

# El sistema alimentario global: I-Definición de un espacio

R. CLOTET BALLÚS (\*)

Y. COLOMER XENA (\*)

E. JARAUTA BRAGULAT (\*\*)

F. MAYOR ZARAGOZA (\*)

## 1. INTRODUCCIÓN

El sistema alimentario, contemplado con una visión global, juega un papel fundamental en el desarrollo humano, por su base biológica y sus implicaciones sociales. Su inicio como componente social se remonta a la Revolución Neolítica y desde entonces su óptima articulación es el soporte del desarrollo global. Esta visión del sistema alimentario como un sistema articulado coincide con la interpretación de la realidad física y biológica del universo, y se plantea no como una mera suma de objetos o temas inconexos, sino como una red interdependiente de relaciones.

Clotet, R., Colomer, Y. y Mayor, F. (2010) han desarrollado su visión del sistema alimentario global articulada en cuatro ejes básicos: *Disponibilidad, Economía, Política y Saber*. Todo ello, además, se inscribe en un cuadro marco de sostenibilidad y ética global. La óptima articulación del sistema agroalimentario global, exige conseguir un equilibrio dinámico

---

(\*) Fundación Triptolemos. [www.triptolemos.org](http://www.triptolemos.org)

(\*\*) Dept. de Matemática Aplicada III (UPC).

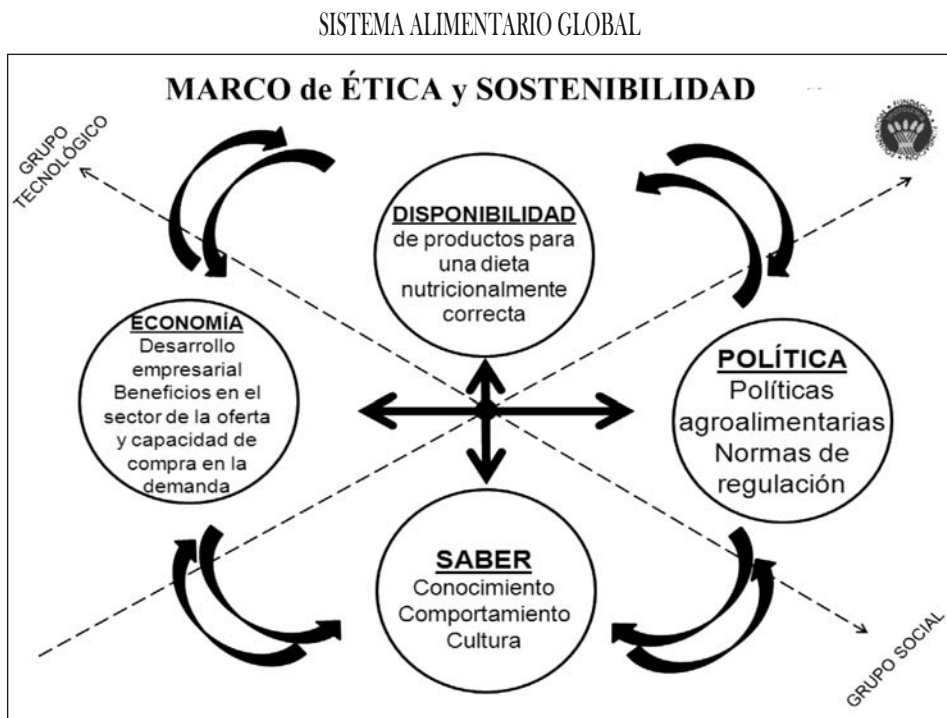
---

- Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros, n.º 235, 2013 (13-32).

Recibido marzo 2013. Revisión final aceptada agosto 2013.

entre los actores de los cuatro ejes básicos considerados y tener en cuenta sus múltiples ramificaciones (ver Fig. 1). En *Disponibilidad* se consideran los elementos relacionados con la producción, la distribución y el consumo de alimentos; en *Economía*, los relacionados con los recursos y sus costes; en *Política*, los elementos ideológicos y legislativos que articulan e inciden en el sistema alimentario y, por último, en *Saber*, se consideran los elementos de conocimiento, comportamiento y cultura relacionados con el sistema.

Fig. 1



Fuente: Fundación Triptolemos.

Los tres ejes, Economía, Política y Saber, tienen por objeto representar las profundas relaciones de la alimentación con las dinámicas de la sociedad. El conjunto de los cuatro ejes es el sistema en torno al cual se pretende describir y caracterizar la articulación del sistema alimentario global, el cual para tener un grado suficiente de estabilidad, requiere disponibi-

lidad de alimentos en cantidad suficiente, una distribución adecuada de los mismos, unos recursos de la población para poder adquirirlos y, además y no menos importante, que el tejido productivo en su conjunto pueda ser económicamente sostenible en todas sus etapas, en un marco de ética económica y social.

