

Valoración económica del CO₂ absorbido por la vegetación en los municipios de la provincia de Sevilla

Josefa María Rodríguez Mellado

Consultora Ambiental Freelance

josefarm7@hotmail.com

Francisco Rivero Pallarés

Profesor de Enseñanza Secundaria

friverop@hotmail.com

RESUMEN

Se establece una metodología que permite valorar económicamente el CO₂ absorbido por la vegetación no agrícola de un término municipal. Esta metodología se aplica a los municipios de la provincia de Sevilla. Los resultados muestran que los municipios rurales absorben más CO₂ que el que emiten. Se puede establecer como regla general que los municipios más alejados de la capital de la provincia, que conservan más vegetación natural, que tienen poco suelo agrícola, con baja densidad de población y que tienen una baja renta declarada actúan como sumideros de CO₂. La valoración económica de este CO₂ plantea una posible compensación hacia municipios que han estado deprimidos económicamente por diferentes causas.

Los resultados muestran como a una mayor población le corresponde una mayor cantidad de emisiones de CO₂. También muestran que no hay una buena correlación entre las emisiones de CO₂ y la renta declarada. Estos datos sugieren que los municipios sevillanos realizan actividades generadoras de CO₂, pero son actividades que no generan riqueza económica.

Los municipios sumideros de CO₂ se caracterizan por tener unas bajas emisiones de CO₂ y porque conservan grandes zonas con vegetación natural de alto valor ecológico, catalogadas varias de ellas con alguna figura de protección. Los ecosistemas que destacan en estos municipios son las marismas del Guadalquivir, la vegetación de ribera, los encinares y las dehesas serranas, principalmente los de la Sierra Norte de Sevilla, y amplias zonas de matorral mediterráneo.

La posible compensación económica hacia estos municipios rurales debería dedicarse, entre otras actuaciones, para: aumentar y mejorar la vegetación urbana, aumentar la superficie dedicada a la agricultura ecológica y a la ganadería extensiva, aumentar y mejorar las zonas con vegetación natural, fomentar las actividades relacionadas con la naturaleza, potenciar los trabajos y los productos tradicionales de las zonas rurales.

PALABRAS CLAVE

Contabilidad de CO₂, Emisiones de CO₂, Sumideros de CO₂, Valoración económica del CO₂, Municipios rurales.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene como objetivo realizar un análisis económico del CO₂ absorbido por la vegetación no agrícola en los municipios de la provincia de Sevilla. Todos los municipios tienen una serie de usos y coberturas vegetales en su término municipal que absorben CO₂, contribuyendo a mitigar los efectos del cambio climático. Un municipio tiene cuatro grandes grupos de vegetación:

1. Superficies edificadas e infraestructuras
2. Zonas húmedas y superficies de agua
3. Territorios agrícolas
4. Áreas forestales

Los grupos 1, 2, y 4 están formados por una vegetación que no tiene interés económico inmediato.

El grupo 1 tiene una vegetación formada principalmente por el denominado verde urbano, por las zonas verdes y por toda aquella vegetación que crece en las zonas antropizadas. Es una vegetación con un interés puramente estético y recreativo, no produce un beneficio económico directo.

El grupo 2 está formado por la vegetación asociada a los ecosistemas acuáticos, tanto marinos como de agua dulce.

El grupo 4 contiene toda la vegetación perteneciente a los ecosistemas forestales. Algunos de estos ecosistemas pueden tener un aprovechamiento económico, pero son aprovechamientos que no requieren una modificación drástica del ecosistema, sólo pequeños trabajos de mantenimiento, si es que se realizan.

El grupo 3 está formado por la vegetación cultivada. Se ha producido la sustitución de los ecosistemas naturales por los diferentes cultivos para conseguir una rentabilidad económica clara.

Este trabajo cuantifica el CO₂ emitido por las diferentes actividades económicas de un término municipal, y el CO₂ absorbido por la vegetación no agrícola (grupos 1, 2, y 4) presente en ese mismo término municipal. Se establece el saldo de CO₂ del término municipal como la diferencia entre el CO₂ absorbido y el CO₂ emitido. Se establece una valoración económica de este saldo de CO₂ y se realiza un análisis de todos estos datos y su relación con la renta declarada.

METODOLOGÍA

Emissiones de CO₂

Los datos de emisiones de CO₂ son los correspondientes al año 2010 y están publicados por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Las emisiones vienen

desglosadas por municipios y por actividades. Sólo se han considerado las emisiones de CO₂ y no las emisiones de los otros gases de efecto invernadero, ya que el CO₂ es el único de estos gases que las plantas pueden metabolizar directamente. Los datos de emisiones vienen expresados en toneladas de CO₂ por año.

Las emisiones totales de un término municipal se obtienen sumando las emisiones de cada una de las actividades que se realizan en dicho término municipal. Es decir:

$$CO_{2(p)} = \sum CO_{2(i)} \quad (1)$$

Donde $CO_{2(p)}$ es el CO₂ total producido o emitido en el término municipal, y $CO_{2(i)}$ es el CO₂ producido por la actividad i .

Usos y coberturas vegetales

Los usos y coberturas vegetales que se consideran son los definidos por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, y se corresponden al año 2007. Los datos de usos y coberturas vegetales vienen expresados en hectáreas

Absorción de CO₂

Los datos de absorción de CO₂ usados son los publicados por Rivero y Rodríguez Mellado (2008) y Rodríguez Mellado y Rivero (2009). Los datos de absorción de CO₂ vienen expresados en toneladas de CO₂ por hectárea y año.

La absorción total de CO₂ de un término municipal se obtiene mediante la expresión:

$$CO_{2(a)} = \sum S_i \cdot PPN_i \quad (2)$$

Donde $CO_{2(a)}$ es el CO₂ absorbido en el término municipal, S_i es la superficie que ocupa la cobertura vegetal i , y PPN_i es el CO₂ absorbido por la cobertura vegetal i .

Saldo de CO₂ de un municipio

El saldo de CO₂ de un municipio se obtiene como la diferencia entre el CO₂ absorbido y el CO₂ emitido, según la expresión:

$$CO_{2(t)} = CO_{2(a)} - CO_{2(p)} \quad (3)$$

Y viene expresado en toneladas. También se define la función:

$$f(CO_2) = \ln \frac{CO_{2(a)}}{CO_{2(p)}} \quad (4)$$

Esta función es el logaritmo neperiano del cociente entre las toneladas de CO₂ absorbido y las toneladas de CO₂ producido. Se define para tener un manejo más fácil de los números.

Se calcula la media ponderada de esta función según la población de cada municipio mediante la expresión:

$$f(CO_2)_{med} = \frac{1}{N_t} \sum_{i=1}^{i=n} f(CO_2)_i \cdot N_{hi} \quad (5)$$

Donde $f(CO_2)_{med}$ es el valor medio de la función de CO₂, $f(CO_2)_i$ es el valor de la función de CO₂ en el municipio i , N_{hi} es el número de habitantes del municipio i , N_t es el número total de habitantes de la provincia de Sevilla.

La varianza ponderada se calcula según la expresión:

$$Var = \frac{1}{N_t} \sum_{i=1}^{i=n} (f(CO_2)_i - f(CO_2)_{med})^2 \cdot N_{hi} \quad (6)$$

Dónde: Var es la varianza para la función de CO₂, y los demás variables significan lo mismo que en la expresión (5).

