

REIA #21/2022
210 páginas
ISSN: 2340—9851
www.reia.es

Pablo Calzado de Toro

Universidad Politécnica de Madrid / pabcal@gmail.com

Javier Francisco Raposo Grau

Universidad Politécnica de Madrid / javierfrancisco.raposo@upm.es

La ciudad como sistema cerrado, una utopía tecnológica de escape como modelo de sostenibilidad urbana / *The city as a closed system, a technological utopia of escape as a model of urban sustainability*

Las primeras imágenes de la Tierra desde el espacio y el desarrollo de los estudios de “ecología de cabina” propios del programa espacial inspirarán, a partir de los años sesenta, la percepción del planeta como una nave espacial aislada y la posterior aplicación de los sistemas de ciclos ecológicos cerrados como solución a la crisis medioambiental terrestre, dando lugar a numerosas propuestas ideales de ciudades aisladas, climatizadas y autosuficientes que, en su versión más extrema, plantearán incluso la posibilidad de abandono de la Tierra en colonias espaciales, constituyendo verdaderas “utopías de escape” tecnológicas.

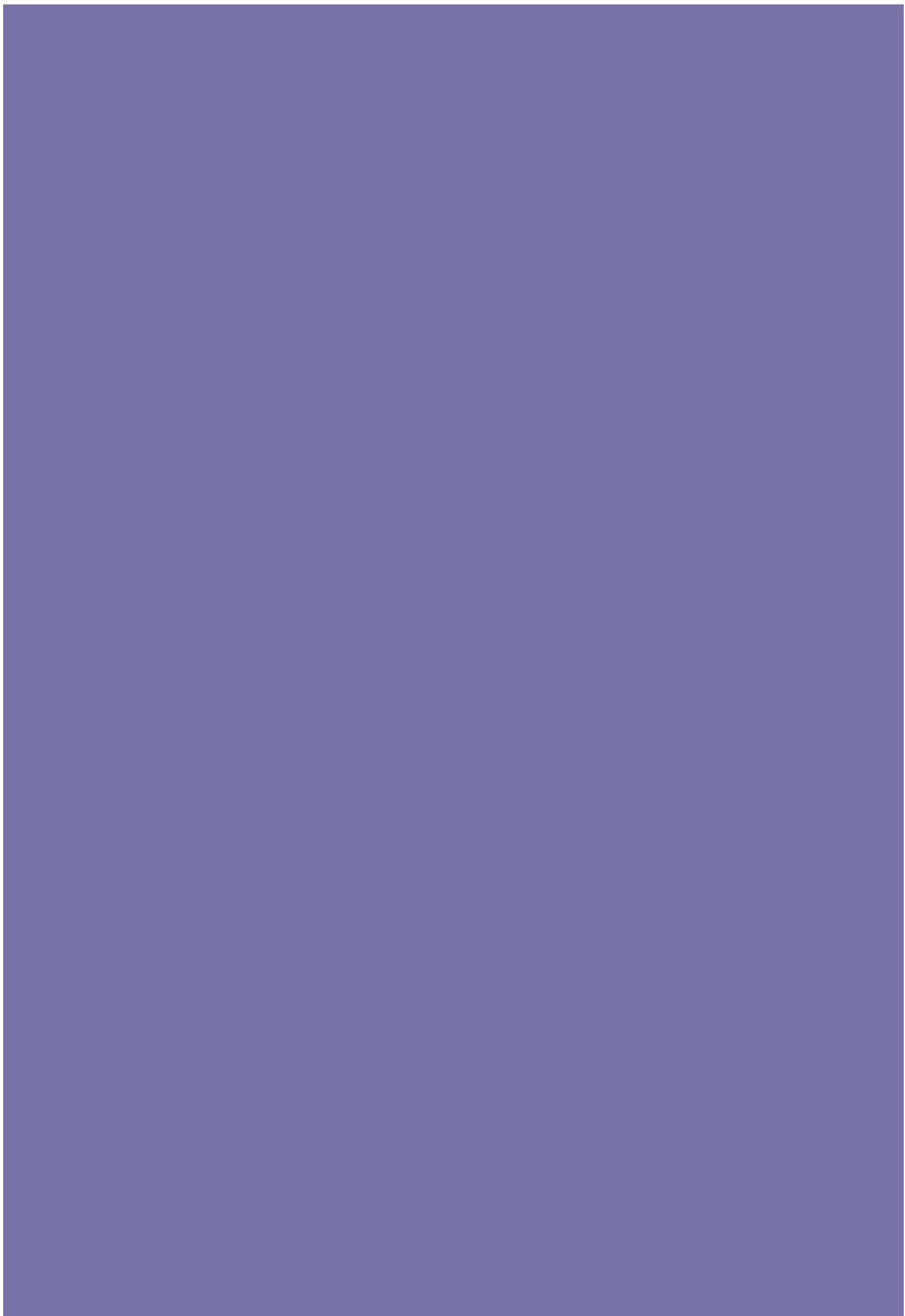
A pesar del riesgo de evasión de la realidad propio de las utopías de escape, estas propuestas suponen un intento de redefinir los límites de la ciudad, desdibujados desde la revolución industrial, y recuperan los conceptos aristotélicos de equilibrio y límite, presentándose como una revisión de las utopías clásicas, agrícolas y sostenibles al mostrar una miniaturización contenida de un sistema ideal en equilibrio estático. Modelos aislados mediante una piel o membrana que actualizan la visión tradicional de la isla como contenedor genérico de la utopía clásica preindustrial. En su abstracción de un ecosistema miniaturizado y encapsulado, nos proponen un cambio en la percepción de nuestras ciudades, insistiendo en la importancia esencial del territorio natural en el control de la entropía urbana y recuperando el concepto de ciudad-región como unidad de desarrollo sostenible.

The first images of the Earth from space and the development of “cabin ecology” studies of the space program inspired, from the 1960s, the perception of the planet as an isolated spacecraft and the subsequent application of systems of closed ecological cycles as a solution to the terrestrial environmental crisis, giving rise to numerous ideal proposals for isolated, air-conditioned and self-sufficient cities that, in their most extreme version, will even raise the possibility of abandoning the Earth in space colonies, constituting true technological “utopias of escape”.

Despite the risk of evasion of reality typical of escape utopias, these proposals represent an attempt to redefine the limits of the city, blurred since the industrial revolution, and recover the Aristotelian concepts of balance and limit, presenting themselves as a revision of the classic, agricultural and sustainable utopias by showing a contained miniaturization of an ideal system in static equilibrium. Isolated models through a skin or membrane that update the traditional vision of the island as a generic container of the classic preindustrial utopia. In their abstraction of a miniaturized and encapsulated ecosystem, they propose a change in the perception of our cities, insisting on the essential importance of the natural territory in the control of urban entropy and recovering the concept of the city-region as a unit of sustainable development.

Utopía, ecosistema cerrado, sostenibilidad, colonias espaciales /// Utopia, closed ecosystem, sustainability, space colonies

Fecha de envío: 15/03/2022 | Fecha de aceptación: 02/06/2022



La Nave Espacial Tierra y la percepción del límite

Las ciudades son las principales responsables de la crisis ecológica actual. La ciudad del mundo desarrollado constituye un sistema abierto¹, con un metabolismo lineal² de ramificaciones planetarias, cuya actividad y desarrollo genera impactos medioambientales dispersos por todo el planeta, difíciles de localizar y cuantificar, generando áreas de influencia difusas en toda la Tierra, tanto para su abastecimiento, funcionamiento y conservación como para la eliminación de los residuos que genera en el proceso.

El concepto de “huella ecológica”³, creado en 1996 por Rees y Wackernagel, nos permite hacer una estimación de los impactos que las ciudades tienen en el medio ambiente, determinando la cantidad de suelo que éstas necesitan para su mantenimiento, relacionando directamente los conceptos de desarrollo (consumo) y territorio: entropía y medio natural. En el año 2000, el cálculo de la huella ecológica para abastecer a la población mundial superaba la biocapacidad del planeta en un 31%, lo que supone, que antes de entrar en el nuevo milenio, ya habíamos sobrepasado la capacidad de carga

1. *“Desde un punto de vista entrópico una ciudad debe ser considerada un sistema abierto, capaz de intercambiar materia y energía con los sistemas que la circundan. Se llaman sistemas aislados aquellos que no pueden intercambiar ni materia ni energía con los sistemas que los rodean, es decir, con el llamado “ambiente externo”. Por su parte, los sistemas cerrados, entre los que se encuentra la Tierra, son aquellos que pueden intercambiar energía, pero no materia, con el ambiente circundante. Los sistemas abiertos, entre los que se encuentran las ciudades y los organismos vivos, son capaces de intercambiar tanto materia como energía”* (Bettini 1998, p. 113)
2. El concepto de metabolismo urbano fue definido por primera vez por Abel Wolman en su artículo “The metabolism of cities” (1965) parte de considerar la ciudad como un ecosistema, al igual que otras asociaciones de organismos. Los ecosistemas naturales tienen un metabolismo circular, en el que las emisiones generadas por un organismo vuelven a incorporarse al sistema como una nueva entrada. Sin embargo, las ciudades como ecosistema tienen un metabolismo lineal, según Girardet (2001, pp. 62-63): *“El metabolismo de la mayor parte de las ciudades es esencialmente lineal. Los recursos se “bombean” a través del sistema urbano sin cuidado de su origen o del destino de los desechos, produciendo como resultado emisiones de enormes cantidades de productos residuales incompatibles con los sistemas naturales... Este modelo lineal de producción, consumo y eliminación urbana es insostenible y socava la viabilidad ecológica general de los sistemas urbanos puesto que tiende a romper los ciclos naturales”*.
3. Huella ecológica se define como el indicador o conjunto de indicadores que evalúan la superficie de tierra y agua necesarias para producir los recursos y alimentos que sostienen a una determinada población, así como la superficie necesaria para la gestión y eliminación de los residuos que genera. Su unidad de medida es la hectárea por habitante y se puede calcular a diferentes escalas, urbana, comunitaria, nacional...etc. Fue propuesta por William Rees y Mathis Wackernagel en “Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth” en 1996.

del planeta (Higueras 2006, p. 9). En el año 2015 el cálculo de la huella ecológica global equivalía ya a 1,7 planetas Tierra⁴. La de Londres superaba en 125 veces su región de referencia marcando una cifra de 49 millones de hectáreas, señalando que para abastecer y asimilar sus desechos haría falta un territorio equivalente a dos veces toda Gran Bretaña.