## 2. OBJETIVOS

En el presente trabajo se profundiza en la configuración conceptual del sistema alimentario global en torno a los cuatro ejes definidos, considerando como objetivos básicos:

- Definir cada uno de los ejes de tal forma que cualquier actividad del sistema alimentario pueda verse representada y situada en alguno (o algunos) de ellos.
- Ampliar la visión desde una concepción bidimensional a una dimensión espacial, a fin de definir un espacio que represente y caracterice el sistema agroalimentario global, de tal forma, que sea posible no solo definir cualitativamente la situación en los ejes sino también un tratamiento analítico en un espacio multidimensional.
- Aplicar los análisis y resultados obtenidos mediante la aplicación de modelos prospectivos. Dicha prospectiva debe permitir, posteriormente, realizar planteamientos de estrategia sobre decisiones del entorno de desarrollo humano (económico, político, social, etc.) que tienen influencia y relación con el funcionamiento del sistema agroalimentario, desde una perspectiva global.

Este enfoque aporta elementos novedosos y puede permitir establecer modelos correlacionados y amplios con este planteo de visión global en diferentes entornos geográficos.

## 3. DESARROLLO CONCEPTUAL DE LOS EJES

Con el objetivo de avanzar en la precisión del análisis, se ha subdividido inicialmente cada eje direccional en tres ámbitos o subejos, lo cual permite detallar y explicitar los elementos principales que se incluyen en cada uno

de ellos y facilitar así la localización en el sistema alimentario global de cada concepto con mayor exactitud.

Pero no es solo posición, si además cada ámbito o cada subeje puede caracterizarse cuantitativamente con una o mas variables de valoración, referidas a un país, a un entorno o a una zona geopolítica; en efecto, se podrán establecer relaciones entre ellas y analizar su evolución en el tiempo, permitiendo así desarrollar estudios de prospectiva. Para cada eje se han definido inicialmente tres variables para su estudio cuantitativo; el análisis se llevará a cabo a partir de datos publicados y referenciables.

### 3.1. Eje de Disponibilidad (eje D)

En disponibilidad se consideran los elementos que permitan asegurar que cuantitativamente haya alimentos suficientes para su destino final: la alimentación correcta del ser humano.

Conceptualmente se incluyen las tres áreas que, desde una visión científico-técnica, son determinantes en la disponibilidad cuantitativa de alimentos para las personas. Inicialmente se ha distinguido en este eje:

- Producción primaria ( $d_1$ ).
- Producción de productos elaborados y servicios ( $d_2$ ).
- Nutrición ( $d_3$ ).

Como **producción primaria** se define toda actividad referente a la producción de todo tipo de productos que se obtengan por la vía de la fotosíntesis, es decir, representa la producción neta de productos alimenticios a partir de elementos químicos inorgánicos. Incluye toda la producción agraria y la derivada de las cadenas tróficas naturales, como la ganadera producida a partir de pastos naturales y la cadena trófica piscícola (que se inicia en el plancton).

En una estructura rural (hasta el siglo XIX) el progreso provocaba una tendencia al aumento de la población, que se compensaba con las conquistas militares de nuevas tierras que al repoblarse absorbían el incremento. Los alimentos se guardaban en las despensas y se preparaban en las cocinas rurales. La Revolución Industrial cambió totalmente el modelo: de la ex-

pansión rural de la población, se pasó a la concentración urbana, de la despensa y preparación, a la falta de ingredientes procedentes del campo (problemas de conservación y de suministro) y a la escasez de las viviendas. Un entorno que llevaba inexorablemente al hambre y que influyó en Thomas Malthus (1798) en su “Ensayo sobre la población”.

En la **producción de productos elaborados y servicios**, se incluye el primer nivel de estabilización (industrias agropecuarias) y lo que es conocido como empresa alimentaria, es decir, todo lo que no significa producción neta sino transformación, ya sea para producir ingredientes estables, solos o combinados, o fomentar la producción específica de productos determinados pero a partir de componentes ya elaborados, como la ganadería intensiva o la acuicultura. En la disponibilidad, de los alimentos a la población, los servicios (distribución, restauración, alimentación colectiva) son un eslabón fundamental muy importante en una sociedad urbana. Así se ve que es necesaria una estructura logística capaz de hacer llegar el producto al ciudadano de cualquier lugar del planeta. La unidad conceptual de este segundo subíndice, es el concepto de la externalización de la cocina, como segunda gran revolución en el sistema alimentario, desarrollado por Bonet, J.L., Clotet, R. y Colomer, Y. (2004).

Este concepto se desarrolla con fuerza en la historia, por la aparición de un grupo de visionarios que apoyados en la Ciencia y la Tecnología y también influidos por un sentido ético, no reñido con el sentido económico, desarrollaron un conjunto de empresas tractoras, innovadoras, que ayudaron a paliar (conservación y externalización de la cocina) el problema de disponibilidad de alimentos y permitieron el armónico desarrollo de la población en un entorno urbano. Durante el Siglo XVIII, la ciencia renueva la agronomía: los abonos, el riego, la mecanización, la mejora genética, es la respuesta a la necesidad de materia prima. La industria alimentaria nace en su dimensión tecnológica aproximadamente a mediados del siglo XIX (J.V. Liebig, N. Appert, G. Borden, H. Nestlé, J. Maggi, ...) e inicios del XX, 50 años después del manifiesto de Malthus, contribuye al fracaso de sus planteos y permite la estabilidad alimentaria, hasta hoy, en el mundo urbano (aproximadamente el 70% de la población de los países ricos). Su filosofía continua en la investigación - innovación per-

manente, con lo que su contribución a este eje será fundamental. Malthus en la 2ª edición de su obra (Malthus, 1803), cuando Napoleón apoyaba la investigación en tecnología productiva alimentaria (conservas, margarina, azúcar), reconoce que el progreso de la ciencia y la tecnología pueden ayudar a una mejora gradual del sistema alimentario.