Para calcular la mediana se considera la mitad del total de población de la provincia, se ordenan los municipios por el valor de la función de CO₂, se van sumando los habitantes y se ve en cuál de los municipios alcanza ese número de habitantes acumulado. El valor de la mediana es el valor de la función de CO₂ en dicho municipio.

Renta Declarada

Los datos de Renta Declarada se han obtenido del Anuario Estadístico de la Provincia de Sevilla del año 2014. Vienen expresados en euros. Se considera la Renta Declarada porque es el dinero que realmente está disponible para las personas. El Producto Interior Bruto considera la actividad económica en bloque, pero no refleja la casuística concreta de zonas, regiones, o municipios definidos con un mayor grado de precisión.

Valoración económica del CO₂

La Ley 16/2013, de 29 de Octubre, por la que se establecen determinadas medidas tributarias y financieras establece el cálculo del impuesto de gases de efecto invernadero. Se recoge que el valor del impuesto se obtiene como el producto de 0,02 por el Potencial de Calentamiento Global (PCG). En el caso del CO₂, el PCG vale 1, por lo que se obtiene un valor económico de 20 €/tonelada de CO₂.

La valoración económica para el saldo de CO₂ de un municipio se obtiene multiplicando dicho saldo por 20, es decir:

$$V_E = 20 \cdot CO_{2(t)} \quad (7)$$

RESULTADOS

Las tablas 1(a), 1(b), y 1(c) muestran los valores correspondientes al CO₂ absorbido y emitido, la diferencia entre ambos, el valor económico asignado y la Renta Declarada para los municipios de la provincia de Sevilla. También muestran en valor de la función $f(\text{CO}_2)$ y los valores de los logaritmos neperianos tanto del CO₂ emitido como de la Renta Declarada para cada municipio de la provincia de Sevilla.

MUNICIPIO	CO _{2(a)}	CO _{2(p)}	f(CO ₂)	CO _{2(t)}	V _E	Renta Declarada	LN CO _{2(p)}	LN (Renta)
Aguadulce	393,04	18.569,55	-3,86	-18.176,51	-363.530,20	9.315.595	9,83	16,05
Alanís	243.003,24	9.902,00	3,20	233.101,24	4.662.024,80	6.681.850	9,20	15,71
Albaida del Aljarafe	200,27	3.126,96	-2,75	-2.926,69	-58.533,80	14.732.274	8,05	16,51
Alcalá de Guadaíra	32.125,06	1.117.444,92	-3,55	-1.085.319,86	-21.706.397,20	465.860.406	13,93	19,96
Alcalá del Río	10.388,03	26.688,80	-0,94	-16.300,77	-326.015,40	57.490.384	10,19	17,87
Alcolea del Río	8.999,66	6.815,51	0,28	2.184,15	43.683,00	12.031.781	8,83	16,30
Algaba (La)	1.784,99	13.658,39	-2,03	-11.873,40	-237.468,00	85.080.829	9,52	18,26
Algámitas	6.676,82	2.816,68	0,86	3.860,14	77.202,80	4.816.885	7,94	15,39
Almadén de la Plata	236.050,40	7.626,03	3,43	228.424,37	4.568.487,40	5.532.583	8,94	15,53
Almensilla	1.040,84	5.405,66	-1,65	-4.364,82	-87.296,40	45.169.012	8,60	17,63
Arahal (El)	7.603,94	56.699,38	-2,01	-49.095,44	-981.908,80	86.214.822	10,95	18,27
Aznalcazar	414.133,23	26.847,51	2,74	387.285,72	7.745.714,40	20.915.080	10,20	16,86
Aznalcollar	94.132,82	13.489,30	1,94	80.643,52	1.612.870,40	27.625.359	9,51	17,13
Badolatosa	9.791,81	6.869,58	0,35	2.922,23	58.444,60	9.878.005	8,83	16,11
Benacazón	2.521,75	17.030,11	-1,91	-14.508,36	-290.167,20	35.808.606	9,74	17,39
Bollullos de la Mitación	8.579,67	19.026,75	-0,80	-10.447,08	-208.941,60	71.181.266	9,85	18,08
Bormujos	1.536,77	25.416,28	-2,81	-23.879,51	-477.590,20	191.298.859	10,14	19,07
Brenes	1.851,38	45.727,16	-3,21	-43.875,78	-877.515,60	52.347.820	10,73	17,77
Burguillos	13.394,61	7.195,09	0,62	6.199,52	123.990,40	29.910.966	8,88	17,21
Cabezas de San Juan (Las)	11.052,91	72.381,46	-1,88	-61.328,55	-1.226.571,00	61.211.569	11,19	17,93
Camas	1.198,65	49.824,59	-3,73	-48.625,94	-972.518,80	184.488.715	10,82	19,03
Campana (La)	4.959,56	25.896,44	-1,65	-20.936,88	-418.737,60	16.751.310	10,16	16,63
Cantillana	37.207,13	16.412,46	0,82	20.794,67	415.893,40	41.780.498	9,71	17,55
Cañada Rosal	503,74	5.800,72	-2,44	-5.296,98	-105.939,60	14.587.806	8,67	16,50
Carmona	40.676,35	201.200,63	-1,60	-160.524,28	-3.210.485,60	150.955.484	12,21	18,83
Carrión de los Céspedes	414,14	9.855,54	-3,17	-9.441,40	-188.828,00	11.436.391	9,20	16,25
Casariche	1.753,40	10.513,43	-1,79	-8.760,03	-175.200,60	21.114.765	9,26	16,87
Castilblanco de los Arroyos	293.936,86	12.092,77	3,19	281.844,09	5.636.881,80	18.955.491	9,40	16,76
Castilleja de Guzmán	116,84	2.343,75	-3,00	-2.226,91	-44.538,20	29.632.117	7,76	17,20
Castilleja de la Cuesta	371,48	19.870,49	-3,98	-19.499,01	-389.980,20	118.758.654	9,90	18,59
Castilleja del Campo	277,96	2.173,86	-2,06	-1.895,90	-37.918,00	3.341.072	7,68	15,02
Castillo de las Guardas (El)	220.033,20	10.636,47	3,03	209.396,73	4.187.934,60	6.153.740	9,27	15,63

Cazalla de la Sierra	285.280,00	15.118,01	2,94	270.161,99	5.403.239,80	24.072.213	9,62	17,00
Constantina	416.858,48	17.523,29	3,17	399.335,19	7.986.703,80	25.210.437	9,77	17,04
Coria del Río	11.885,57	28.722,02	-0,88	-16.836,45	-336.729,00	150.566.778	10,27	18,83

Tabla 1(a). Valores del CO₂ Absorbido, CO₂ Emitido, Renta Declarada, y transformaciones de estas variables usadas en este trabajo.