Así, la delimitación y el control del territorio de influencia de nuestras ciudades se nos presentan como vía de desarrollo sostenible de las mismas. La ciudad preindustrial aspiraba a ser sostenible porque estaba claramente delimitada como oposición al campo (incluso físicamente mediante cercas y murallas) y dependía casi exclusivamente de su territorio, que debía respetar y proteger para su supervivencia. Su funcionamiento se basaba en un metabolismo circular⁵ en el que los recursos provenían de su entorno y los residuos orgánicos se integraban de nuevo, de forma natural, en el proceso. Con la revolución industrial y la llegada del ferrocarril, se comienzan a desdibujar los límites de las ciudades, se derriban las antiguas murallas y se amplían las áreas de influencia de los nuevos núcleos industriales. La generalización del uso del automóvil a partir de la segunda mitad del siglo XX y la consiguiente expansión de las vías de comunicación, deterioró aún más la relación de la ciudad con su territorio, perdiéndose definitivamente la percepción del concepto ciudad-región como unidad de desarrollo sostenible. Como describía Mumford (1956):

“En aquel momento, las cuatro limitaciones naturales al crecimiento de las ciudades fueron vencidas: el límite nutricional, establecido por un suministro de alimento y agua adecuados; el límite defensivo, determinado por el perímetro fortificado; el límite del tráfico, condicionado por los lentos medios de transporte tradicionales, como las barcas; y el límite energético, vinculado a la producción regular de las corrientes de agua o a la imprevisibilidad de los medios alternativos, la tracción animal y la fuerza del viento. En la nueva ciudad industrial dichos límites habían dejado de existir.”

Las propuestas utópicas de ciudad como parte de un ecosistema cerrado, que integre en sus límites tanto las áreas urbanas como el territorio necesario para su abastecimiento, se han planteado como solución a la crisis ecológica y al crecimiento exponencial de la población. Estas visiones ideales nos proponen un cambio en la percepción de nuestras ciudades, nos hacen ser conscientes de la dependencia urbana del medio natural como su soporte productivo y energético, del territorio que necesitan y degradan y presentan un modelo orgánico de ciudad autosuficiente en la que la protección del medio ambiente y el cambio en los hábitos de consumo se establecen como estrategias fundamentales de supervivencia. Suponen, en definitiva, un intento de redefinir los límites de la ciudad.

4. Global Footprint Network. <http://data.footprintnetwork.org>

5. Según Fariña (1998, p. 284): “El metabolismo lineal es aquel que toma lo que necesita en una zona extensa sin pensar en las consecuencias, deshaciéndose de los restos allí donde puede. Un metabolismo circular sería aquel que tuviese conciencia de la influencia de su acción sobre el planeta y que actuase en el sentido de completar los ciclos naturales de forma que todos sus residuos fuesen reutilizables, creando un impacto menor sobre la biosfera”.

La búsqueda de un modelo orgánico de ciudad en equilibrio con su entorno natural demanda, de hecho, una definición precisa de sus límites, como señala Fernández-Galiano (2012, p. 23):

“Esta visión orgánica de la ciudad, que al asimilarla a un ser vivo entiende que debe nutrirse —o en términos físicos exportar entropía—, exige una definición precisa de sus límites, algo por desgracia más impreciso en el ámbito urbano que en el biológico, donde la piel de un animal o la membrana de un protozoo establece una frontera relativamente nítida entre el individuo y el entorno que lo sustenta”.

Al encapsular la ciudad y su territorio se forma una entidad nueva, un modelo orgánico ideal de ciudad-región independiente, autosuficiente y autorregulada: una imagen de organismo cibernético en equilibrio homeostático interior a la membrana, en el que el control de la entropía se realiza en el ecosistema interno del que la ciudad es indisociable y plenamente dependiente. Como recuerda Girardet (2001, p. 53): *“Las ciudades no pueden ser superorganismos que se regulen a sí mismos si no mantienen vínculos estables con la región tributaria de la que extraen sus recursos y en la que descargan sus residuos”*. E. P. Odum defendería una idea similar, la búsqueda del equilibrio de la ciudad con el medio debía partir de la definición del ecosistema general al que la ciudad pertenece: *“Una ciudad sólo puede ser considerada un ecosistema completo si se consideran completamente incluidos en él los ambientes de entrada y de salida”* (Odum 1983, citado en Bettini 1998, p. 79).

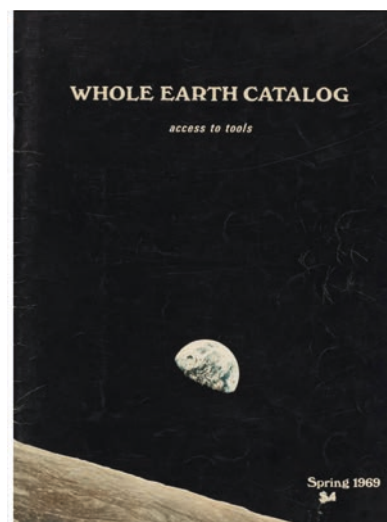
Las utopías clásicas agrícolas eran plenamente conscientes de sus límites, tanto físicos como de crecimiento y de la necesidad de preservar el equilibrio con su territorio natural, así como de evitar el cambio y el excesivo progreso material como precursores del desequilibrio y la decadencia. Se trata, consecuentemente, de utopías estáticas; aisladas y en equilibrio; contenidas y con voluntad de autosuficiencia. La preservación frente al cambio de un sistema ideal en equilibrio precisará, por tanto, nuevamente, una definición clara de sus límites, como consecuencia la isla se establecerá como el contenedor preferente de la utopía clásica⁶. Como afirmaba Mumford (1965, p. 36): *“Un modelo ideal es el equivalente ideológico de un contenedor físico: mantiene el cambio extraño dentro de los límites del proyecto humano”*.

Así, la visión utópica de la ciudad como parte de un ecosistema cerrado representa un anhelo de restaurar los límites desdibujados de la ciudad, de recuperar los conceptos aristotélicos de equilibrio y límite, presentándose como una actualización de las utopías clásicas, agrícolas y sostenibles al mostrar una miniaturización encapsulada de un sistema ideal en equilibrio estático. Modelos aislados mediante una piel o membrana que reinterpretan la visión tradicional de la isla como contenedor genérico de las utopías clásicas sostenibles y en las que la definición del recipiente o continente, tecnológico o arquitectónico, será esencial para la supervivencia del

6. La Utopía de Moro (1516) es una isla convenientemente separada de forma artificial del continente. La isla será igualmente el contenedor de las utopías de Andreae: “Cristianópolis” (1619), Bacon: “La Nueva Atlántida” (1627) y Campanella: “La Ciudad del Sol” (1637).

Fig. 01. Haus-Rucker & Co. "Stück Natur" (A Piece of Nature), 1971-73.

Fig. 02. "Whole Earth Catalog". 1969. Portada mostrando la icónica imagen "Earthrise" (Amanecer de la Tierra) tomada por Bill Anders, del Apolo 8 en 1968.



sistema y el control de la entropía, constituyendo en sí mismos un ejemplo de utopía en el que la definición y materialización del "contenedor físico" se impondrá y prevalecerá sobre el "modelo ideal".

Como representación del ideal utópico de recrear ecosistemas cerrados y replicar o miniaturizar las condiciones de la Tierra en su totalidad o parcialmente, Lydia Kallipoliti (2018) recupera la imagen de Haus-Rucker-Co., "A Piece of Nature" (fig. 1), publicada en la portada de Casabella de Marzo de 1976, destacando la importancia de la arquitectura en los sistemas cerrados ideales como contenedor físico del sistema utópico y como un medio que garantiza la preservación del equilibrio interior y la continuidad de los ciclos esenciales de materia energía y datos:

"El mundo cerrado de "A Piece of Nature" secuestra el entorno verde dentro de sus límites, rediseñando la naturaleza en pedazos de tierra. En última instancia, funciona como una improvisada estructura sellada que regenera nuevas condiciones a partir de lo que está disponible dentro de sus fronteras sistémicas. En un sistema cerrado, cualquier modificación se produce internamente, afectando únicamente a la estructura organizativa del sistema... Como reconstrucciones parciales del mundo, en el tiempo y en el espacio, los sistemas cerrados nos hablan de la inquietante transferencia de la vida usando la arquitectura como medio y recipiente para asegurar un ciclo compulsivo de materia, energía y datos" (Kallipoliti 2018, p. 14).⁷

El concepto ideal de ciudad como ecosistema cerrado de metabolismo circular tiene un origen temprano en la ciencia ficción, en la posibilidad de crear colonias espaciales y ciudades climatizadas y autosuficientes en entornos adversos. El posterior análisis científico de su viabilidad influiría en el desarrollo de una visión ecológica de la Tierra como una

7. "The closed world of a Piece of Nature sequesters the green setting within its boundaries, reengineering nature in pieces of earth. Ultimately, it functions like an improvisatory sealed structure that regenerates new conditions out of what is available within its systemic borders. In a closed system, any modification occurs internally, affecting the organizational structure of the system alone... As partial reconstructions of the world in time and in space, closed systems speak of the eerie transference of life using architecture as the medium and vessel to secure a compulsive cycling of matter, energy and data" (Kallipoliti 2018, p. 14).

inmensa nave espacial, que llevaría asociadas claras consecuencias éticas y medioambientales.