Finalmente, el tercer subeje analizado incluye el concepto amplio de **nutrición** con la persona sin patologías como punto final de una actividad destinada técnicamente a su supervivencia. Toda actividad científica o técnica que contenga conceptos referidos a los mecanismos nutricionales, influencia de componentes específicos y el desarrollo de planes dietéticos derivados de los conocimientos base, así como su relación con la salud, quedan contenidos en el mismo.

### 3.2. Eje de Economía (eje E)

Las tres grandes áreas en que se ha subdividido inicialmente el eje son:

- Economía agroalimentaria total ( $e_1$ )
- Economía del ciudadano ( $e_2$ )
- Economía global ( $e_3$ )

El eje económico en el sistema alimentario es consubstancial al mismo desde lo que se puede denominar, con una visión global y simplificada, el pacto del Neolítico. El Neolítico convirtió un derecho biológico básico para la supervivencia en una obligación económica: división de funciones, disponibilidad alimentaria a trueque con cualquier otra actividad valorada por la sociedad. Este concepto ha sido en realidad el fundamento de nuestra civilización. Ha sido un Premio Nobel, A. Sen (1997) quien ha recordado y teorizado sobre la relación entre desarrollo económico y social y sistema alimentario. Asimismo, R.W. Fogel (2004), también premio Nobel, ha insistido en aspectos concretos de esta problemática.

Para el inicio de la cuantificación de esta visión conceptual, se definen inicialmente tres sub-ejes que identifican ya realidades cuantificables que afectan al funcionamiento del sistema:

¿Qué genera económicamente el propio sistema? Es el primer dato a considerar. El conjunto de toda actividad económica ligada al funcionamiento del mismo, desde el campo hasta la mesa. Es el concepto **economía alimentaria total**.

Como que el sistema alimentario global que se ha definido tiene su razón inicial de ser en satisfacer las necesidades alimentarias del ciudadano, es evidente que en el papel de la economía en el modelo se considere la **economía del ciudadano** que indica su capacidad, en su entorno, de adquirir alimentos, concepto que tiene muy estrecha relación no sólo con los aspectos globales de la economía sino asimismo con aspectos de los ejes de política y saber considerados.

Para los dos parámetros anteriores hay que valorar su posición relativa sobre la **economía global** (que incluye la participación de todos los conceptos) del mismo entorno que se considere, ya que para el desarrollo del modelo previsto, conocer la relación y evolución entre ellos es fundamental.

### 3.3. Eje de Política (eje P)

Conceptualmente toda actividad que la sociedad, como ente político, genera en torno al sistema alimentario como base biológica, tiene su base en un derecho fundamental: el derecho a la vida, el cual no puede ejercerse sin establecer ciertos acuerdos entre los derechos y deberes del cuerpo político o soberano y los deberes y derechos de los súbditos (Hobbes, 1651).

Sin negar la libertad individual, que Hobbes reconoce mientras sus acciones no se opongan a las decisiones libremente acordadas por los ciudadanos y sus representantes, es bien sabido que el sistema alimentario, por sus características de elemento esencial, ha sido objeto desde los inicios de la civilización, de regulaciones colectivas ya sea en forma de leyes civiles o de reglamentaciones religiosas. En este trabajo se han clasificado las acciones políticas a través de leyes y/o regulaciones consideradas en tres sub-ejes:

- Derechos humanos ( $p_1$ ).
- Acciones públicas de tutela sobre el sistema agroalimentario ( $p_2$ )
- Acciones de ayuda a necesidades sociales de alimentos (estado y sociedad civil) ( $p_3$ )

Los **derechos humanos**, proclamados por Naciones Unidas, son elementos esenciales en un estado moderno y para ejercerlos se hace evidente su relación con la garantía de la disponibilidad de alimentos. No es necesario recordar que, desgraciadamente, las hambrunas han sido utilizadas políticamente a lo largo de la historia, ya sea en los bloqueos a la población civil, ya sea en las ayudas masivas y mediáticas en situaciones de emergencia. Por otro lado, las crisis alimentarias prolongadas han sido signo de sistemas políticos no eficaces y espoletas de todas las revoluciones de los pueblos, incluidas las de profundo contenido ideológico (Revolución Francesa, Revolución Rusa).

La **acciones públicas de tutela sobre el sistema agroalimentario** agrupan los esfuerzos que el estado dedica al sistema en su estructura permanente (presupuestos del Ministerio de Agricultura, Agencias de la Alimentación y la Nutrición, Institutos específicos de Investigación, Innovación y Desarrollo, agrario y empresarial, ...) con sus servicios y regulaciones.

La tutela del entorno social del sistema, en funciones varias que se mueven desde la regulación de precios para los productores a la disponibilidad económica de los ciudadanos para su supervivencia, afectan tanto a la cantidad como a la calidad del tipo de alimentación deseada. Ya Hobbes (1651) afirmaba: “La nutrición de una república consiste en la abundancia y distribución de materiales conducentes a la vida. En su condimentación o preparación y (una vez condimentados) en su traslado por conductos convenientes al uso público”. Más de 350 años después, los objetivos del milenio de Naciones Unidas (2009) y los objetivos a plazo medio de UNESCO (2007) mantienen la vigencia de la importancia política del sistema alimentario y son el ejemplo más global de su participación fundamental en la estructura de la Sociedad.