MUNICIPIO	CO _{2(a)}	CO _{2(p)}	f(CO ₂)	CO _{2(t)}	V _E	Renta Declarada	LN CO _{2(p)}	LN (Renta)
Coripe	37.654,37	2.919,44	2,56	34.734,93	694.698,60	5.725.332	7,98	15,56
Coronil (El)	1.799,25	10.082,81	-1,72	-8.283,56	-165.671,20	21.766.255	9,22	16,90
Corrales (Los)	26.609,62	7.346,05	1,29	19.263,57	385.271,40	15.829.982	8,90	16,58
Cuervo (El)	1.982,73	19.318,36	-2,28	-17.335,63	-346.712,60	26.667.894	9,87	17,10
Dos Hermanas	19.409,52	266.844,73	-2,62	-247.435,21	-4.948.704,20	929.982.682	12,49	20,65
Écija	28.363,41	183.819,18	-1,87	-155.455,77	-3.109.115,40	223.324.604	12,12	19,22
Espartinas	2.343,69	20.466,54	-2,17	-18.122,85	-362.457,00	168.193.136	9,93	18,94
Estepa	18.350,78	247.030,39	-2,60	-228.679,61	-4.573.592,20	74.119.056	12,42	18,12
Fuentes de Andalucía	4.865,07	42.199,38	-2,16	-37.334,31	-746.686,20	31.266.981	10,65	17,26
Garrobo (El)	39.719,69	1.915,52	3,03	37.804,17	756.083,40	3.134.491	7,56	14,96
Gelves	1.536,43	19.988,67	-2,57	-18.452,24	-369.044,80	92.997.096	9,90	18,35
Gerena	62.943,28	10.278,33	1,81	52.664,95	1.053.299,00	40.811.422	9,24	17,52
Gilena	11.321,94	7.936,96	0,36	3.384,98	67.699,60	17.929.056	8,98	16,70
Gines	564,84	10.784,05	-2,95	-10.219,21	-204.384,20	132.612.753	9,29	18,70
Guadalcanal	216.343,62	19.009,61	2,43	197.334,01	3.946.680,20	11.632.929	9,85	16,27
Guillena	155.568,96	26.330,85	1,78	129.238,11	2.584.762,20	67.583.214	10,18	18,03
Herrera	1.720,15	16.604,10	-2,27	-14.883,95	-297.679,00	31.097.399	9,72	17,25
Huevar del Aljarafe	4.930,36	30.403,93	-1,82	-25.473,57	-509.471,40	14.587.076	10,32	16,50
Isla Mayor	21.936,01	12.918,45	0,53	9.017,56	180.351,20	23.266.799	9,47	16,96
Lantejuela (La)	616,20	4.131,50	-1,90	-3.515,30	-70.306,00	13.312.357	8,33	16,40
Lebrija	32.272,36	89.963,55	-1,03	-57.691,19	-1.153.823,80	132.260.592	11,41	18,70
Lora de Estepa	5.275,32	13.764,34	-0,96	-8.489,02	-169.780,40	4.284.187	9,53	15,27
Lora del Río	92.121,22	41.026,68	0,81	51.094,54	1.021.890,80	81.281.609	10,62	18,21
Luisiana (La)	874,96	38.001,49	-3,77	-37.126,53	-742.530,60	21.907.159	10,55	16,90
Madroño (El)	69.125,85	4.652,84	2,70	64.473,01	1.289.460,20	1.421.737	8,45	14,17
Mairena del Alcor	5.170,04	32.354,35	-1,83	-27.184,31	-543.686,20	135.015.283	10,38	18,72
Mairena del Aljarafe	2.957,19	40.379,47	-2,61	-37.422,28	-748.445,60	426.135.841	10,61	19,87
Marchena	14.396,54	84.956,03	-1,78	-70.559,49	-1.411.189,80	100.795.835	11,35	18,43
Marinaleda	537,28	4.786,80	-2,19	-4.249,52	-84.990,40	9.022.875	8,47	16,02
Martín de la Jara	10.222,24	5.749,39	0,58	4.472,85	89.457,00	9.707.604	8,66	16,09
Molares (Los)	537,93	4.944,18	-2,22	-4.406,25	-88.125,00	14.061.053	8,51	16,46

Montellano	26.507,97	10.314,60	0,94	16.193,37	323.867,40	26.755.819	9,24	17,10
Morón de la Frontera	135.923,69	282.587,07	-0,73	-146.663,38	-2.933.267,60	150.508.768	12,55	18,83
Navas de la Concepción (Las)	44.770,57	4.646,26	2,27	40.124,31	802.486,20	5.967.196	8,44	15,60
Olivares	1.576,40	10.382,47	-1,88	-8.806,07	-176.121,40	45.508.301	9,25	17,63

Tabla 1(b). Valores del CO₂ Absorbido, CO₂ Emitido, Renta Declarada, y transformaciones de estas variables usadas en este trabajo.

MUNICIPIO	CO _{2(a)}	CO _{2(p)}	f(CO ₂)	CO _{2(t)}	V _E	Renta Declarada	LN CO _{2(p)}	LN (Renta)
Osuna	63.573,10	140.232,28	-0,79	-76.659,18	-1.533.183,60	95.841.409	11,85	18,38
Palacios y Villafranca (Los)	5.833,42	90.356,56	-2,74	-84.523,14	-1.690.462,80	157.817.560	11,41	18,88
Palomares	1.277,51	13.421,22	-2,35	-12.143,71	-242.874,20	75.260.895	9,50	18,14
Paradas	14.930,29	44.126,02	-1,08	-29.195,73	-583.914,60	28.959.933	10,69	17,18
Pedrera	4.384,49	16.573,71	-1,33	-12.189,22	-243.784,40	21.892.766	9,72	16,90
Pedroso (El)	294.430,63	11.103,96	3,28	283.326,67	5.666.533,40	9.209.692	9,32	16,04
Peñaflor	29.832,66	13.410,09	0,80	16.422,57	328.451,40	14.271.503	9,50	16,47
Pilas	5.765,40	21.570,14	-1,32	-15.804,74	-316.094,80	56.475.218	9,98	17,85
Pruna	36.428,86	7.552,07	1,57	28.876,79	577.535,80	8.046.694	8,93	15,90
Puebla de Cazalla (La)	65.517,25	44.485,37	0,39	21.031,88	420.637,60	45.078.970	10,70	17,62
Puebla de los Infantes (La)	117.400,93	11.077,46	2,36	106.323,47	2.126.469,40	10.878.446	9,31	16,20
Puebla del Río (La)	312.499,65	23.174,09	2,60	289.325,56	5.786.511,20	52.905.457	10,05	17,78
Real de la Jara (El)	147.098,28	6.438,76	3,13	140.659,52	2.813.190,40	5.910.189	8,77	15,59
Rinconada (La)	8.698,32	79.664,31	-2,21	-70.965,99	-1.419.319,80	207.232.842	11,29	19,15
Roda de Andalucía (La)	1.440,58	62.486,48	-3,77	-61.045,90	-1.220.918,00	19.348.490	11,04	16,78
Ronquillo (El)	71.230,62	4.420,89	2,78	66.809,73	1.336.194,60	6.585.559	8,39	15,70
Rubio (El)	400,39	5.441,75	-2,61	-5.041,36	-100.827,20	14.699.885	8,60	16,50
Salteras	2.039,63	20.317,30	-2,30	-18.277,67	-365.553,40	42.254.873	9,92	17,56
San Juan de Aznalfarache	714,18	40.788,99	-4,05	-40.074,81	-801.496,20	127.792.891	10,62	18,67
San Nicolás del Puerto	40.262,83	2.348,02	2,84	37.914,81	758.296,20	2.201.313	7,76	14,60
Sanlúcar la Mayor	32.332,23	27.051,97	0,18	5.280,26	105.605,20	77.238.630	10,21	18,16
Santiponce	1.616,54	8.611,46	-1,67	-6.994,92	-139.898,40	48.640.217	9,06	17,70
Saucejo (El)	21.200,68	9.394,39	0,81	11.806,29	236.125,80	17.746.783	9,15	16,69
Sevilla	34.199,11	801.441,36	-3,15	-767.242,25	-15.344.845,00	6.731.285.111	13,59	22,63
Tocina	1.098,72	9.856,23	-2,19	-8.757,51	-175.150,20	37.483.121	9,20	17,44
Tomares	859,10	20.766,93	-3,19	-19.907,83	-398.156,60	289.742.398	9,94	19,48
Umbrete	1.193,68	14.911,62	-2,53	-13.717,94	-274.358,80	51.394.430	9,61	17,76
Utrera	57.074,80	93.441,31	-0,49	-36.366,51	-727.330,20	280.019.091	11,45	19,45