El estudio de la creación de sistemas ecológicos cerrados partirá inicialmente de las investigaciones en el campo militar de construir sistemas biológicos autosuficientes en el interior de submarinos y refugios subterráneos. Los conocimientos y la metodología empleados por los ecólogos se aplicarían posteriormente al desarrollo del programa espacial a partir de los años sesenta, proponiendo la construcción de ecosistemas cerrados en el interior de cápsulas, naves y colonias espaciales. Los estudios de los procesos ecológicos y de conceptos como la “capacidad de carga”⁸ de un vehículo o colonia espacial para un determinado número de astronautas se usarían consecuentemente para analizar los procesos ecológicos y la capacidad de carga de la “Nave Espacial Tierra” (Anker 2005, p. 242).

Igualmente, a partir de los años setenta, la ética medioambiental propondría vivir como astronautas, adaptando las pautas culturales y las tecnologías de vida en el espacio al uso general, como la utilización de células solares, el reciclado del agua y los residuos o el ahorro energético. De este modo, tanto la tecnología, la terminología y la metodología desarrolladas para una colonización ecológica del espacio se convirtieron en herramientas para resolver los problemas medioambientales terrestres (*ibidem*, p. 239).

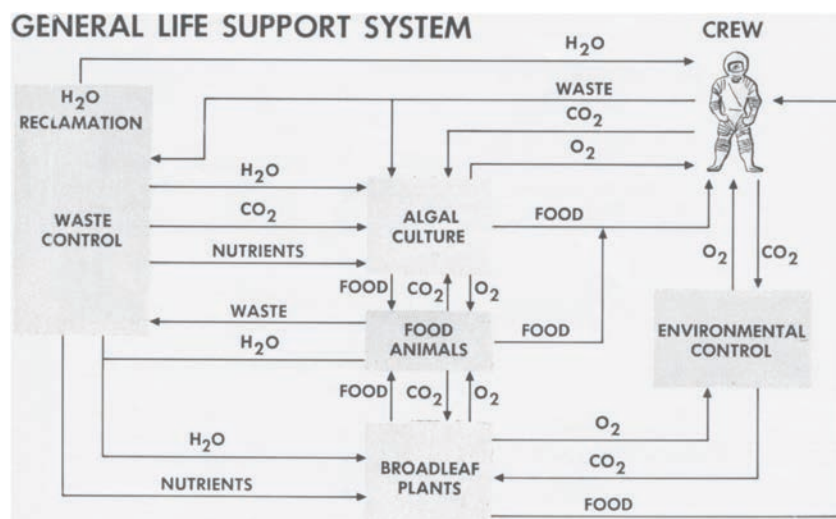
Considerar La Tierra como un sistema cerrado de recursos finitos es un concepto relativamente nuevo que se empieza a popularizar después de la Segunda Guerra Mundial, con el desarrollo de la aviación y los programas espaciales que conseguirían mostrarnos las primeras imágenes de nuestro planeta en el universo (fig. 2). Uno de los primeros en desarrollar esta idea será Kenneth E. Boulding que, a partir de 1965, publica una serie de ensayos comparando La Tierra con una nave espacial para señalar la importancia de considerar el mundo en su globalidad y la limitación de los recursos naturales. Las ideas de Boulding serían relevantes al asociar un tipo de economía y actitud ante el medio a partir de un cambio en la percepción del límite. “*La Tierra se ha vuelto una esfera diminuta, cerrada, limitada, superpoblada, y lanzada a través del espacio hacia destinos desconocidos*” (Boulding 1965):

“En la actualidad nos encontramos en un largo proceso de modificación de la naturaleza de la imagen que el hombre tiene de sí mismo y de su medio. ...no fue hasta la Segunda Guerra Mundial y el desarrollo de la era espacial cuando la naturaleza esférica del planeta penetró en la imaginación popular. Todavía hoy estamos muy lejos de haber efectuado las correcciones morales, políticas y psicológicas que están implicadas en esta transición desde el plano ilimitado a la esfera cerrada” (Boulding 1966, p. 327).

Para Boulding, este cambio en la percepción del límite de la Tierra debía llevar consigo una actitud diferente ante el medio. La humanidad debe ser

8. El concepto náutico “capacidad de carga” fue usado por primera vez por Mark Twain en 1883 para referirse a la capacidad máxima de gente y recursos en un barco de vapor (Anker 2005, p. 242). El concepto pasaría luego a usarse en biología a finales del XIX y se popularizaría en los años cincuenta con la publicación del influyente libro de Eugene Odum, “Fundamentals of Ecology”, de 1953, para definir los límites biológicos de un sistema natural en relación al crecimiento de su población.

Fig. 03. S.P. Johnson, y J.C. Finn (1963):
"Sistema general de soporte vital" para una
base lunar permanente.



consciente de vivir en un ecosistema cerrado en equilibrio y de la importancia de conservarlo para su propia supervivencia:

“Finalmente el ser humano va a tener que enfrentar el hecho de que él es un sistema biológico viviendo en un sistema ecológico, y que su poder de supervivencia va a depender del desarrollo de sus relaciones simbióticas de carácter de ciclo cerrado con todos los otros elementos y poblaciones del mundo de los sistemas ecológicos” (Boulding 1965).

Igualmente denunciará cómo la percepción de una tierra infinita de recursos ilimitados ha generado un tipo de economía de colonización, explotación y consumo que se presenta ahora incompatible con esta nueva visión del mundo: la “economía del cowboy” frente a la “economía del astronauta”:

“La Tierra cerrada del futuro requiere unos principios económicos que sean (de algún modo) diferentes de los de la Tierra abierta del pasado. Para ilustrar esto gráficamente, me siento tentado a denominar a la economía abierta “economía del cowboy”, pues el cowboy resulta un tipo representativo de las llanuras ilimitadas y puede asociarse también al comportamiento derrochador, explotador, romántico y violento, que es característico de las sociedades abiertas. La economía cerrada del futuro puede denominarse, análogamente, la “economía del astronauta”, en la que la Tierra se ha convertido en una única nave espacial, sin reservas ilimitadas de nada, debido a su extracción y a la contaminación, y en la que, por tanto, el hombre debe hallar su lugar en un sistema ecológico cíclico que sea capaz de una reproducción continua de las formas materiales, aun cuando no pueda evitar la utilización de inputs de energía” (Boulding 1966, p. 333).

Buckminster Fuller recoge las mismas ideas en “Operating Manual for Spaceship Earth” de 1969, destacando la importancia de considerar el funcionamiento ecológico de la Tierra en su globalidad, denunciando la explotación y el despilfarro de los combustibles fósiles que deberían ser conservados para las generaciones futuras, así como la necesidad de usar exclusivamente energías renovables, “todos somos astronautas”, señalará:

“Nuestro “motor principal”, los procesos de regeneración de la vida, deben funcionar exclusivamente mediante el inmenso aporte diario de energía del

viento, las mareas, el agua y la radiación directa del Sol” (Fuller 1969a, p. 123)⁹.

“Para empezar a fijar nuestra situación sobre la Nave Espacial Tierra, debemos reconocer, antes de nada, que la abundancia de recursos inmediatamente consumibles, obviamente deseables o absolutamente necesarios nos ha bastado hasta ahora para, a pesar de nuestra ignorancia, mantenernos y sobrevivir. Tratándose de recursos finitos y caducos han sido suficientes sólo hasta el actual momento crítico. Se podría llegar a considerar que el margen de error para la supervivencia y el crecimiento del género humano que se ha dado hasta ahora es comparable al de un polluelo dentro del huevo que se abastece de líquido nutricional para desarrollarse hasta la rotura de la cáscara” (ibidem, p. 58)¹⁰.

Para Fuller la humanidad se encuentra en este momento un segundo antes de la rotura del cascarón, en el que debemos afrontar una nueva relación con el universo: *“vamos a tener que abrir las alas del intelecto y volar, o perecer” (ibidem, p. 58)¹¹.*

La visión de la Tierra como una nave espacial, llevaba consigo una serie de cambios éticos y culturales así como la necesidad de desarrollar nuevas soluciones y herramientas tecnológicas para facilitar una vida en la Tierra como la de los astronautas en el espacio, en equilibrio con su ambiente ecológico.

El “Whole Earth Catalog”, editado por Stewart Brand, desde 1968 (fig. 2), que estaba directamente inspirado en las ideas de Buckminster Fuller y subtítulo como “Access to Tools” (“acceso a herramientas”)¹², tenía como objetivo fundamental presentar y divulgar precisamente el tipo de herramientas y nuevas tecnologías que hicieran posible un nuevo modo de vida en equilibrio con la naturaleza.

Las investigaciones en el campo de la “ecología de cabina” propias de la carrera espacial y de los submarinos y refugios nucleares, basadas en las investigaciones acerca de los flujos de materia y energía en los ecosistemas de los hermanos Eugene P. y Howard T. Odum, que participaron directamente en las investigaciones durante los años cincuenta y sesenta, intentaban definir la posibilidad de establecer ecosistemas en entornos artificiales cerrados y marcarían las directrices para diseñar “sistemas de soporte

9. “Our “main engine”, the life regenerating processes, must operate exclusively on our vast daily energy income from the powers of wind, tide, water, and the direct Sun radiation energy” (Fuller 1969a, p. 123).

10. “To begin our position-fixing aboard our Spaceship Earth we must first acknowledge that the abundance of immediately consumable, obviously desirable or utterly essential resources have been sufficient until now to allow us to carry on despite our ignorance. Being eventually exhaustible and spoilable, they have been adequate only up to this critical moment. This cushion-for-error of humanity’s survival and growth up to now was apparently provided just as a bird inside of the egg is provided with liquid nutrient to develop it to a certain point” (ibidem, p. 58).

11. “We are going to have to spread our wings of intellect and fly or perish” (ibidem, p. 58).

12. En la contraportada de la edición de 1969, junto a la imagen de la “Nave Espacial Tierra” en la fotografía “Earthrise” aparecía la cita del biofísico Harold J. Morowitz: “The flow of energy through a system acts to organize that system”, (“El flujo de energía a través de un sistema actúa para organizar dicho sistema”).