En la tutela de la calidad, la administración pública ya en tiempo de los griegos (*agoranomos*) y siguió en la edad media (Anónimo 1371) estable-



cía instituciones y funciones de control para garantizar no solo la calidad sino también la percepción fiscal de los mismos. Es obvio que la existencia de agencias públicas como la FDA (USDA) y la EFSA (EU) es un ejemplo de la actual preocupación política sobre el tema.

Uno de los hechos coherentes con el valor estratégico social del sistema alimentario, es la existencia histórica de **acciones de ayuda a necesidades sociales de alimentos**.

Organizaciones estatales y de la sociedad civil, a través de instituciones de la misma (confesionales o no), justificadas por las situaciones crónicas o emergencias en la disponibilidad alimentaria de toda, o parte, de la población. Situadas al exterior del sistema económico tradicional (oferta-demanda) es, sin embargo, su influencia notable en los aspectos socio-políticos y del comportamiento de la ciudadanía y su evolución un indicador nada despreciable de las relaciones de la Sociedad con el sistema agroalimentario.

### 3.4. Eje del Saber (eje S)

El cuarto eje, definido en otro trabajo de los autores (Clotet, R., Colomer, Y., Mayor, F. (2010)) como “Cultura”, se ha planteado con una definición más amplia que permita un desglose clasificador. Se define como eje Saber con las áreas:

- Conocimiento ( $s_1$ )
- Comportamiento ( $s_2$ )
- Cultura ( $s_3$ )

El alimento se introduce en el cuerpo humano, forma parte de él, es indispensable para vivir y afecta a la salud. Todo ello establece unas bases emocionales que hacen que alimentarse supere las bases científicas de su mecanismo y adquiera otras connotaciones. Las emociones que genera son en realidad un ejemplo de su carácter de elemento esencial. Ya en la mitología griega el pacto del Neolítico es elevado a historia, al enseñar Deméter (Ceres) la agricultura al héroe Triptolemos. Y en las religiones

monoteístas el tema de disponibilidad y la política alimentaria están frecuentemente presentes. Baste también recordar la crónica evangélica de la multiplicación de los panes y los peces (Ev. Juan, 6. 1-6.15) y la sura XVI del Corán. El antropólogo M. Harris (1977) y otros, han estudiado con profundidad este tema.

Todo este entorno se articula en este eje: el **conocimiento** y la preocupación por los alimentos y la nutrición de los ciudadanos; el conocimiento se mueve por la formación que debe realizarse a cada nivel de capacidad de comprensión de todo ciudadano y debe ser general y específico para aquellos temas que la necesiten. El **comportamiento** social (historia, sociología, antropología, tendencias de consumo, tabúes culturales y religiosos, ...) y la **cultura** como reflexión tanto intelectual como de placer relacionado con los alimentos (arte, literatura, gastronomía, ...).

#### 4. DESARROLLO DEL MODELO

La subdivisión de los cuatro ejes en tres ámbitos para cada uno de ellos, permite disponer de un vector de segundo nivel con doce componentes, que derivan de los cuatro elementos primarios, y que en su conjunto se estiman suficientes, en una primera aproximación, para conocer la estructura pluridimensional y básica y el peso conceptual de cada uno de ellos dentro de un área previamente definida. De cada uno de los ámbitos puede plantearse posteriormente la consideración de elementos más específicos y que se relacionan entre ellos en combinaciones binarias, terciarias, etc., creando así una tupida red que forma el sistema alimentario global. La visión de los cuatro ejes se representa en la Figura 1 en la que aparecen dos grandes grupos: base tecnológica (Disponibilidad y Economía) y base social (Política y Saber).