Valencina de la Concepción	466,19	8.348,63	-2,89	-7.882,44	-157.648,80	85.299.451	9,03	18,26
Villamanrique de la Condesa	19.291,56	9.976,61	0,66	9.314,95	186.299,00	13.576.812	9,21	16,42
Villanueva de San Juan	19.696,37	2.392,73	2,11	17.303,64	346.072,80	5.039.192	7,78	15,43
Villanueva del Ariscal	172,10	4.720,07	-3,31	-4.547,97	-90.959,40	36.190.269	8,46	17,40
Villanueva del Río y Minas	100.374,98	13.188,45	2,03	87.186,53	1.743.730,60	17.308.827	9,49	16,67
Villaverde del Río	11.002,99	9.148,08	0,18	1.854,91	37.098,20	26.410.067	9,12	17,09
Viso del Alcor (El)	1.642,56	15.794,72	-2,26	-14.152,16	-283.043,20	90.021.606	9,67	18,32

Tabla 1(c). Valores del CO₂ Absorbido, CO₂ Emitido, Renta Declarada, y transformaciones de estas variables usadas en este trabajo.

Se han marcado en verde los municipios que presentan un saldo de CO₂ positivo, es decir, aquellos municipios que absorben más CO₂ que el que emiten. Son un total de cuarenta y un (41) municipios, que representan el 39,05 % del total de municipios de la provincia. Este porcentaje es un tanto engañoso. El porcentaje de superficie que ocupan estos municipios es ligeramente superior, un 42, 13 % del total de la superficie provincial, es decir ocupan 710.185 hectáreas frente a las 1.685.619,92 hectáreas del total de la provincia. En población sólo suponen un 10,45 % del total de la provincia, son 201.663 habitantes frente a los 1.928.962 habitantes de la provincia.

Estos datos muestran como los municipios marcados en verde son municipios con escasa población. Este hecho se ve corroborado cuando se comparan las densidades de población. La densidad de población de los municipios marcados en verde es de 28,4 hab/km², mientras que la densidad de población del resto de los municipios es de 177,08 hab/km². La Ley 45/2007 de 13 de Diciembre para el Desarrollo Sostenible del Medio Rural establece que el Medio Rural es aquel espacio geográfico que, entre otras características, presente una densidad inferior a los 100 hab/km², y Municipio Rural es aquel que posea una población residente inferior a los 5.000 habitantes.

Como se ha señalado anteriormente, se ha definido una función para hacer más manejables los datos de absorción y emisión de CO₂. La tabla 2 muestra las frecuencias de los intervalos definidos para esta función de CO₂, y la figura 1 muestra la distribución de estas frecuencias.

Intervalo	Frecuencia
(-4,5 - -3,5)	7
(-3,5 - -2,5)	17
(-2,5 - -1,5)	29
(-1,5 - -0,5)	10
(-0,5 - +0,5)	7
(+0,5 - +1,5)	11
(+1,5 - +2,5)	9
(+2,5 - +3,5)	15
(+3,5 - +4,5)	0
Total	105

Tabla 2. Frecuencias de los intervalos definidos para la función de CO₂ de los municipios de la provincia de Sevilla.

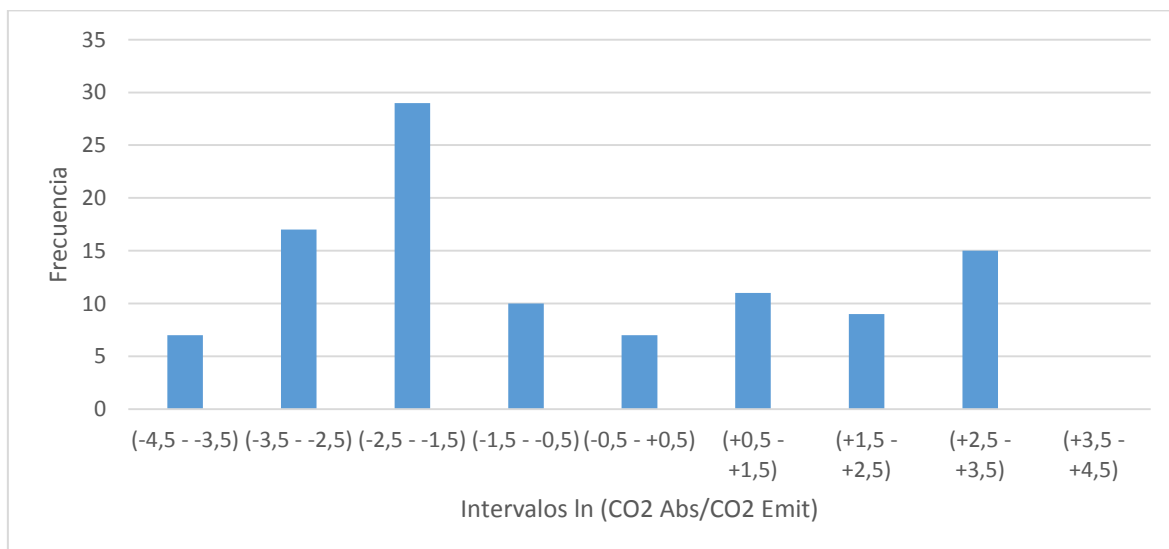


Figura 1. Distribución de las frecuencias mostradas en la tabla 2.

La media que se obtiene a partir de la tabla 2 para la función de CO₂ es -0,6952 y la mediana para dicha función es -1,51. Si se considera la población de cada municipio y se aplican las expresiones (5) y (6) se obtiene que la media vale -2,20 y la mediana -2,74; el valor de la varianza es 8,44.

Como dato adicional, la provincia de Sevilla absorbe un total de 5.047.564,71 toneladas de CO₂ y emite un total de 5.267.593,99 toneladas de CO₂; su función de CO₂ es -0,04 que está próximo al equilibrio

La figura 2 muestra un mapa de la provincia de Sevilla donde cada municipio aparece coloreado según el valor que alcanza su función de CO₂.