Fig. 04. Richard Buckminster Fuller:
proyecto de cúpula sobre Manhattan, 1961.



vital” mediante la definición de los esquemas básicos de circulación y reutilización de materia y energía dentro del ecosistema interior. Como el propuesto por Johnson y Finn en 1963 para una base lunar permanente (fig. 3), que incorporaba un ecosistema cerrado de más de 7000 metros cúbicos, con una capacidad de carga para veinticinco astronautas y que se inspiraba directamente en el trabajo de Eugene P. Odum.

Para John McHale en “The Future of the Future” (1969), los “sistemas de soporte vital” propios de la carrera espacial, constituían un duplicado en miniatura del ecosistema terrestre y su estudio y adaptación a los sistemas humanos en la Tierra determinarían un modelo de “rediseño ecológico”, en ciclo cerrado, de los sistemas urbanos, tecnológicos e industriales que se encontraban en un marcado desequilibrio ecológico¹³. Para él, el “esfuerzo espacial” de la humanidad tendría como consecuencia directa una percepción distinta de la Tierra así como un nuevo modelo de relaciones del ser humano con el planeta¹⁴.

13. “La ecología cerrada de los sistemas de soporte vital... es un modelo de sistema para el rediseño de muchos de nuestros proyectos industriales a gran escala cuyo mal funcionamiento ecológico degrada la calidad de nuestro medio ambiente. Los problemas de gestión de residuos, reutilización de materiales y reciclaje y purificación de aire y agua se plantean precisamente en estos términos. Un modelo similar también puede aplicarse a la remodelación de los sistemas de soporte metabólico de muchas de nuestras otras estructuras humanas en la ciudad, la vivienda privada, el transporte, las comunicaciones y dispositivos similares” (McHale 1969, p. 178). [“The closed ecology of life support systems... is a systems model for the redesign of many of our large-scale industrial undertakings whose ecological malfunction degrades the quality of our environment. The problems of waste management, materials reuse, and recycling of clean air and water are stated precisely in these terms. A similar model may also be applied to the refashioning of the metabolic support systems of many of our other human conveniences in the city, the private dwelling, transportation, communications and similar devices” (McHale 1969, p. 178)].

14. “A pesar, por lo tanto, de que el ímpetu manifiesto de los diversos programas espaciales puede ser una combinación de chovinismo y armamento, su subproducto más tangible es una forma completamente nueva de considerar la tierra, al ser humano mismo y toda la gama de sus relaciones con ella” (ibidem, p. 177). [“Notwithstanding, therefore, that the manifest impetus to the various space programs may be a combination of chauvinism and weaponry, their most tangible by-product is an entirely new way of regarding the earth, man himself, and the full range of his relationships to it” (ibidem, p. 177)].

McHale defendía unas ideas similares a las propuestas anteriormente por Fuller para la aplicación de las tecnologías utilizadas en los sistemas ecológicos cerrados de la industria aeroespacial a un modo de vida eficiente y ecológico en la Tierra:

“El problema consiste en reducir las vastas dimensiones de la configuración ecológica que abarca el sistema árbol-aire-tierra-gusano-pájaro-abeja-lluvia-viento a un sistema de un metro de diámetro que funcione en circuito cerrado y mediante el cual el hombre pueda mantenerse en perfecto estado de salud por periodos de hasta doce meses sin sistemas de eliminación de residuos y sin otro aporte de provisiones excepto la radiación solar” (Fuller 1968, p. 37).

“El equipo compacto y extraordinariamente liviano que será necesario desarrollar para solucionar, en “circuito cerrado”, la supervivencia metabólica del ser humano, proporcionará el prototipo para la producción en masa y la distribución de una industria de servicio de viviendas constituidas por máquinas para vivir con la forma de cúpulas geodésicas planteadas con el mismo criterio con que una compañía de servicios telefónicos planea la distribución de sus casillas de teléfonos” (ibidem, p. 29).

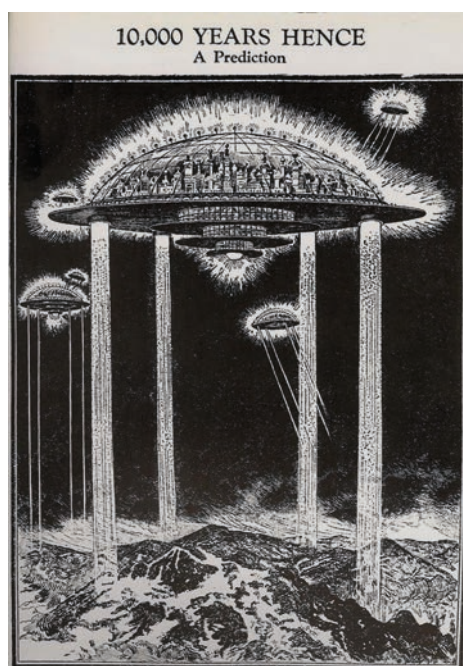
La ciudad como sistema cerrado. Ciudades cupuladas

El proyecto de Fuller para una cúpula sobre Manhattan de 1961 (fig. 4) invitaba a una reflexión sobre la posibilidad de controlar el clima urbano y combatir la contaminación atmosférica, así como la de construir ciudades cupuladas autosuficientes en entornos climatológicos adversos, proponiendo su experimentación en lugares como la Antártida¹⁵ y destacando su eficacia para establecer nuevas áreas de cultivo en regiones desérticas. La imagen de la ciudad aislada y cubierta mediante una cúpula transparente se popularizaría con el desarrollo de la ciencia ficción y con la difusión generalizada de la cúpula geodésica de Fuller. El estudio de su viabilidad y de sus posibles aplicaciones futuras en los desarrollos urbanos, así como la posibilidad de regular el clima, de crear una atmósfera independiente o incorporar invernaderos y cultivos que favorecieran el desarrollo de un ecosistema cerrado en su interior, convertirían a la ciudad cupulada en una figura indiscutible y persistente en la imaginación de las ciudades del futuro, tanto en la Tierra como fuera de ella.

La representación de ciudades cupuladas ha sido un tema recurrente y temprano en el imaginario de la ciencia ficción en la descripción de la ciudad tecnológica del futuro, las ciudades extraterrestres o los asentamientos en entornos hostiles, aéreos y submarinos. Un ejemplo de principios del siglo XX es la propuesta del visionario de la ciencia ficción Hugo Gernsback, que en su artículo “10000 Years Hence” de 1922 vaticinaba una ciudad suspendida en el aire gracias a propulsores electromagnéticos y cubierta con una imponente cúpula de un material transparente e irrompible (fig. 5). “La ciudad del futuro”, afirmaba, “no es en absoluto dependiente de la Tierra para su energía”, las necesidades energéticas tanto de la inmensa maquinaria como de la población se cubrirían gracias a la energía solar y a la electricidad atmosférica cuyo aprovechamiento estaría disponible en el futuro y

15. “Cuando haya que instalar todo un nuevo asentamiento humano en tierras vírgenes como, por ejemplo, el continente Antártico, se comprenderá inmediatamente la necesidad de la cupulación” (Fuller citado en Dahinden 1972, p. 202).

Fig. 05. Hugo Gernsback: "Ciudad del Futuro", en "10.000 Years Hence" publicado en "Science and Invention" Feb. 1922.



proporcionaría a la humanidad una “prácticamente ilimitada cantidad de energía eléctrica”.

Los mismos planteamientos de cubrición de entornos urbanos y territorios productivos los encontramos las propuestas experimentales de Frei Otto, como las que realizaría para sus “Ciudad Antártica” de 1954 y su revisión en 1971 con su proyecto de “Ciudad en el Ártico” (fig. 6), desarrollado junto con Kenzo Tange, como planificador urbano y Ove Arup en el diseño estructural y que presentaba una ciudad para una población de entre 15.000 y 30.000 habitantes cubierta mediante una membrana inflable y transparente que abarcaba tres kilómetros cuadrados sin apoyos intermedios y con una altura máxima de 240 metros. El complejo incluía el área urbana y un amplio territorio natural, así como un lago artificial y un jardín botánico. La radiación solar unida a una pequeña central nuclear situada en el exterior dotaba al sistema de plena autonomía energética.

De menor extensión sería su proyecto experimental de ciudad “Study 58° North”, en Canadá, consistente en tres entornos cupulados de distintas funciones. Sus investigaciones en el campo de las estructuras tensadas y los sistemas de cubiertas neumáticas le llevarían a proponer como solución a los problemas ecológicos y de recursos del planeta numerosos proyectos ideales de cubriciones climáticas de grandes dimensiones para desarrollar cultivos extensivos en el desierto, ciudades ajardinadas climatizadas, así como la posibilidad de integrar esos sistemas en colonias espaciales futuras:

“... los desiertos serán regados y protegidos contra el calor por redcillas tendidas que permitirán dosificar la intensidad del sol y del viento... En las estepas frías del norte planearán vastas membranas transparentes, conducidas por corrientes de aire a presión, y que permitirán el empleo de maquinaria agrícola sobre grandes superficies de cultivo. Se dispondrán cultivos agrícolas a varios niveles... La acción del sol, la humedad y el viento, estarán controlados

Fig. 06. Frei Otto, Kenzo Tange y Ove Arup:
"Ciudad en el Ártico", 1971.



y regulados... Las condiciones extraterrestres exigirán igualmente el uso de las cubiertas múltiples. La cubierta exterior contendrá oxígeno y servirá para equilibrar las variaciones de la presión atmosférica. En la cubierta interior se hallaría el clima habitable” (Otto citado en Ragon 1966, p. 196).