#### 5. CONCEPCIÓN DE UN ESPACIO

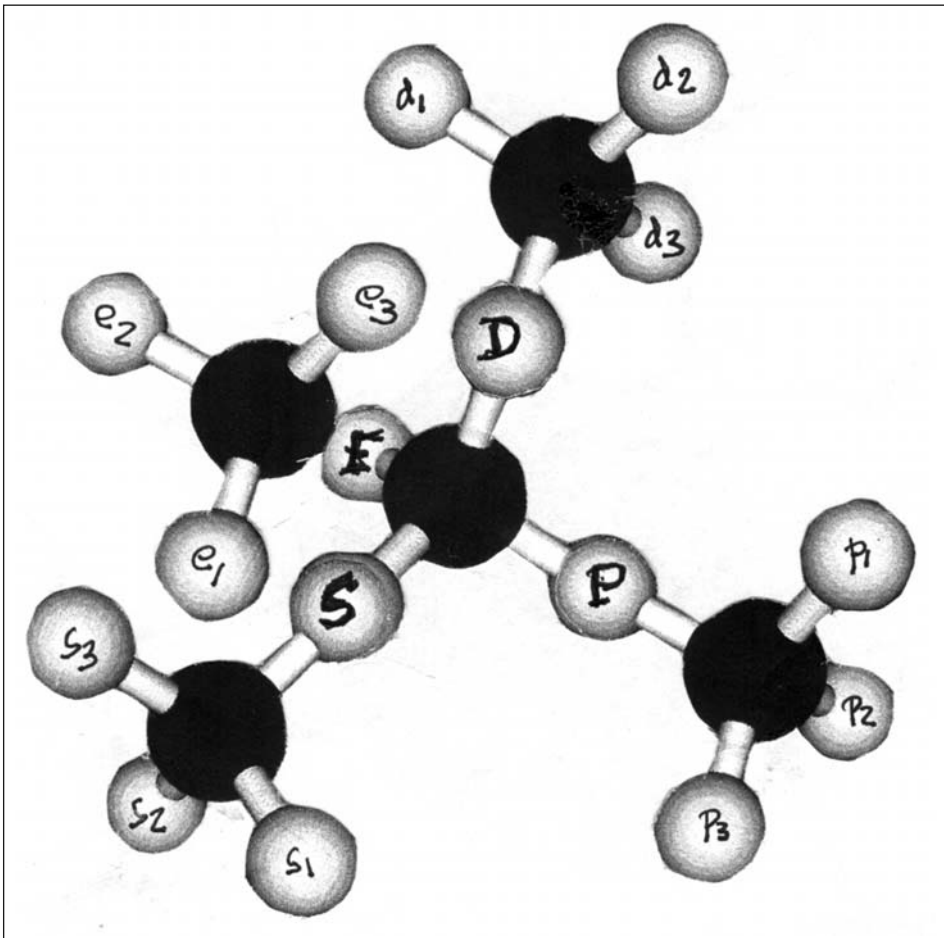
El sistema alimentario global se ha concebido pues como un entorno, definido y caracterizado por los cuatro grandes ejes indicados. La representación bidimensional de los ejes no es suficiente para visualizarlo, definirlo y permitir una subdivisión consecutiva de definiciones temáticas cada vez

más específicas que consigan una visión cuantitativa de su posición en el espacio que configura el sistema.

Cuatro puntos en un espacio pueden ubicarse como los vértices de un tetraedro regular, cada uno de los cuales representa el núcleo inicial espacial de los cuatro ejes básicos del sistema. Cada punto (D, E, P, S) es el punto de conexión de otros tetraedros regulares y que permite en sus tres vértices libres, colocar los subejos correspondientes (Fig. 2), en una estructura fractal.

Fig. 2

RED POLIÉDRICA ESPACIAL DEL SISTEMA ALIMENTARIO GLOBAL



El establecimiento de valores cuantitativos para las variables indicadas en cada uno de los doce subejos, y de las derivaciones más específicas que pudiesen desarrollarse posteriormente, debe permitir establecer correlaciones cuantitativas entre conceptos ya meramente puntuales o en prospectiva.

Así, cualquier actividad o concepto en relación al sistema agroalimentario queda definido en este espacio. Si se define en tanto por uno (distancia del centro de tetraedro al vértice) la participación de una temática en cada uno de los doce subejos, podrá quedar definida su posición en el espacio interior de una forma específica. La definición de la posición y la concreción de los múltiples entornos que definen el *sistema agroalimentario global* de forma más detallada, pueden ir aumentando a medida que se avance en la subsecuente división de cada uno de los subejos por división conceptual ternaria que supondrá la edición de un nuevo tetraedro en el espacio. La división conceptual debe considerar no dejar perdido cualquier tema incluido en la definición inicial. Si no es posible una subdivisión ternaria pueden adoptarse otras que en el espacio deberían representarse por la figura geométrica con tantos vértices (+1) como subdivisiones propuestas. En este planteo el modelo puede crecer sin limitaciones a medida de la precisión deseada en un espacio en donde todos los puntos pueden quedar conectados. El sistema debe permitir una precisión exacta de situación en el politetraedro que define el sistema agroalimentario, de cualquier actividad o concepto por concreta que sea su definición, creando una estructura de crecimiento armónico según necesidades de precisión.

Es un reto que los autores siguen explorando con la consideración de elementos matemáticos que permitan el desarrollo de este planteamiento conceptual.

## 6. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

En este apartado se expone sucintamente la metodología que se propone aplicar para cuantificar la caracterización de las variables utilizadas en la descripción de los ejes y subejos del modelo conceptual expuesto en los apartados anteriores. Se trata esencialmente de una metodología basada en el denominado *análisis composicional*, es decir, de las proporciones

o valores relativos en relación a un determinado total, de variables que caracterizan el sistema alimentario, el cual, por definición, es un sistema dinámico caracterizado por variables de valores positivos que evolucionan en el tiempo. La descripción completa de dicha metodología puede verse en Jarauta-Bragulat, E. y Egozcue, J.J. (2011 y 2013).

Para analizar sistemas dinámicos se aplican modelos conceptuales, descritos habitualmente en lenguaje matemático, y bases de datos numéricos correspondientes a las variables analizadas que proporcionan información cuantitativa. Una de las claves en este análisis está en identificar adecuadamente la información que proporcionan los datos numéricos. Así, si se dice que en una determinada región hay 1000 personas insuficientemente alimentadas, el significado de esta información sólo adquiere su verdadera dimensión si se relativiza respecto a la población total, pues no es lo mismo que ese número se refiera a una población de 5000 habitantes que de un millón, pongamos por caso.