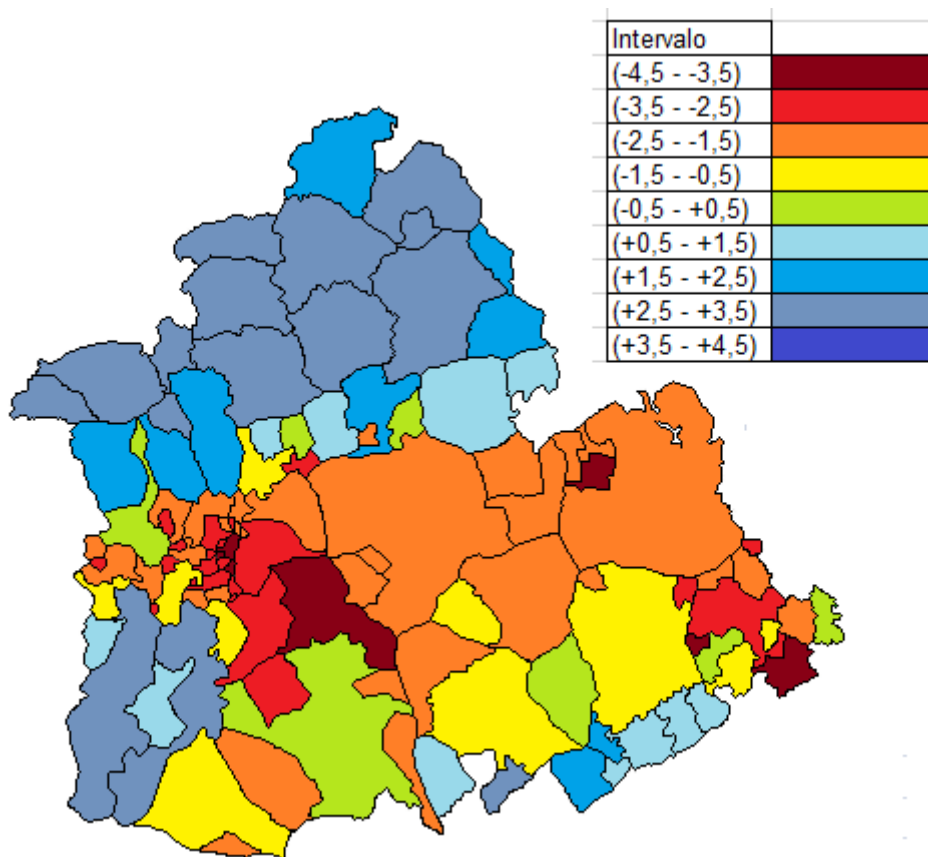


Figura 2. Mapa de la provincia de Sevilla mostrando los municipios coloreados según el valor que alcanza la función de CO₂ de cada uno de ellos.

Se ha señalado en amarillo la columna “Valor económico” de las tablas 1(a), 1(b) y 1(c). Este era el objetivo inicial del trabajo. Valorar económicamente el saldo neto de CO₂ cuando se calcula la diferencia entre el CO₂ absorbido por la vegetación no agrícola y el CO₂ emitido por las diferentes actividades económicas de un municipio. Puede observarse como hay una amplia variabilidad en esta valoración económica para los municipios marcados en verde. Los datos de Renta Declarada pueden servir para analizar con más detalle el potencial económico que se derivaría de considerar los municipios rurales como sumideros de CO₂.

Hay municipios, como Sanlúcar la Mayor y Villaverde del Río, en los que la valoración económica del saldo de CO₂ es sólo el 0,14 % de la Renta Declarada total, mientras que para Almadén de la Plata es un 82,57 % y para El Madroño es un 90,70 %.

Otra consideración es la posible relación entre las emisiones de CO₂ y la actividad económica. Puede plantearse como hipótesis que a una mayor económica se produce una mayor cantidad de CO₂. La figura 3 muestra la nube de puntos cuando se representa el logaritmo neperiano de las toneladas de CO₂ frente al logaritmo neperiano de la Renta Declarada.

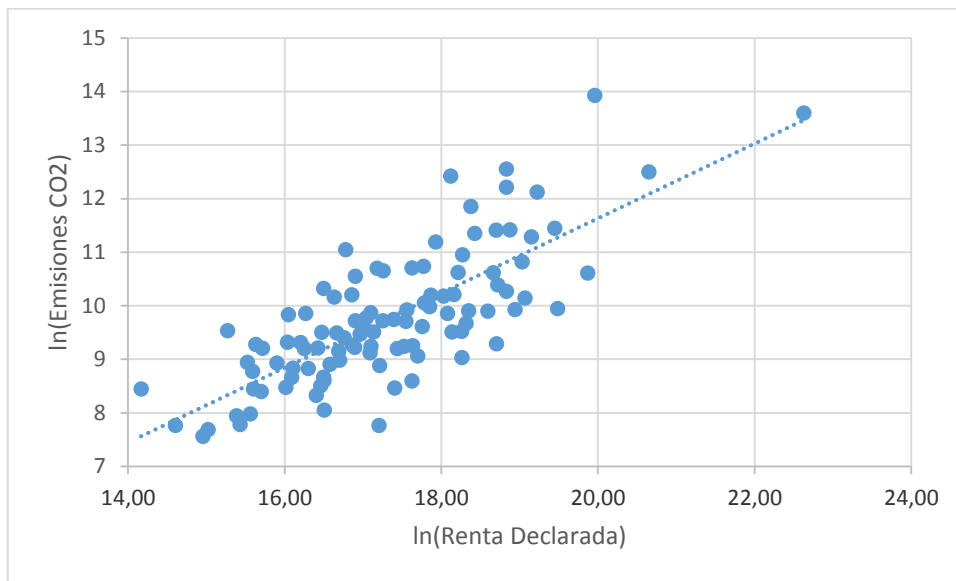


Figura 3. Representación gráfica del logaritmo neperiano de las toneladas de CO₂ frente al logaritmo neperiano de la Renta Declarada.

El coeficiente de correlación de Pearson es $r = 0,7721$ que indica la existencia de una correlación alta y una relación intensa entre ambas variables (Calvo, 1994). De estos datos se concluye que la recta de regresión es:

$$\ln(CO_2) = 0,6979 \cdot \ln(Renta) - 2,3271 \quad (8)$$

De donde se concluye:

$$CO_2 = \frac{(Renta)^{0,6979}}{10,2485} \quad (9)$$

Si se calcula la elipse de equiprobabilidad según la ecuación de Cramer citada por Moreno (1988) se encuentra que hay tres municipios que quedan fuera de dicha elipse: Alcalá de Guadaíra, Dos Hermanas y Sevilla.