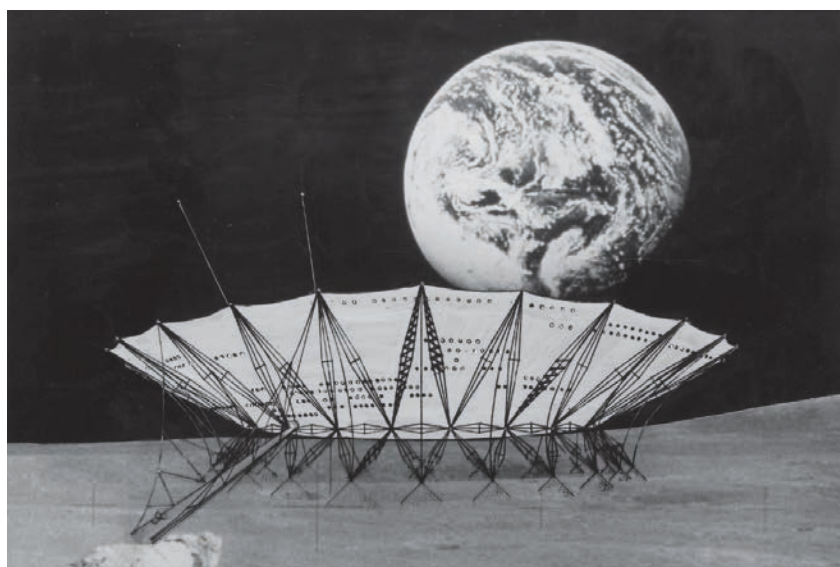
Las eufóricas expectativas energéticas y tecnológicas de los años sesenta anticiparán un futuro de ciudades y regiones climatizadas. Para Ragon (1970, p. 225) los habitantes del tercer milenio, frente a los desiertos y glaciares “habrán realizado o comenzarán a realizar una redistribución calorífica más racional sobre la superficie de la Tierra”.

Yona Friedman defenderá igualmente la climatización total de las zonas habitables, el 25% de la superficie total, mediante el uso de la energía nuclear y solar, para poder sostener a la población creciente de la Tierra y garantizar la necesaria producción agrícola.

El enrejado espacial de las propuestas de Friedman constituía en sí mismo una forma más de cubrición climática, al igual que las cúpulas de Fuller y las estructuras en forma de tienda de Otto (Ragon 1966, p. 195). Todas ellas, junto con las posibilidades técnicas de las estructuras espaciales y de cables tensados, como las presentadas por K. Wachsmann, R. Sarger o R. Le Rico-lais, inspirarán en la vanguardia utópica de los años sesenta la posibilidad de crear megaestructuras conformando grandes espacios contenedores capaces de envolver un gran volumen climatizado, idóneas para albergar la ciudad tecnológica del futuro así como para configurar extensos invernaderos con el fin de aumentar la producción agrícola o establecer cultivos en tierras desérticas y polares. Unas ideas que servirían de base a las propuestas de ciudades contenidas de Paul Maymont como la “Ciudad de las Arenas” de 1962 o la “Ciudad Lunar” de 1963 (fig. 7).

De igual modo, Michel Ragon (1966, pp. 143-144) exponía la posibilidad de construir alojamientos en el espacio utilizando las espectacularmente

Fig. 07. Paul Maymont, "Estudio para una ciudad lunar", 1963.



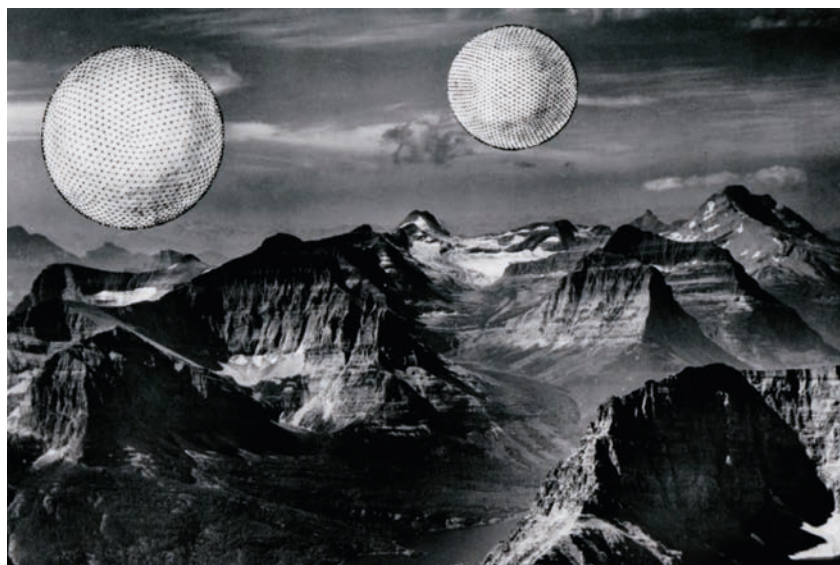
ligeras estructuras de tensegridad de Kenneth Snelson "Metallic Balloons", capaces albergar un gran espacio interior, combinarse y ampliarse hasta el infinito y que podrían transportarse plegadas para conformar estaciones interplanetarias, afirmando: *"Estas construcciones podrían soportar las tempestades más violentas, soportar los mayores choques y todas las vibraciones. Mañana los cosmonautas llevarán sin duda consigo su futura casa plegada entre sus equipos de vuelo"*. En "Las ciudades del futuro" (1970, p. 234), Ragon añadirá: La estructura de Kenneth Snelson *"es quizá la "primera piedra" (¿qué anacronismo!), de una arquitectura del Cosmos"*.

Serán precisamente estructuras de tensegridad las que conformarán la icónica propuesta utópica de Fuller: "Cloud Nine, estructuras de nubes flotantes", de 1960 (fig. 8), que describe ciudades aéreas, completamente autónomas, alojadas en el interior de esferas geodésicas de tensegridad de una milla o más de diámetro, capaces de mantenerse suspendidas en la atmósfera de forma natural por el incremento de la temperatura interior debido a la radiación solar a través de su membrana exterior transparente y a la actividad humana interior. Las estructuras, diseñadas para albergar varios miles de personas, se planteaban como solución al crecimiento exponencial de la población de La Tierra en un futuro lejano, evitar el agotamiento del suelo y preservar los recursos naturales. Este proyecto se presentaba a su vez, como un modo de proveer de refugios temporales estables en zonas de catástrofes naturales.

De hecho, la mayoría de los proyectos utópicos de Fuller se fundamentan en la búsqueda de alojamientos alternativos para una población en constante crecimiento, con el fin de evitar el agotamiento del medio natural y los recursos de la Tierra, confiando plenamente en el desarrollo de la tecnología y su capacidad de hacer "más con menos", lo que Fuller denominaría "efemeralización" (ephemeralization): la optimización de recursos, materiales y energía. Como escribe en "Utopia or Oblivion":

"Mientras que la construcción de tales nubes flotantes está a varias décadas en el futuro, podemos prever que, con ciudades tetraédricas flotantes, rasca-cielos aerotransportados, islas submarinas, viviendas subterráneas, ciudades

Fig. 08. Buckminster Fuller, "Cloud Nine", estructuras de nubes flotantes, 1960.



cupuladas, máquinas voladoras habitables, cajas negras¹⁶ de vida autónoma, el ser humano podrá ser capaz de converger y desarrollarse a voluntad sobre la tierra, en grandes cantidades, sin un mayor agotamiento de la superficie productiva de la tierra” (Fuller 1969b, p. 435)¹⁷.

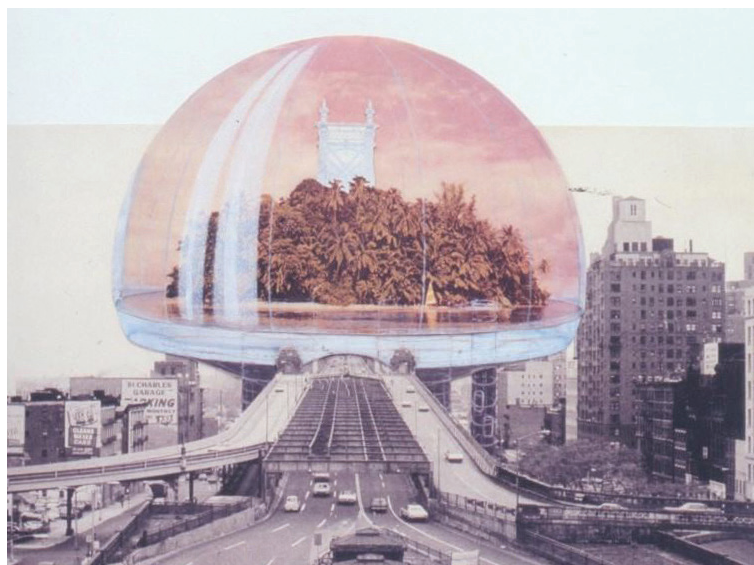
Inspirado directamente en las ideas de Fuller de la preservación de los recursos no renovables, el reciclado de los residuos, la lucha contra la contaminación y la búsqueda de la eficiencia energética y material, Athelstan Spilhaus, propondrá desde mediados de los sesenta la creación en Minnesota de una ciudad experimental, construida desde cero, que emplearía los últimos avances tecnológicos: la “Minnesota Experimental City”, o “MXC”, un proyecto de ciudad autosuficiente, que estaría parcialmente cubierta por una extensa cúpula geodésica para conservar la energía y controlar el clima interior. Diseñada para unas 250.000 personas y con una extensión total de 24.000 has., la MXC planteaba el uso generalizado de energías no contaminantes, un eficiente sistema subterráneo de transporte de recursos y de procesado y reciclado de todos los residuos, incluidos los de la construcción, así como el uso exclusivo de un sistema eléctrico de transporte público. El proyecto preveía igualmente la reserva de abundante suelo agrícola y natural, incluso la construcción de granjas intensivas verticales.

Precisamente, el destino de la Ciudad Experimental de Minnesota reflejará el cambio de perspectiva respecto a las ciudades tecnológicas futuras y la utopía urbana de los años sesenta. En 1973 se demarcaron los terrenos para su construcción real en el condado de Aitkin, al norte de Minneapolis, sin embargo, en poco tiempo, no sólo perdería su financiación debido a la crisis

16. Fuller denominaba “cajas negras” a los sistemas tecnológicos miniaturizados que permitían la vida del astronauta en el espacio mediante un ciclo cerrado de nutrientes, agua y oxígeno, con el único aporte externo de la energía solar.