Los sistemas dinámicos pueden descomponerse en diversos subconjuntos o partes que en la metodología clásica se analizan sectorialmente y en el análisis composicional se estudian conjuntamente. Por ejemplo, si se trata de estudiar el grado de suficiencia alimentaria de una población, ésta puede descomponerse en dos o tres grupos poblacionales: (insuficientemente alimentada, suficientemente alimentada) sería una primera descomposición en dos subpoblaciones y (insuficientemente alimentada, correctamente alimentada, sobrealimentada) podría ser una segunda descomposición en tres grupos de la población. El número y, consecuentemente, la proporción de cada uno de estos grupos, evoluciona en el tiempo y puede caracterizarse matemáticamente esta evolución así como, y es uno de los elementos que presenta mayor interés, realizar proyecciones de cómo puede ser en el futuro la evolución de los grupos de población.

Un sistema dinámico subdividido en  $m$  grupos puede describirse mediante una función vectorial definida en un intervalo de la recta real y de valores en el espacio multidimensional de componentes positivas, es decir:

$$\vec{F} : I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}_+^m; \quad \vec{F}(t) = (F_1(t), F_2(t), \dots, F_m(t)), t \in I \quad (1)$$

Las componentes de esta función tienen unidades tales como número de personas, unidades monetarias, número de barriles de petróleo, etc. Las denominamos valores *en masa o masas*, por brevedad. Para analizar un sistema a partir de datos correspondientes a las variables consideradas, éstos se configuran como una matriz de diversas filas y columnas; las filas constituyen los datos correspondientes a cada una de las unidades de tiempo que se consideren, habitualmente años y en las columnas se disponen los valores de las variables consideradas. El análisis composicional consiste en definir las *proporciones o partes* como el cociente de cada una de las componentes entre la suma de todas ellas, esto es, la masa total del sistema (que puede ser constante o no). Así pues:

$$M(t) = F_1(t) + F_2(t) + \dots + F_m(t), t \in I ; x_k(t) = \frac{F_k(t)}{M(t)}, k = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

En este caso, se obtiene una función simplicial, esto es, una función definida en un intervalo de la recta real con valores en el denominado simplex de  $m$  partes:

$$\bar{x} : I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow S^m ; \bar{x}(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)), t \in I ; \sum_{k=1}^m x_k(t) = 1 \quad (3)$$

En el caso del sistema alimentario global, para los ejes definidos se plantean unas variables que permiten un análisis cuantitativo en una primera aproximación y responden a la característica deseada de descripción del sistema alimentario global, pudiendo más adelante considerarse más niveles de detalle. Las variables han sido desarrolladas a partir de valores disponibles en estadísticas fiables de organismos internacionales o públicos nacionales y expresadas en unidades homogéneas, que permiten el citado análisis desde la perspectiva composicional (Tabla 1). Ello ha obligado a ciertas conversiones justificadas en la tabla. En los casos del eje del saber, los autores han desarrollado sus propios parámetros como suma de valores disponibles que influyen en el concepto. Así en  $s_2$  se interpreta que el número de tiendas de alimentación alternativa es un indicativo del comportamiento de la sociedad frente al consumo convencional

del momento. El  $s_3$  se introduce en forma de suma de las dos grandes tendencias: cultura del conocimiento (museos, ...) y cultura del placer sensorial (gastronomía: el factor 0,25 corrige el efecto mediático sobre el cultural).

Tabla 1

PARÁMETROS PROPUESTOS Y SU UNIDAD DE EXPRESIÓN PARA LOS 12 ÁMBITOS INICIALES DEL MODELO

Eje	Subeje	Concepto	Variable propuesta o unidades de expresión
D	$d_1$	Producción primaria	Kg por habitante
	$d_2$	Producción transformación + servicios	Kg por habitante
	$d_3$	Nutrición (*)	Kg por habitante
E	$e_1$	Valor producción primaria y de productos elaborados y servicios	€ por habitante
	$e_2$	Renta Nacional Bruta (RNB) (PPA)	€ por habitante
	$e_3$	Economía global: Valor económico energía total consumida	€ por habitante
P	$p_1$	Derechos humanos. Violencia global	Nº muertos por violencia en relación al número de habitantes
	$p_2$	Acciones públicas sobre el sistema agroalimentario	Presupuesto oficial estructura agroalimentaria en relación al presupuesto total
	$p_3$	Acciones de ayuda a necesidades sociales de alimentos (estado + sociedad civil)	Kg. Alimentos ayuda (**)/Kg. Alimentos totales (**) (**) en dieta/cápita (*)
S	$s_1$	Conocimiento	Población estudiantes formación agroalimentaria en relación al número de habitantes
	$s_2$	Comportamiento	Número de tiendas alimentación alternativa (ecológica, vegetariana, kosher, ...) en relación al número de habitantes
	$s_3$	Cultura	Nº instrucciones culturales agroalimentarias (museos, publicaciones, asociaciones, ...) + 0,25 x Nº estrellas Michelin o equivalente en relación al número de habitantes

