponde a zonas bajas hasta una altitud máxima de 400 msnm en el norte de la Isla y 450 msnm en el sur, aproximadamente.
- Zonas de 12-30 CP: Adecuada para frutales de hueso de medias necesidades de frío (ucdavis.edu), como algunas ciruelos y melocotoneros. También adecuada para frutales de pepita de bajas necesidades, como los manzanos Anna y Dorsett Golden, y las variedades de peral adaptadas a esta zona tradicionalmente cultivadas. Corresponde a zonas comprendidas entre 400 y 550 msnm en el norte y 450 y 700 msnm en el sur, aproximadamente.
- Zonas de 30-50 CP: Adecuada para frutales de hueso de altas necesidades de frío, en función de estas, de muchos almendros y otros frutos secos, así como también para los frutales de la franja anterior. Corresponde a zonas comprendidas entre 500 y 600 msnm en la zona norte y los 700-750 msnm en la zona sur, aproximadamente. Como se observa, el límite es muy corto con la franja anterior, por lo que es conveniente observar los frutales existentes en la zona para poder asesorar adecuadamente.
- Zonas de 50-70 CP: Adecuada para la mayoría de frutales templados, salvo los manzanos y cerezos de altas necesidades de frío. En esta franja se cumplirían

los requerimientos de frío de muchas variedades de manzano, albaricoqueros, cerezos, nogales, etc. Corresponde a la franja comprendida entre 650-800 msnm en el norte de la Isla y 750-950 msnm en el sur.

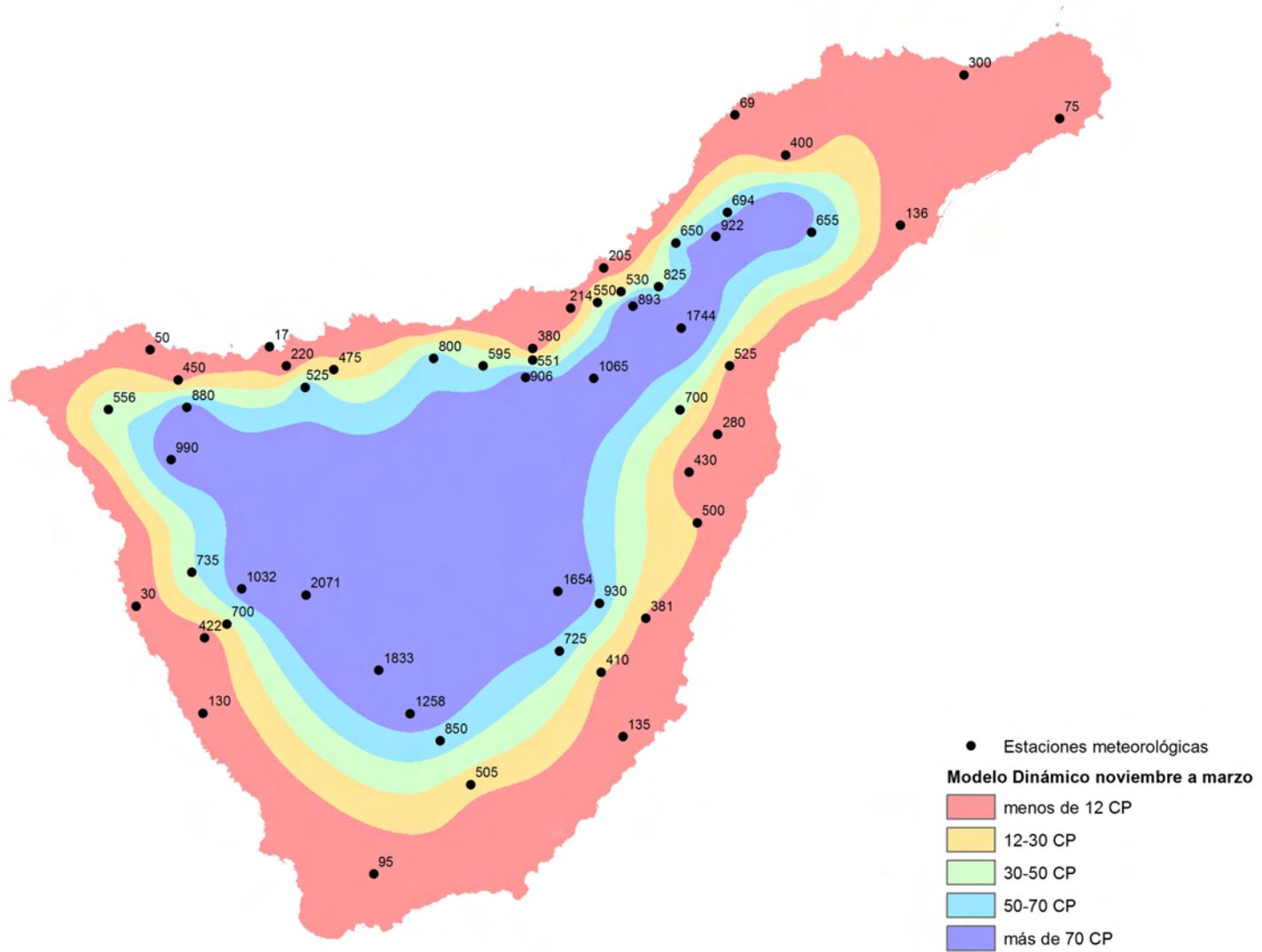
- Zonas de más de 70 CP: Además de los frutales de la franja anterior, se pueden plantar los manzanos y cerezos de altas necesidades en frío. Corresponde a las cotas más altas de la Isla, con límite inferior en la zona 50-70 CP.