La figura 4 muestra la nube de puntos cuando se hace la misma representación que en la figura 3 pero eliminando los tres municipios antes indicados

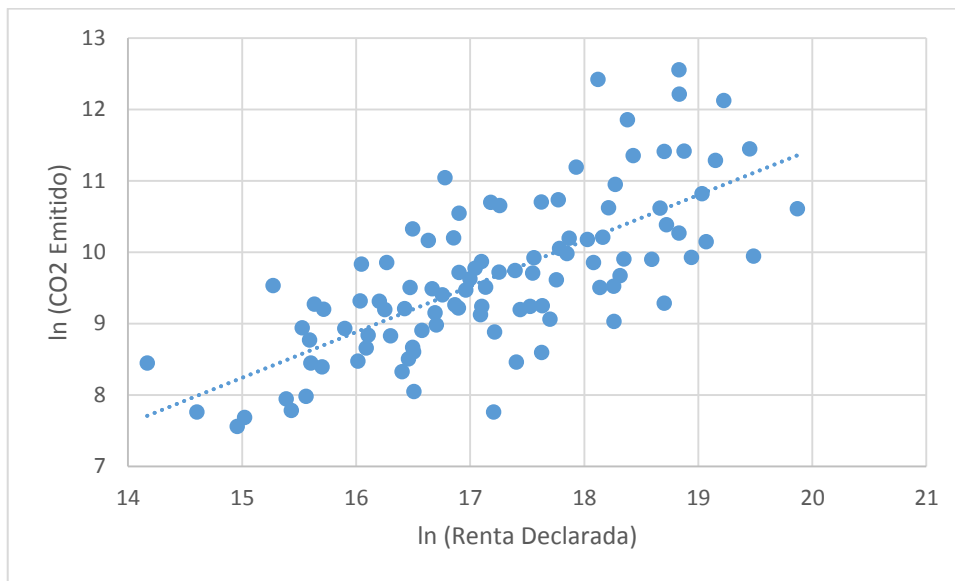


Figura 4. Representación gráfica del logaritmo neperiano de las toneladas de CO₂ frente al logaritmo neperiano de la Renta Declarada eliminando Alcalá de Guadaíra, Dos Hermanas y Sevilla.

El coeficiente de correlación de Pearson es $r = 0,7138$ que indica la existencia de una correlación alta y una relación intensa entre ambas variables (Calvo, 1994). De estos datos se concluye que la recta de regresión es:

$$\ln(CO_2) = 0,64 \cdot \ln(Renta) - 1,3594 \quad (10)$$

De donde se concluye:

$$CO_2 = \frac{Renta^{0,64}}{3,8939} \quad (11)$$

Una posible correlación es la que pudiera existir entre las emisiones de CO₂ y el número de habitantes. Cuando se realiza dicho cálculo se encuentra que el coeficiente de correlación de Pearson es $r = 0,6388$ que indica la existencia de una correlación alta y una relación intensa entre ambas variables (Calvo, 1994). Si se toman logaritmos neperianos de ambas variables y se calcula el coeficiente de correlación de Pearson se encuentra que dicho coeficiente vale $r = 0,8147$ que indica la existencia de una correlación muy alta y una relación muy intensa entre ambas variables (Calvo, 1994). La figura 5 muestra la nube de puntos cuando se representan estas dos últimas variables.

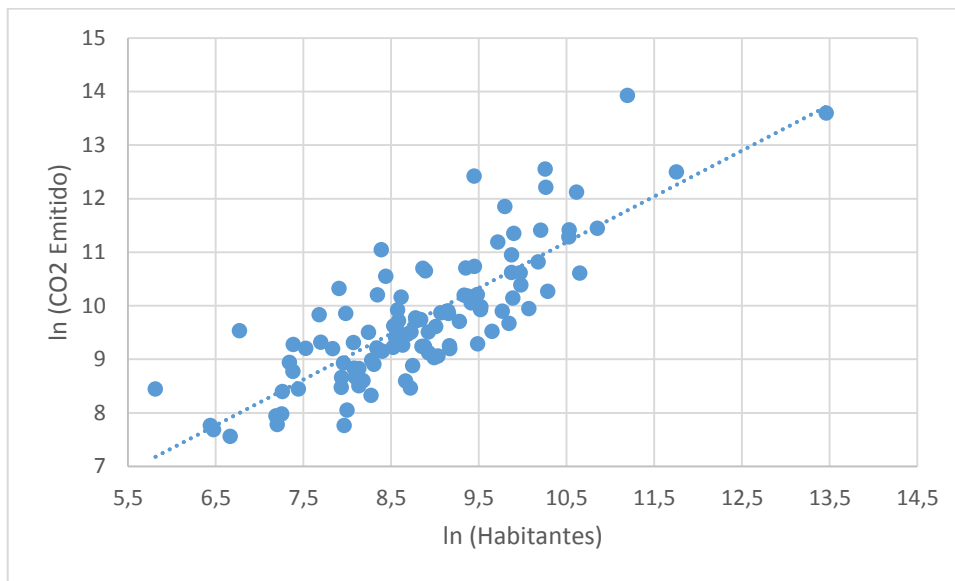


Figura 5. Representación gráfica del logaritmo neperiano de las toneladas de CO₂ emitidas por un municipio de la provincia de Sevilla frente al logaritmo neperiano de los habitantes de dicho municipio.

De estos datos se concluye que la recta de regresión es:

$$\ln(CO_2) = 0,8545 \cdot \ln(Hab) + 2,2139 \quad (12)$$

Que se transforma en:

$$CO_2 = 9,1513 \cdot (Hab)^{0,8545} \quad (13)$$

Si se calcula la elipse de equiprobabilidad se comprueba que hay ocho municipios que quedan fuera de dicha elipse: Alcalá de Guadaíra, Carmona, Estepa, Lora de Estepa, El Madroño, Morón de la Frontera, La Roda de Andalucía y Sevilla. El coeficiente de correlación de Pearson entre las dos variables aumenta ligeramente ($r = 0,8243$) si se eliminan estos ocho municipios.

La recta de regresión para la nueva nube de puntos es:

$$\ln(CO_2) = 0,8282 \cdot \ln(Hab) + 2,3273 \quad (14)$$

Que se transforma en:

$$CO_2 = 10,2502 \cdot (Hab)^{0,8282} \quad (15)$$

Otra posible correlación que se puede plantear es entre la función de CO₂ y la superficie del término municipal. Cuando se realiza dicho cálculo se encuentra que el coeficiente de correlación de Pearson es $r = 0,2014$ que indica la existencia de una correlación baja y una relación pequeña pero apreciable entre ambas variables (Calvo, 1994).

También se puede plantear que exista una correlación entre la función de CO₂ y el número de habitantes. Cuando se realiza dicho cálculo se encuentra que el coeficiente de correlación de Pearson es $r = -0,3959$ que indica la existencia de una correlación baja y una relación pequeña pero apreciable entre ambas variables (Calvo, 1994).

CONCLUSIONES

La metodología descrita en este trabajo permite valorar económicamente el CO₂ absorbido por toda la vegetación no cultivada de un término municipal.

La vegetación agrícola no se considera como sumidero de CO₂ porque los cultivos agrícolas han sustituido totalmente a la vegetación natural produciendo una pérdida de biodiversidad. Las zonas agrícolas son totalmente deficitarias en vegetación natural y su biodiversidad es cero. La vegetación natural queda reducida a un poco de vegetación herbácea o algo de matorral en zonas de lindes, o en zonas de pendiente donde no pueden entrar los vehículos agrícolas. La vegetación agrícola tiene importancia como productora de alimentos, pero no tiene importancia como ecosistema.

Quizás pueda plantearse para futuros estudios considerar la superficie dedicada a la agricultura ecológica. Este tipo de agricultura no se basa en los monocultivos, no usa maquinaria pesada, y usa variedades autóctonas, incluso favorece el crecimiento de algunas especies vegetales silvestres. Todo ello hace que se mantenga una cierta biodiversidad en la zona a la vez que se producen alimentos.