(\*) Los datos en el nivel de consumo se expresa en las estadísticas de FAO en energía alimentaria global ingerida (Kcal/cápita) no procesando a este nivel la aportación a esta energía de los distintos componentes nutricionales. Esta imprecisión inicial nos permite plantear la energía del consumo como aportada por una dieta en la que intervienen los tres grupos fundamentales en una proporción conceptualmente correcta según FESNAD (2010):

Hidratos de carbono (4 Kcal/g)	60 g	-	240 Kcal
Grasas (9 Kcal/g)	30 g	-	270 Kcal
Proteínas (4 Kcal/gr)	10 g	-	40 Kcal
	100 g	→	550 Kcal
		←	

Ello permite expresar los datos de las estadísticas oficiales de Kcal/cápita a Kg/cápita permitiendo una coherencia matemática de unidades en todo el eje D (factor de conversión: 1 g/5,5 Kcal). Este sistema está abierto a si se conoce el perfil de componentes en el entorno estudiado, aplicar un porcentaje de utilización más adecuado.

La estructura algebraica y geométrica del simplex no permite aplicar los métodos estadísticos estándar, debido a sus muy peculiares características. Para solventar esta dificultad y analizar adecuadamente un sistema dinámico desde la perspectiva composicional, se aplican transformaciones de las proporciones en el espacio euclídeo ordinario. La más adecuada es la denominada transformación logcociente isométrica, conocida por sus siglas en inglés *ilr* (*isometric logratio transformation*).

Una vez calculadas las coordenadas *ilr* del conjunto numérico de datos, se puede efectuar el ajuste de un modelo de regresión lineal a una ecuación diferencial lineal de primer orden, tal como se justifica y se desarrolla en Jarauta-Bragulat, E. y Egozcue (2013). La ecuación diferencial lineal en coordenadas *ilr* tiene la expresión general:

$$\frac{d\vec{u}(t)}{dt} = A\vec{u}(t) + \vec{b} \quad (4)$$

Desarrollada, esta ecuación lineal corresponde al sistema de ecuaciones diferenciales:

$$\frac{du_j(t)}{dt} = a_1^j u_1(t) + a_2^j u_2(t) + \dots + a_{m-1}^j u_{m-1}(t) + b_j, \quad j = 1, 2, \dots, m-1 \quad (5)$$

La estimación de los coeficientes de la matriz y del término independiente realizada de forma directa en (5), presenta ciertos problemas de estabilidad numérica, como se muestra en Jarauta-Bragulat, E. y Egozcue (2013). Para mejorar la estimación se trabaja con la forma integral del sistema anterior:

$$\begin{aligned} u_j(t) - u_j(0) &= a_1^j U_1(t) + a_2^j U_2(t) + \dots + a_{m-1}^j U_{m-1}(t) + b_j t, \\ U_j(t) &= \int_0^t u_j(z) dz, \quad j = 1, 2, \dots, m-1 \end{aligned} \quad (6)$$

Mediante regresión lineal a partir de los datos, se estiman los coeficientes del sistema y los términos independientes en (6). Con ello pueden darse



tres situaciones, que presentan un número creciente de parámetros a estimar: coeficientes nulos y término independiente no nulo (caso denominado *modelo 0*), coeficientes no nulos y término independiente nulo (caso denominado *modelo 1*) y, por último, coeficientes no nulos y término independiente no nulo (caso denominado *modelo 2*).

A la vista de los resultados y de los indicadores numéricos de la calidad o bondad de ajuste de cada uno de los modelos, se adopta el modelo más sencillo que cumpla con los indicadores de bondad de ajuste. Con ello se obtiene la visualización de la evolución prospectiva de las variables analizadas y se puede proceder a la comparación con el la aplicación modelo a variables consideradas en otros subejos.

## 7. CONCLUSIONES

Los autores desarrollan su modelo de *sistema alimentario global*, presentado en anteriores publicaciones, basado en cuatro ejes básicos (disponibilidad, economía, política y saber).

Para ello, en el presente trabajo se pasa de los conceptos cualitativos a los cuantitativos. Cada eje se descompone, en tres subejos dando un total de 12, que identifican aspectos específicos de los primarios y que definen en este espacio las actividades y conceptos fundamentales del sistema agroalimentario y de tal forma que puedan seguir desarrollándose sus contenidos en aspectos más específicos, en un desarrollo fractal de base tetraédrica.

Para cada subeje se propone un primer parámetro de evaluación en base a valores en unidades, obtenibles de datos publicados, compatibles con el modelo de estudios evolutivos y prospectivos en el que se propone una variable vectorial para cada eje que toma valores en el simplex de tres partes y ajuste a un modelo lineal en coordenadas ILR.