La zonificación mediante el Modelo Dinámico se ajusta bastante a lo observado sobre el terreno en Tenerife, tal y como se puede observar en la Tabla 4.

Tabla 4. Distribución habitual de los frutales templados en Tenerife (Velázquez, 2014).

Frutales	Distribución altitudinal más frecuente	Zonas tradicionales de relevancia
Manzanos	A partir de los 700 msnm (salvo nuevas variedades de muy bajos requerimientos de frío)	- Altos de El Sauzal, Tacoronte - Valle de La Orotava
Perales	A partir de los 400 msnm	- Tegueste - Buenavista
Ciruelos	A partir de los 400 msnm	A lo largo de toda la geografía insular
Durazneros	-Tradicionales o tipo Florida: desde el nivel del mar -Comerciales: a partir de 400 msnm	San Juan de la Rambla, La Guancha, Los Realejos
Almendros	A partir de los 700 msnm	Santiago del Teide, Guía de Isora, Vilaflor, Granadilla, Arafo
Higueras	Todas las altitudes	A lo largo de toda la geografía insular
Castañeros	A partir de los 400 msnm	- Comarca de Acentejo - Valle de La Orotava - Arafo

Hay que tener en cuenta que los datos presentados en este informe, como se ha comentado anteriormente, son aproximaciones, no pudiéndose comprobar la correcta o incorrecta brotación de los frutales en determinada zona hasta que se mida *in situ*. Además, hay que tener en cuenta que en este documento sólo se ha tenido en cuenta el frío invernal, habiendo muchos otros factores que influyen en un cultivo y su viabilidad, tales como un disponibilidad de material vegetal adecuado, buen manejo del cultivo, propiedades del suelo, disponibilidad de agua de riego, estado sanitario, etc.