17. “While the building of such floating clouds is several decades hence, we may foresee that, along with the floating tetrahedronal cities; air-deliverable sky-scrappers; submarine islands; sub-dry-surface dwellings; domed-over cities; flyable dwelling machines, rentable, autonomous-living, black boxes, that man may be able to converge and deploy at will around the Earth, in great numbers, without further depletion of the productive surface of the Earth” (Fuller 1969b, p. 435).

Fig. 09. Haus-Rucker & Co. "Palmtree Island (Oasis) Project", 1971.



del petróleo del mismo año, sino que igualmente tendría que enfrentarse a un importante movimiento de protesta ciudadana tanto por parte de los habitantes locales como de los grupos contraculturales que defendían precisamente los mismos principios medioambientales que inicialmente habían servido de justificación a la MXC, denunciando no solo una mayor degradación del entorno natural de la ciudad tecnológica cupulada, sino la tendencia a separar aún más al ser humano de la naturaleza en vez de conectarlo a ésta.

Y es que, a partir de mayo del 68 y sobre todo de las crisis energéticas de los años setenta comienzan a desvanecerse las visiones utópicas de la ciudad tecnológica del futuro imposible de la energía ilimitada. Tanto la megaestructura como la ciudad cubierta por una inmensa cúpula tecnológica comenzarán a percibirse como un símbolo casi perfecto de la opresión del capitalismo liberal (Banham 1976, p. 210), así como la representación de un claustrofóbico sistema de control totalitario mediante la tecnología y su consiguiente tendencia hacia la sistematización y uniformidad de la vida humana. Como predecía Paul B. Sears (1966, pp. 190-191):

“Existen buenas razones para creer que las gentes podrían ser condicionadas para adaptarse a un entorno altamente artificial y controlado tecnológicamente, como la ciudad dentro de una burbuja de plástico que algunos prevén. Tal adaptación, sin embargo, no solamente congelaría el modelo de existencia, sino que sería vulnerable en dos instancias. Cuanto mayor sea nuestra dependencia de una complicada cadena tecnológica, más expuestos estaremos al desastre por el fallo de un eslabón cualquiera. Y cuanto más limitada sea nuestra gama de experiencias, aun cuando se satisfagan las necesidades físicas, mayor será nuestra pérdida de flexibilidad para afrontar situaciones de emergencia”.

Al vaticinar la “congelación del modelo de existencia”, Sears insiste en el carácter estático de la utopía tecnológica de los mundos burbuja. Un modelo estático similar al de las utopías clásicas del paradigma entrópico, en las que la necesidad de mantener el frágil equilibrio con el medio natural les lleva a rechazar el cambio como una perniciosa forma de desequilibrio

y el excesivo progreso material como un acelerador de la decadencia. La doble vulnerabilidad de la existencia en un sistema cerrado y tecnológico, proveniente tanto de la fragilidad del equilibrio de los sistemas biológicos interiores, como de la completa dependencia de una complicada cadena tecnológica, hacen de los mundos burbuja sistemas doblemente estáticos, utopías congeladas en su necesidad de mantener el equilibrio interior y minimizar la entropía.

La exigencia de preservación del equilibrio estático originaba en las utopías clásicas la imposición de sistemas políticos rígidos y coactivos. Igualmente, los sistemas cerrados inspirarán el desarrollo de sistemas totalitarios así como la implantación de políticas eugenésicas y malthusianas, e incluso, como veremos, una trasposición de los valores morales. Igualmente, para Fullaondo (1968, p. 105), siguiendo a Tomás Maldonado, la progresiva artificialización general y la creciente dependencia tecnológica del entorno humano llevaban asociado el riesgo de una posible alteración o degeneración de la condición humana:

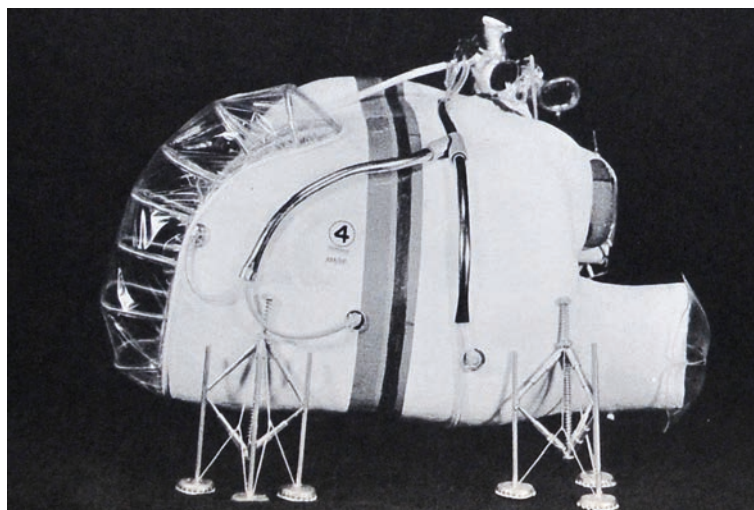
“Más delicado es el problema de la climatización de grandes zonas del planeta. Estamos de acuerdo con Maldonado en recelar de planteamientos que condicionan todo mejoramiento de la sociedad, a una progresiva artificialización del entorno, en ignorar las repercusiones que puede desencadenar sobre el hombre, creyendo, esperanzadamente, que el mejoramiento unilateral del mesocosmos, conducirá, por fuerza, a un proceso relativo donde el hombre se sienta automáticamente mejorado. Realmente debe considerarse la posibilidad sugerida por el profesor argentino de que estas mutaciones en las condiciones de vida, este mesocosmos artificial, que tan alegremente nos están proponiendo no pueda implicar la extinción o, cuando menos, la alteración, la degeneración, de la condición humana”.

“La futura incidencia de la técnica en el entorno de la humanidad... deberá matizarse críticamente de muchas componentes que por el momento están al margen del divertido clima de optimismo frívolo en que se agita gran parte de la actual prospectiva. Porque, en definitiva, lo que nos están proponiendo como marco de vida es un gigantesco invernadero planetario”.

Frente a las connotaciones totalitarias y opresivas de la megaestructura tecnológica y de la ciudad aislada por una inmensa cúpula, la imagen de la cúpula geodésica a escala doméstica se convertiría, por el contrario, en un símbolo de la utilización de la tecnología orientada hacia una forma de vida sostenible en la Tierra para los movimientos contraculturales de los años sesenta y setenta, inspirados en las ideas de Buckminster Fuller y popularizadas con la publicación del Whole Earth Catalog. Como sucedería con las estructuras geodésicas realizadas a partir de materiales reciclados de la comunidad Drop City, en Colorado entre 1965 y 1970.

Del mismo modo, la imagen de un mundo burbuja reducido aparecería frecuentemente como un elemento de pensamiento crítico frente a la crisis ecológica y la degradación del medio, así como la manifestación de la necesidad de aislamiento individual frente a la contaminación atmosférica y la sociedad industrial y tecnológica. Como la propuesta collage de Haus Rucker & Co. “Proyecto Palmtree Island” 1971 (fig. 9) o las instalaciones neumáticas de Ant Farm: “Clean Air Pod” de 1970.

Fig. 10. David Greene: "Living Pod", 1970.



En la misma línea, propuestas como la burbuja neumática habitable propuesta por Banham en 1965 "Environment-Bubble" mostraban cómo las posibilidades tecnológicas y el desarrollo de materiales plásticos permitían reducir la vivienda a una mera envolvente hinchable y transparente con un sistema o núcleo técnico de servicios y control ambiental, facilitando así su transporte y asentamiento en cualquier tipo de entorno y evocando la vida en una cápsula espacial. Esta fascinación por las imágenes de estructuras de ciencia ficción en la arquitectura prospectiva y utópica de los años sesenta llevará a la presentación de propuestas inspiradas directamente en el programa espacial, desarrollando proyectos de viviendas diseñadas como cápsulas espaciales. Una propuesta literal será la célula de vivienda "Living Pod" de David Greene, de 1966 (fig. 10), que incorpora sistemas de producción de energía, climatización y eliminación de desechos, intentando recrear un ambiente autónomo, anticipando el modo de vida en la Tierra como un astronauta que comenzaban a popularizar los movimientos ambientalistas.

Las crisis energéticas de los años setenta tendrán como consecuencia el abandono de la utopía tecnológica de la ciudad cupulada y climatizada y la tendencia hacia una nueva orientación de la tecnología para favorecer un modo de vida sostenible en el medio natural. Dando lugar a numerosos experimentos locales y utopías comunitarias agrícolas y neorrurales en las que la gestión de los recursos en ciclo cerrado constituía una estrategia esencial de sostenibilidad, así como una forma de desconexión y de defensa individual y comunitaria frente a las imposiciones de las estructuras de poder de un estado tecnológico e industrial responsable de la contaminación y degradación del medio natural global.

Islas en el espacio. La utopía tecnológica de escape

Así, si bien la utopía tecnológica de la ciudad como sistema cerrado se desvanece en la Tierra, ésta continuará, sin embargo, su desarrollo y brillará en el espacio exterior como verdadera utopía de escape tecnológica. En este sentido, Mumford (2013, p. 27) distingue entre dos tipos de utopía: utopías de reconstrucción y utopías de escape. Las utopías de reconstrucción parten del mundo real y plantean un nuevo entorno reconstruido mejor

adaptado tanto a la naturaleza y los objetivos de los seres humanos que lo habitan como a sus posibles desarrollos, abarcando tanto el ambiente físico como el mundo de las ideas: los hábitos, los valores y todo un nuevo sistema de relaciones e instituciones.

Las utopías de escape, por el contrario, suponen una ruptura total con el mundo real, en un intento de fuga o compensación frente a las dificultades y frustraciones de la realidad de la que intentan evadirse. En éstas, se abandona el mundo en crisis tal y como está y se huye hacia la posibilidad de comenzar de cero en alguna otra parte construyendo *“castillos imposibles en el aire”* o transportándonos a una *“isla autosuficiente en los mares del sur”* (*ibidem*, p. 31).