El modelo presentado y la metodología matemática propuesta normalizan una estructura que da relieve al espacio agroalimentario global y permite conocer las relaciones en el tiempo y en la geografía de sus parámetros y realizar estrategias prospectivas sobre el mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANÓNIMO (1371). “El llibre del mostassaf de la ciutat de València”
- BONET, J.L., CLOTET, R. y COLOMER, Y. (2004). “La segunda gran revolución: la externalización de la cocina” en *Alimentos: la conquista humana* (ed. Fundación Triptolemos) - Ed. Lunwerg-Barcelona.
- CLOTET, R., COLOMER, Y. y MAYOR, F. (2010). Human development and food: a global vision. en *Global Food Security: Ethical and legal changes* (ed. by C.M. Romeo-L. Escajedo and A. Emaldi) Wageningen Academic Publishers. The Netherlands.
- EGOZCUE, J.J. y JARAUTA-BRAGULAT, E. (2013). “Growth/decay simple differential models in the simplex”. *Mathematical Geosciences* (submitted manuscript). In press.
- FESNAD (2010) (Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética). *Ingestas dietéticas de referencia (IDR) para la población española. Cap. I: Fundamentos de Nutrición*-Ed.: EUNSA-Barañain (Navarra).
- FOGEL, R.W. (2004). “The Escape from Hunger and premature death, 1700-2100” Europe, America and The Third World. Cambridge University Press.
- HARRIS, M. (1977). “Cannibals and Kings. The Origins of Cultures”. Random House Inc. (Edición Española: Alianza Editorial Madrid, 1987).
- HOBBS, T. (1651). *Leviathan*-Editorial Losada, S.A.. Buenos Aires (2003).
- JARAUTA-BRAGULAT, E. y EGOZCUE, J.J. (2010). “An approach to growth curves analysis from simplicial point of view”. *Proceedings of IAMG conference (Budapest)*.
- JARAUTA-BRAGULAT, E. y EGOZCUE, J.J. (2011). “Compositional approach to growth curves models”. *Proceedings of IAMG conference (Salzburg)*.
- JARAUTA-BRAGULAT, E. y EGOZCUE, J.J. (2013). “Modelling compositional change with simplicial linear ordinary differential equations”. In *Proceedings of the 5th International Workshop on Compositional Data Analysis*. K. Hron, P. Filzmoser and M. Templ (Eds.). Pp 71-80.
- MALTHUS, T.R. (1798). “An Essay on the Principle of Population, as it affects the future improvement of society”. Londres, J. Johnson
- MALTHUS, T.R. (1803), “An Essay on the Principle of Population; Or a View of Its Past and Present Effects on Human Happiness”, Londres, J. Johnson
- NACIONES UNIDAS (2009). *Objetivos de desarrollo del Milenio*-N.Y. (USA).
- SEN, A. (1977). “El futuro del estado del bienestar”. Conferencia “Círculo de Economía de Barcelona” (15 mayo 1997).
- UNESCO (2007). *Estrategia a plazo medio para 2008-2013*. Informe 34 c/4 París (Francia).

## RESUMEN

### El Sistema Alimentario Global: I - Definición de un espacio

Los autores desarrollan su modelo de sistema alimentario global, presentado conceptualmente en anteriores publicaciones, basado en cuatro ejes básicos (disponibilidad, economía, política y saber) dándole una estructura comprensible, abierta y en la que se le aplica una metodología matemática que permite conocer la evolución de los parámetros y su prospectiva.

Para ello, en el presente trabajo se pasa de los conceptos cualitativos a los cuantitativos. Cada eje se descompone, en tres subejos dando un total de 12, que identifican aspectos específicos de los primarios y que definen en este espacio las actividades y conceptos fundamentales del sistema agroalimentario y de tal forma que puedan seguir desarrollándose sus contenidos en aspectos de aún más detalle, en un desarrollo fractal de base tetraédrica.

Para cada subeje se propone un primer parámetro de evaluación en base a valores en unidades, obtenibles en unidades de tiempo, habitualmente años, de datos fiables publicados y compatibles con el modelo de estudios evolutivos y prospectivos presentados en el que se propone una variable vectorial para cada eje que toma valores en el simplex de tres partes y ajuste a un modelo lineal en coordenadas ILR (*isometric logratio transformation*).

El modelo normaliza una estructura que da relieve al espacio agroalimentario global y permite realizar estrategias prospectivas sobre el mismo en cada parámetro y entre ellos.

**PALABRAS CLAVE:** disponibilidad, economía, política, saber, alimentación, sociedad, sistema dinámico, modelización matemática, prospectiva.

**CÓDIGOS JEL:** 3C(02-51), 9I(19-31), 12L(66), 15O(013), 17Q(1-2-3-5).

## SUMMARY

### The global food system: I - Definition of a space

The authors develop their model of global food system, presented conceptually in earlier publications, based on four basic axes (availability, economy, politics and knowledge) to give it an understandable open structure, and applying a mathematical methodology to it to enable the evolution of the parameters and its prospects to be known.

To this end, this current study goes beyond the qualitative concepts to the quantitative ones. Each axis is broken down into three sub-axes giving a total of 12, that identify specific aspects of the primary ones and define the fundamental activities and concepts of the agri-food system in this space and in such a way that their contents can be developed further in even greater detail, in a fractal development on a tetrahedral base.

A first evaluation parameter is proposed for each sub-axis based on values in units, that can be obtained, time units, years usually, from reliable published data and compatible with the model of evolutionary and prospective studies presented in which a variable vector for each axis is proposed that takes values in the simplex of three parts and adjusted to a lineal model in ILR (*isometric logratio transformation*) coordinates.

The model standardises a structure that highlights the global agri-food area and allows prospective strategies to be carried out on the same subject, on each parameter or between them.

**KEY WORDS:** availability, economy, politics, knowledge, food, society, dynamic systems, mathematical models, prospective.

**JEL CODES:** 3C(02-51), 9I(19-31), 12L(66), 15O(013), 17Q(1-2-3-5).