La vegetación urbana se considera como sumidero de CO₂ porque el denominado verde urbano hace que las zonas antropizadas resulten menos inhóspitas y absorbe parte del CO₂ que debería absorber la vegetación preexistente en la zona. Los planteamientos de este trabajo ponen en valor la vegetación urbana y destacan su importancia como sumidero de CO₂. Los ayuntamientos y la Diputación deben favorecer la siembra y el desarrollo de toda clase de vegetación urbana, así como el denominado verde en altura: vegetación en azoteas, terrazas, paredes de edificios, etc.

No escapa a nuestra atención que es necesario realizar estudios más detallados sobre las proporciones de cada cobertura vegetal que permitan cálculos más exactos. Este trabajo es una primera aproximación en el proceso de situar a los municipios rurales en el lugar apropiado: son sumideros de CO₂.

Una conclusión evidente es que los municipios con un saldo positivo de CO₂ son municipios típicamente rurales. Son municipios en los que el suelo urbano se ha incrementado poco o nada en los últimos años, y mantienen, mejor o peor, los espacios con vegetación natural.

La figura 2 nos muestra que los municipios de la provincia de Sevilla que actúan como sumideros de CO₂ pueden clasificarse en cuatro grupos:

-Grupo 1. Municipios de la zona de Doñana: Aznalcázar, Isla Mayor, La Puebla del Río y Villamanrique de la Condesa. Son un total de cuatro municipios.

-Grupo 2. Municipios de la Sierra Sur y zona sureste de la provincia: Algámitas, Badolatosa, Coripe, Los Corrales, Gilena, Martín de la Jara, Montellano, Pruna, La Puebla de Cazalla, El Saucejo, y Villanueva de San Juan. Son un total de once municipios.

-Grupo 3. Municipios de La Vega del Guadalquivir: Alcolea del Río, Burguillos, Cantillana, Lora del Río, Peñaflor, Villanueva del Río y Minas, y Villaverde del Río. Son un total de siete municipios.

-Grupo 4. Municipios de la Sierra Norte y zona noroeste de la provincia: Alanís, Almadén de la Plata, Aznalcollar, Castilblanco de los Arroyos, El Castillo de las Guardas, Cazalla de la Sierra, Constantina, El Garrobo, Gerena, Guadalcanal, Guillena, El Madroño, Las Navas de la Concepción, El Pedroso, La Puebla de los Infantes, El Real de la Jara, El Ronquillo, Sanlúcar la Mayor, y San Nicolás del Puerto. Son un total de diecinueve municipios.

Todos estos municipios se caracterizan por tener unas bajas emisiones de CO₂ y porque conservan grandes zonas con vegetación natural. Hay que resaltar que un alto nivel de absorción de CO₂ no justifica que se puedan realizar actividades que produzcan grandes emisiones de CO₂.

Los municipios del primer grupo contienen, principalmente, marismas y pinares con un alto valor ecológico; algunos de ellos tienen amplias extensiones de estos ecosistemas y muchas zonas están catalogadas con alguna figura de protección. Resulta evidente la importancia de las marismas del Guadalquivir como ecosistemas.

Los municipios del segundo grupo se sitúan en las estribaciones de las cordilleras béticas. Es una zona montañosa, pero sin grandes alturas, que cierra el valle del Guadalquivir por el sur de la provincia de Sevilla y enmarca toda la zona de la Campiña Sevillana. La mayoría son municipios con una superficie municipal de tamaño medio. La cobertura de vegetación natural que predomina es el matorral, ya sea mezclado con arbolado de quercíneas principalmente, ya sea sin arbolado y con diferente densidad de vegetación según las zonas. Las formaciones arboladas de quercíneas aparecen en zonas concretas y la vegetación riparia tiene importancia en puntos localizados.

Los municipios del tercer grupo se caracterizan porque el río Guadalquivir atraviesa su término municipal y éste contiene, además, el piedemonte de la Sierra Norte de Sevilla. La superficie de estos siete términos es muy variable. Las coberturas vegetales de la lámina de agua de los ríos y cauces naturales, y la vegetación riparia son importantes en todos ellos, aunque el grado de conservación y la superficie que ocupan pueden variar ostensiblemente de unos municipios a otros. Las formaciones arboladas de quercíneas son especialmente importantes en los municipios de Lora del Río, Peñaflor, y Villanueva del Río y Minas. También abundan en todos los municipios del grupo las formaciones de matorral, variando el porcentaje de presencia de arbolado de unos municipios a otros.

Los municipios del cuarto grupo conforman la denominada Sierra Norte de Sevilla. Varios de los municipios de este grupo están integrados en el Parque Natural de la Sierra Norte de Sevilla. Aznalcollar, Gerena, Guillena, y Sanlúcar la Mayor son excepciones dentro de este numeroso grupo: los tres primeros tienen parte de su término municipal en el valle del Guadalquivir y parte en Sierra Morena, mientras que Sanlúcar la Mayor es un municipio del Aljarafe sevillano con parte de su término municipal en Sierra Morena debido a la caprichosa forma de este municipio. La principal cobertura vegetal de este grupo de municipios la constituyen las formaciones arboladas densas de quercíneas,

mezcladas con formaciones de coníferas y, en menor medida, de eucaliptos en zonas concretas. Las formaciones de matorral con diferente presencia de arbolado también ocupan grandes extensiones de territorio, siendo especialmente importantes en algunos municipios. También son importantes en zonas localizadas las formaciones de pastizal con arbolado. Otra cobertura vegetal que aparece muy localizada es la vegetación riparia asociada al gran número de arroyos que recorren la zona. Hay que citar también la presencia de embalses en algunos municipios.

Todos los municipios señalados son municipios rurales. Las relaciones económicas entre los municipios rurales y las aglomeraciones urbanas es el recogido en la figura 6. Los municipios rurales aportan a las aglomeraciones urbanas productos agropecuarios (carne, leche, huevos, trigo, aceite, hortalizas, etc.) y recursos forestales en sentido amplio (madera, esencias, actividades lúdico-recreativas, etc.) y, a cambio, reciben productos industriales y tecnología en sentido amplio.