La ciudad como un sistema cerrado, la posibilidad de reconstruir la ciudad desde cero, mediante el desarrollo tecnológico, en un modelo sostenible y estable capaz de desarrollar un metabolismo circular perfecto de materia y energía, supone una auténtica utopía tecnológica de escape cuya versión más extrema la constituye la utopía de las ciudades o colonias espaciales, vistas como mundos perfectos a modo de paradisíacas *“islas autosuficientes”* flotando en el espacio exterior. Como destacan Frank y Fritzie Manuel (1981, p. 367):

“De las visiones apocalípticas de seres humanos amontonados sobre la tierra y empujándose unos a otros para tener un espacio respirable, así como del desastre nuclear o de cuerpos patogénicos que se han escapado de los laboratorios de científicos descuidados, han nacido las nuevas utopías de la crisis: grandiosas fantasías sobre vuelos espaciales, en las que se abandona la tierra a su suerte y se empieza todo desde cero en algún otro lugar del universo”.

Esta misma tendencia a escapar literalmente de la realidad de un mundo en crisis la encontramos asimismo en las palabras de Banham (1965, p. 9):

“Nuestro acceso a fuentes casi ilimitadas de energía se ve contrarrestado por el riesgo de tornar inhabitable el globo terráqueo; pero esta situación se equilibra, al pisar los umbrales del espacio, con la creciente posibilidad de abandonar nuestro insular planeta y echar raíces en otro”.

La creación de colonias espaciales supone un intento de simplificación y miniaturización de la Tierra, de emular sus condiciones ambientales, en las que el control de los recursos y la energía es vital para mantener la supervivencia del sistema. Al intentar hacer un duplicado de la Tierra nos damos cuenta de la complejidad y la fragilidad de su funcionamiento y su equilibrio.

La idea de crear ciudades en el espacio es muy temprana en el siglo XX, Konstantin Tsiolkowsky en su libro *“Beyond the Planet Earth”* escrito en torno a 1900 y publicado en 1920, describe una colonia de trabajadores espaciales empleados en la construcción de invernaderos, en los que se desarrollarían cultivos para alimentar a poblaciones de emigrantes de la Tierra. La construcción de invernaderos reafirmaba la consciencia de la necesidad ineludible de exportar el territorio productivo a la hora de establecer un sistema humano en el espacio, como una forma de abstracción del ecosistema natural humano necesario desde la concepción misma del

asentamiento, evocando un vínculo arcaico con las primeras fundaciones urbanas.

Esta imagen icónica de ciencia ficción del invernadero espacial cupulado constituirá un elemento recurrente en la representación de colonias espaciales y ciudades lunares o planetarias, tomando frecuentemente como referencia la imagen de la cúpula geodésica de Fuller¹⁸.

De este modo, inspirados directamente de las estructuras geodésicas y trianguladas de Fuller, E. Starbuck y Richard F. Brox, de la Universidad de Georgia, Estados Unidos publicarán en 1968, el que sería primer proyecto académico de ciudad lunar, una ciudad autosuficiente situada en tres cráteres menores dentro del cráter Clavius, en la región del polo sur lunar, que ocuparía un total de 625 millas cuadradas y alojaría a 3000 personas y que dependía completamente para su abastecimiento de un extenso complejo agrícola circular, situado en el interior de uno de los cráteres, y que estaba cubierto, conformando un vasto invernadero, por una inmensa cúpula de material plástico.

Starbuck y Brox planteaban una fase inicial previa a la colonización para la creación del ecosistema necesario y el establecimiento de los ciclos de circulación de la materia que duraría dos años y medio, determinando así el equilibrio ecológico fundamental. El complejo incluía una enorme superficie para cultivos agrícolas, un área de granja para animales, una piscifactoría y estanque de reserva de agua, así como sistemas de procesamiento de alimentos, purificación de agua y tratamiento de residuos. La conservación del equilibrio del sistema vital era esencial para la supervivencia de la ciudad y debía ser *“controlado y preservado con el mayor de los cuidados”* (Starbuck & Brox 1970, p. 31).

La voluntad de desarrollo de un equilibrio ecológico interior y del control de los ciclos de la materia será un empeño constante desde los inicios de la utopía espacial. J.D. Bernal presentaría, en fecha tan temprana como 1929, su proyecto de hábitat espacial, la conocida como “esfera de Bernal”, una estructura esférica de unas diez millas de diámetro, con una superficie transparente capaz de generar energía eléctrica y alimentos gracias a la radiación solar, mediante máquinas con fluidos fotosintéticos y generadores fotoeléctricos. De este modo, la esfera era capaz de producir y distribuir alimentos, así como de gestionar y reutilizar los residuos, buscando ser un duplicado estable de la Tierra:

“Estos mecanismos mantendrían principalmente el metabolismo general... producirían los alimentos necesarios y distribuirían energía mecánica donde fuera necesaria, también serían capaces de gestionar los residuos, reconvirtiéndolos mediante energía en un producto consumible; porque debemos recordar que la esfera ocupa el lugar de la Tierra en su globalidad y no una

18. Un ejemplo habitual es el aparecido en la película “Silent Running”, 1972, que mostraba estructuras transparentes conformando invernaderos espaciales en forma de cúpula geodésica que estaban inspiradas directamente en el invernadero “Climatron”, del jardín botánico de Missouri, diseñado en 1960 por el socio de Fuller Thomas C. Howard para Synergetics, Inc.

parte de ésta, y en la Tierra nada puede permitirse ser desperdiciado permanentemente” (Bernal 1929, pp. 27-28)¹⁹.

Una afirmación que manifiesta la clarividencia de Bernal que era plenamente consciente de las implicaciones ecológicas terrestres de la creación de sistemas biológicos artificiales en cualquier planteamiento teórico de colonia espacial estable y autosuficiente.

Las predicciones de Bernal sobre la posibilidad de establecer colonias espaciales permanentes horadando el interior de un asteroide rocoso y utilizando los materiales extraídos para la construcción de una envolvente protectora, serían recogidas y reinterpretadas frecuentemente por la ciencia ficción y los estudios posteriores de colonias espaciales.

La utopía de Bernal, expuesta en su obra “The World, the Flesh, and the Devil” (1929), elogiaba el modo de vida de la humanidad en armonía con el medio natural aislado en el interior de la colonia espacial. Una voluntad de equilibrio y calma que evocaba el equilibrio estático de las utopías clásicas sostenibles y que ofrecía al mismo tiempo una visión edénica de la futura vida humana en simbiosis con una naturaleza antropizada y benevolente, como señalaban F. y F. Manuel (1981, p. 340) sobre las condiciones de vida “*dentro de los confines de una concha espacial en pleno cosmos*” como era la esfera de Bernal: “*Nos viene al recuerdo la seguridad tranquilizadora de las sociedades utópicas tradicionales, combinada con la libertad de movimiento de las fantasías paradisíacas*”.

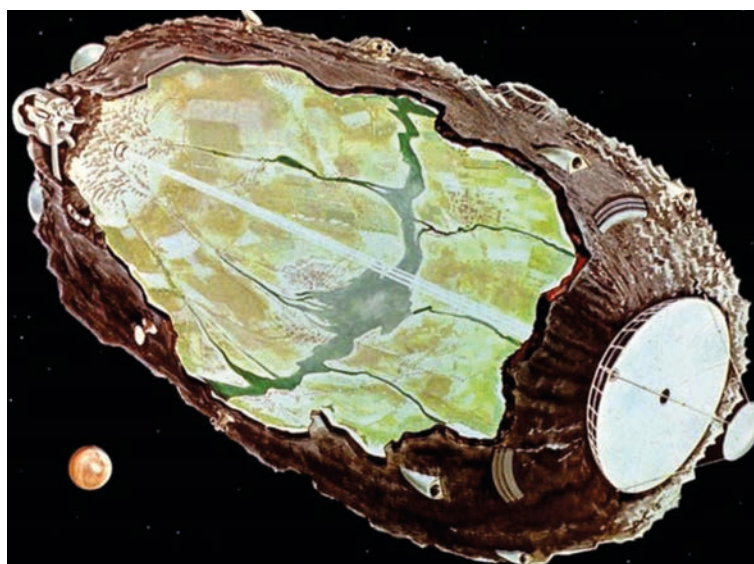
Esta reproducción de un nuevo Paraíso encerrado, la visión edénica de la construcción mediante el desarrollo tecnológico futuro de una arcadia sostenible en el ecosistema interior de la colonia espacial, será una imagen recurrente en la utopía de escape tecnológica, tanto de la ciudad cupulada y climatizada como en la de la colonia espacial aislada. La climatización y el control tecnológico de las condiciones ambientales así como una dependencia real tanto de la producción agrícola local como del mantenimiento del equilibrio ecológico general, derivarán en una visión idealizada del territorio y de la vida en armonía con el medio natural que resultará cercana tanto a la visión del Paraíso como al modo de vida agrícola y sencillo de las utopías clásicas preindustriales.

Así, Michel Ragon (1970, p. 228) afirmaría sobre la climatización de la ciudad y el territorio: “*Esto nos lleva al Edén, o nos encamina hacia él, ya que nada prueba que el Edén sea el Paraíso perdido; es quizá, más bien, el Paraíso aún no hallado; y este sueño de una vida anterior es quizá más una aspiración que un recuerdo*”.

Igualmente, Jean Balladur, al considerar las características de una naturaleza aislada y benevolente, libre de la sujeción a los climas y a las intemperies escribiría: “*Si imaginamos que ya no hay ladrones, ni pudor, ni lluvia,*

19. “*These mechanisms would primarily maintain the general metabolism... They would elaborate the necessary food products and distribute mechanical energy where it was required. They would also deal with all waste matters, reconverting them with the use of energy into a consumable form; for it must be remembered that the globe takes the place of the whole earth and not of any part of it, and in the earth nothing can afford to be permanently wasted*” (Bernal 1929, pp. 27-28).