BIBLIOGRAFÍA

- Alburquerque, N., García Montiel, F., Carrillo, A. y Burgos, L. (2008). *Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements*. Environmental and Experimental Botany.
- Campoy, J.A., Ruiz, D., Alldeman, L., Cook, N. y Egea, J. (2012). *The fulfilment of chilling requirements and the adaptation of apricot (Prunus armeniaca L.) in warm winter climates: An approach in Murcia (Spain) and the Western Cape (South Africa)*. European Journal of Agronomy 37, 43-45.
- Darbyshire, R. y Goodwin, I. (2014). *Winter chill and fruit trees*. Primary Industries Climate Challenges Centre. 4 pp.
- Erez, A. (2000). *Temperate fruit crops in warm climates*. Kluwer Academic Publishers. p: 17-48.
- Erez, A., Fishman, S., Gat, Z y Couvillon, G.A. (1988). *Evaluation of winter climate for breaking bud rest using the dynamic model*. Acta Horticulturae 232, 76-89.
- Erez, A., Fishman, S., Linsley-Noakes, G.C. y Allan, P (1990). *The dynamic model for rest completion in peach buds*. Acta Horticulturae 276, 165-174.
- Espada Carbó, J.L. (2010). *Necesidades de frío invernal en los frutales caducifolios*. Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón 224.
- Fishman, S., Erez, A. y Couvillon, G.A. (1987). *The temperature dependence of dormancy breaking in plants: Mathematical análisis of a two-step model involving a cooperative transition*. Journal of Theoretical Biology 124, 473-483.
- Luedeling, E. y Brown, P.H. (2011). *A global analysis of the comparability of winter chill models for fruit and nut trees*. International Journal of Biometeorology 55, 411-422.
- Pérez, F.J., Ormeño N., J., Reynaert, B. y Rubio, S. (2008). *Use of the dynamic model for the assessment of winter chilling in a temperate and a subtropical climatic zone of Chile*. Chilean Journal of Agricultural Research 68: 198-206.
- Richardson, E.A., Seeley, S.D. y Walker, D.R. (1974). *A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta peach trees*. HortScience 9, 331-332.
- Universidad de California, Davis. www.ucdavis.edu [consultado: 27-07-2014]
- Velázquez Barrera, M.E. (2014). *La fruticultura templada en Tenerife*. Revista Mundo Rural de Tenerife 14, 6-8.
- Weinberger, J.H. (1950). *Chilling requirements of peach varieties*. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 56, 122-128.



Oficinas de Extensión Agraria y Desarrollo Rural

Oficina	Dirección	Teléfono	e-mail
Ud. Central S/C de Tenerife	C/ Alcalde Mandillo Tejera, 8.	922 239 275	servicioagr@tenerife.es
La Laguna	Plaza del Adelantado, 11 Ed. Apartamentos Nivaria	922 257 153	aeall@tenerife.es
Tejina	C/ Palermo, 2.	922 546 311	aeate@tenerife.es
Tacoronte	Ctra. Tacoronte-Tejina, 15	922 573 310	aeata@tenerife.es
La Orotava	Plaza de la Constitución, 4.	922 440 009	aealao@tenerife.es
Icod de los Vinos	C/ Key Muñoz, 5	922 815 700	aeaicod@tenerife.es
S.J. de la Rambla	Avda. 19 de marzo, San José	922 360 721	aeaicod@tenerife.es
El Tanque	C/ Pedro Pérez González s/n.	922 136 318	aeaicod@tenerife.es
Buenavista del Norte	C/ El Horno, 1.	922 129 000	aeabu@tenerife.es
Guía de Isora	Avda. de la Constitución s/n.	922 850 877	aeagi@tenerife.es
Valle San Lorenzo	Ctra. General, 122.	922 767 001	aeavsl@tenerife.es
Granadilla de Abona	San Antonio, 13.	922 774 400	aeagr@tenerife.es
Vilaflor	Avda. Hermano Pedro, 22.	922 709 097	aeagr@tenerife.es
Arico	C/ Benítez de Lugo, 1.	922 161 390	aeaar@tenerife.es
Fasnia	Ctra. Los Roques, 21.	922 530 058	aeaf@tenerife.es
Güímar	Plaza del Ayuntamiento, 8.	922 514 500	aeaguimar@tenerife.es
C.C.B.A.T.	C/Retama 2, Puerto de la Cruz Jardín Botánico	922 573 110	ccbiodiversidad@tenerife.es

Síguenos en:

www.agrocabildo.com