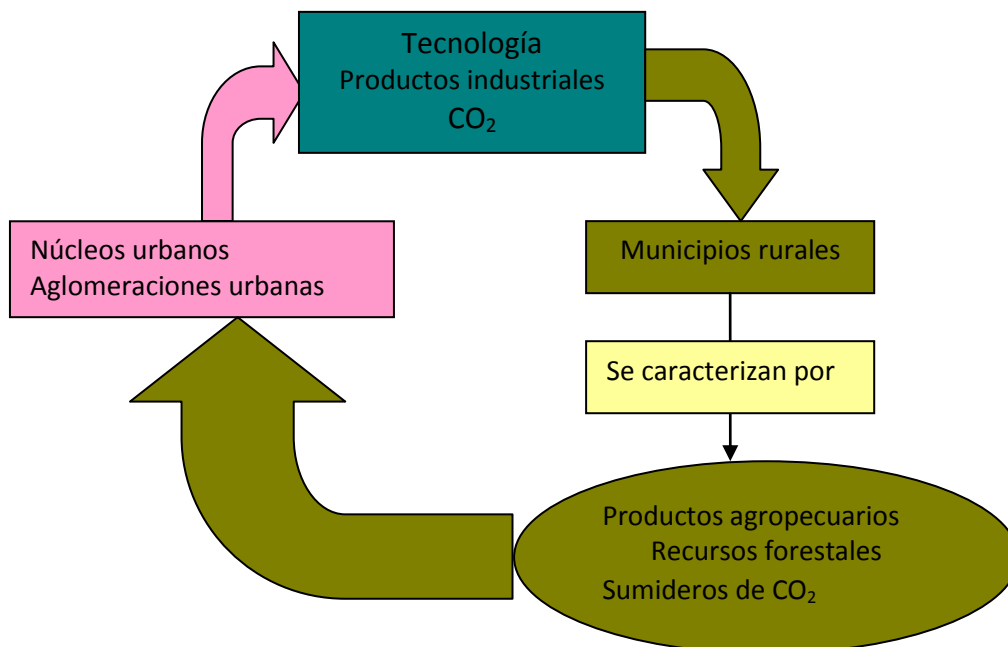


Figura 6. Relación entre los municipios rurales y las aglomeraciones urbanas.

Este planteamiento hay que modificarlo: parece razonable añadir el CO₂ en la parte superior de la figura 6. Las aglomeraciones urbanas producen una gran cantidad de CO₂, más CO₂ que el que pueden absorber los espacios con vegetación natural que se mantienen en los correspondientes términos municipales. Los municipios rurales se comportan como sumideros naturales de CO₂, absorben los excedentes de CO₂ producidos en las aglomeraciones urbanas.

Este nuevo planteamiento muestra la importancia de los municipios rurales como mitigadores del cambio climático. Los municipios rurales que actúan como sumideros de CO₂ están limpiando la atmósfera de un contaminante que tiene efecto global.

El planteamiento imperante hasta el momento es que los municipios rurales aportaban a los núcleos urbanos productos agropecuarios y recursos forestales, en sentido amplio.

Este planteamiento es el que se propone que debe cambiar. Los municipios rurales, además de lo anterior, son los sumideros del CO₂ producido en los núcleos urbanos y en las aglomeraciones urbanas. Este nuevo planteamiento muestra la importancia de los municipios rurales como mitigadores del cambio climático

Los municipios con saldo de CO₂ positivo deben procurar mantener esta situación y plantearla en los foros correspondientes como un valor ecológico. Los municipios que actúan como sumideros de CO₂ están limpiando la atmósfera de un peligroso contaminante que tiene un efecto global y deberían ser compensados por mantener las características naturales de su territorio.

Si se traduce a euros el saldo de CO₂ obtenido para cada municipio se obtienen unas cantidades económicas que son bastante alta en algunos casos. ¿Debe entregarse este dinero a los municipios rurales? Este trabajo propone que se debe recompensar a los municipios que conservan una vegetación que actúa como sumidero de CO₂. Los municipios rurales señalados en este trabajo no han recibido muchos de los beneficios directos del desarrollo económico. Son municipios con un alto porcentaje de población mayor de 65 años como consecuencia de las migraciones por cuestiones económicas en los años 60 y 70 del siglo pasado.

La falta de oportunidades económicas pudo favorecer, en parte, la conservación de la vegetación natural, y ahora, es la vegetación natural un recurso económico potencialmente importante.

El valor económico obtenido para el CO₂ absorbido no debe considerarse una limosna ni un préstamo a fondo perdido, ni como el gordo de la lotería. Debe plantearse como una compensación económica por una labor no considerada hasta el momento. Si se llegara a entregar este dinero a los municipios rurales deben plantearse una serie de condicionantes para su uso y se deben establecer los correspondientes controles administrativos que se usa como se haya establecido su uso.

Una lista que no pretende ser exhaustiva de los posibles usos del dinero puede ser:

- Aumento y mejora de la vegetación urbana: más zonas verdes, más arbolado viario, etc.

- Aumento de la superficie dedicada a la agricultura ecológica y a la ganadería extensiva.

- Aumento y mejora de las zonas con vegetación natural.

- Fomento de las actividades relacionadas con la naturaleza: senderismo, turismo ecológico, etc.

- Fomento de trabajos y productos tradicionales de la zona: artesanía, productos derivados de la agricultura y de la ganadería, etc.

Todos estos usos generan empleo y son actividades bajas en carbono. Pueden ser motores económicos que reduzcan la emigración e, incluso, puedan revertir dicho fenómeno al favorecer la inmigración.

Este proceso se inicia partiendo de la premisa demostrada en este trabajo que los municipios rurales son sumideros de CO₂ y se continúa con la aceptación de algún tipo de compensación económica hacia estos municipios. Este trabajo propone un método para calcular esta compensación y cuáles son los municipios que deberían existir para recibir dicha compensación.

Deseamos resaltar que usamos la palabra compensación y no la palabra subvención ni la palabra inversión. La filosofía del planteamiento es partir del reconocimiento de los municipios rurales como sumideros de CO₂ y que esta situación debe compensarse.

Unos resultados adicionales se obtienen al buscar diferentes correlaciones entre las toneladas de CO₂ emitidas y diferentes variables. Una primera correlación se produce con el número de habitantes. Este es un resultado con cierta lógica: a mayor número de habitantes, mayores son las emisiones de CO₂. La correlación obtenida no es lineal, sino doblemente logarítmica, indicando un incremento constante de las emisiones conforme aumenta el número de habitantes.

También existe una correlación entre las emisiones de CO₂ y la Renta Declarada, aunque el coeficiente de correlación de Pearson es menor que en la correlación anterior. Este resultado sugiere que los habitantes de la provincia de Sevilla emiten CO₂, pero que estas emisiones no producen riqueza económica de forma tan directa como podría pensarse en un primer momento: son emisiones de CO₂ que no se traducen en riqueza económica. Este aspecto requiere estudios más profundos.

BIBLIOGRAFIA

CALVO GÓMEZ, Félix. Estadística aplicada. Ediciones Deusto. 1994.

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO. Junta de Andalucía. Estadísticas web. Usos del suelo y coberturas vegetales en Sevilla, por municipios. Año 2007.

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO. Junta de Andalucía. Estadísticas web. Emisiones contaminantes a la atmósfera en Sevilla por sectores de actividad. 2010. Desagregación municipal.

DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE SEVILLA. Anuario Estadístico de la Provincia de Sevilla. Año 2014.

MORENO, Eduardo G. Representación gráfica de dominios biométricos en micromamíferos. Soporte informático para la comparación biométrica. *Studia Geologica Salmanticensis*, XXV, 211-230 (1988).

RIVERO, Francisco; Josefa María RODRÍGUEZ MELLADO. Estudio del equilibrio CO₂ producido/CO₂ absorbido en Andalucía. III Congreso Andaluz de Desarrollo Sostenible. 17-19 de Abril de 2008. Huelva.

RODRÍGUEZ MELLADO, Josefa María; Francisco RIVERO. Balance CO₂ producido/CO₂ absorbido como medida de la sostenibilidad de un término municipal. IV Congreso Andaluz de Desarrollo Sostenible. Ambientalia. Medio Rural y Sostenibilidad. 16-17 de Abril de 2009. Jaén.