Fig. 11. Dandridge M. Cole, colonización de un asteroide con ecosistema interior. Ilustración de Roy G. Scarfo, para "Beyond Tomorrow: The Next 50 Years in Space", 1966.



viento, frío, calor, o automóviles, ¿hay aún necesidad de suburbios y de alojamientos? ¿Hay aún necesidad de arquitectura y de construcciones en el “jardín del Edén” que acabamos de reinventar?” (Balladur citado en Ragon 1970, p. 228).

Otros autores, que abordaron el tema de habitantes y colonias en el espacio han sido principalmente Lasswitz en 1897, Oberth, Von Pirquet, Potocnik, y Noordung en los años 20, Wernher von Braun, Dandridge Cole y Krafft Ehrlicke en los 50 y los 60 y Gerard K. O'Neill y Thomas A. Heppenheimer en los 70. Herman Potocnik será el primero en proponer una estación o colonia espacial en forma de anillo en rotación para simular la gravedad terrestre en 1929, que se convertiría en un modelo reiterado de hábitat espacial como el descrito por Larry Niven en “Mundo Anillo” de 1970. Una tipología que posteriormente sería estudiada en profundidad y perfeccionada como el “Toro de Stanford” en 1975 y que popularizaría la imagen persistente de colonia espacial como un ecosistema cerrado anular construido sobre una estructura tecnológica en rotación.

Partiendo de las ideas de Bernal, Dandridge Cole propondrá desde los años cincuenta la creación de colonias espaciales en el interior de asteroides o “planetoides”, excavando su núcleo y generando gravedad por rotación, para desarrollar a continuación una atmósfera interior capaz de mantener sistemas urbanos autónomos y autosuficientes (fig. 11). Mediante la incorporación de agua en estanques y ríos, así como campos de cultivo y animales, se intentaba lograr una miniaturización de un sistema ecológico terrestre. Las ideas de Cole y las ilustraciones de Roy G. Scarfo, publicadas en “Beyond Tomorrow” de 1965, serían la inspiración para las propuestas de colonias espaciales presentadas por Gerard K. O'Neill en 1977.

Dandridge Cole acuñaría concepto de “Macro-Life”, desarrollado en 1960²⁰, para definir la creación de un organismo complejo y superior a partir del

20. Dandridge Cole ampliará el concepto “Macro-Life” en “The Ultimate Human Society”, 1961. George Zebrowski recuperará posteriormente las ideas y conceptos de Cole en la novela de ciencia ficción: “Macrolife: A Mobile Utopia” de 1979.

ecosistema humano cerrado y en equilibrio de una colonia espacial, asteroide o “planetoide” colonizado. Un nuevo organismo colectivo que constituiría el siguiente escalón en el proceso evolutivo humano y que sería teóricamente inmortal, con autonomía propia para desplazarse, crecer, autorrepararse y reproducirse. Capaz de responder consecuente y eficazmente a cualquier tipo de estímulo externo y que acumularía un conocimiento total igual al de toda la especie humana (Cole 1960, p. 92)²¹.

El concepto Macro-Life es semejante a la idea de “multi organismic life form” de Isaac Asimov, presentada igualmente en 1960. Del mismo modo, Asimov denominaba a los sistemas ecológicos cerrados como “spomes”, como una fusión de “space homes”, definiéndolos desde las teorías de intercambio de materia y energía en los ecosistemas desarrolladas por Eugene y Howard T. Odum²².

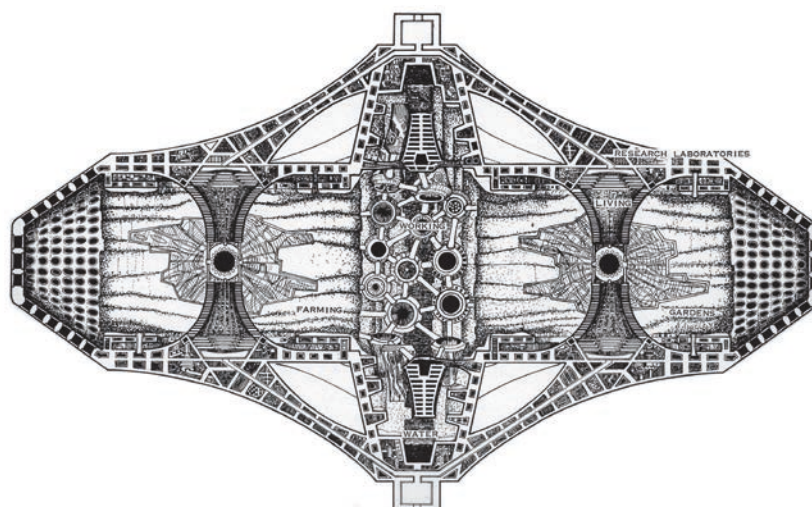
La tendencia a conferir una identidad orgánica a un ecosistema cerrado en equilibrio la encontramos igualmente en la “Hipótesis de Gaia”, ideada por James E. Lovelock en 1969 y presentada junto con Lynn Margulis en 1974, que constituye una teoría similar al considerar la Tierra como una entidad cibernética compuesta por un ecosistema cerrado que mantiene un equilibrio homeostático al igual que el interior de un organismo vivo. Lovelock (1985, p. 16) definirá Gaia como: *“una entidad compleja que comprende el suelo, los océanos, la atmósfera y la biosfera terrestre: el conjunto constituye un sistema cibernético autoajustado por retroalimentación que se encarga de mantener en el planeta un entorno física y químicamente óptimo para la vida”*.

Similares teorías evolutivas a partir de la armonía colectiva de un ecosistema humano en equilibrio ecológico se encuentran en la base del concepto de “arcología” presentado por Paolo Soleri en 1969. La arcología se presenta como fusión entre arquitectura y ecología, para definir una forma urbana nueva: superciudades de una gran compacidad que concentran a la población en un sólido tridimensional integrado en el entorno natural. Dependiendo directamente del medio y conservándolo necesariamente, la arcología suponía un modo de luchar contra la dispersión incontrolada de

21. *“It will be theoretically immortal (barring accidents), both individually and collectively. It will be capable of growth, motion, reproduction, self-repair, and vigorous and adequate response to almost any conceivable type of external stimulus. Its sensory apparatus will far exceed in versatility and capability that of any individual or collection of animals or men as will its capacity for effective action in response to stimuli. Its knowledge will equal that of the entire human race”* (Cole 1960, p. 92).

22. Para Asimov: *“Un “spome” es cualquier sistema, esencialmente cerrado respecto a la materia, que es capaz de mantener la vida humana indefinidamente. La Tierra es un “spome” y, hasta ahora, el único “spome” conocido... Un “spome” no puede ser cerrado respecto a la energía. La vida es un proceso en el que componentes relativamente desorganizados del medio se organizan más. Esto significa que la vida implica un continuo descenso de la entropía y puede existir únicamente a expensas de un continuo, e incluso mayor, incremento de la entropía generalmente en el entorno”* (Asimov 1966, p. 249) [“A spome is any system, substantially closed with respect to matter that is capable of supporting human life for an indefinitely long period of time. The Earth is a spome and, at present, is the only spome known to exist... a spome cannot be closed with respect to energy. Life is a process whereby relatively unorganized components of the environment are made more organized. That means that life involves a continuing decrease of entropy and can exist only at the expense of a continuing, and even greater, increase of entropy in the environment generally” (Asimov 1966, p. 249)].

Fig. 12. Paolo Soleri: "Asteromo", proyecto de Arcología orbital, sección longitudinal, 1967.



las ciudades, la contaminación y la destrucción del medio natural y se presentaba como oposición al concepto de "Ecumenópolis"²³ que había propuesto Constantinos Doxiadis en 1967, que anticipaba la urbanización total del planeta.

La arcología implicaba mediante la "miniaturización" de un sistema humano como la ciudad, la creación de un organismo nuevo de mayor complejidad, dotado de una mente colectiva, la transformación de la materia en espíritu, constituyendo de esta forma un nuevo paso en la evolución de la humanidad. Unas ideas que estaban directamente influenciadas por las teorías místicas de la evolución del paleontólogo jesuita Pierre Teilhard de Chardin, que planteaba un último y definitivo estadio de la evolución humana y de la materia en la creación de una conciencia colectiva, como la unión de todas las conciencias y pensamiento terrestres en una única conciencia global²⁴.

Una de las arcologías es "Asteromo" (publicado en 1969) (fig. 12), una ciudad satélite en el espacio para 70.000 habitantes, formada por dos cilindros concéntricos en constante rotación para simular la gravedad terrestre. La longitud del eje longitudinal era de 2.600 metros, y el diámetro máximo en el cilindro central de 1.400 metros. El grueso armazón metálico estaba perforado en sus extremos por numerosos ventanales circulares equipados con filtros solares para permitir el óptimo soleamiento interior, donde se

23. Constantinos Doxiadis (1914-1975) acuñó el término "Ecumenópolis" para definir la hipotética ciudad global futura formada por la expansión de las áreas urbanas y la unión de las megalópolis, cubriendo toda la Tierra como un sistema urbano continuo. "*Ecumenopolis: the coming city that, together with the corresponding open land which is indispensable for man, will cover the entire earth as a continuous system forming a universal settlement*" (Doxiadis 1968, p. 32).

24. Teilhard de Chardin, definiría esta conciencia colectiva como "Noosfera" designando una cadena universal de fuerzas psicosociales. En la misma línea Julian Huxley utilizaría el término "Noosistema". Ambos concebían este nuevo mundo de la conciencia como la Tercera Fase de la evolución de la materia, la cual ya había sufrido una metamorfosis histórica pasando de lo inorgánico a lo orgánico. Igualmente defendían que mediante una progresiva interrelación y densidad de la red de comunicaciones humanas a través del mundo entero se alcanzará una moral pacífica y universal (Manuel 1982, p. 126). Soleri, por su parte, consideraba además el equilibrio ecológico de las comunidades humanas como un elemento esencial para poder alcanzar ese estado superior de la conciencia colectiva.

Fig. 13. Paolo Soleri: "Icon", Arcología cibernética, 1987.



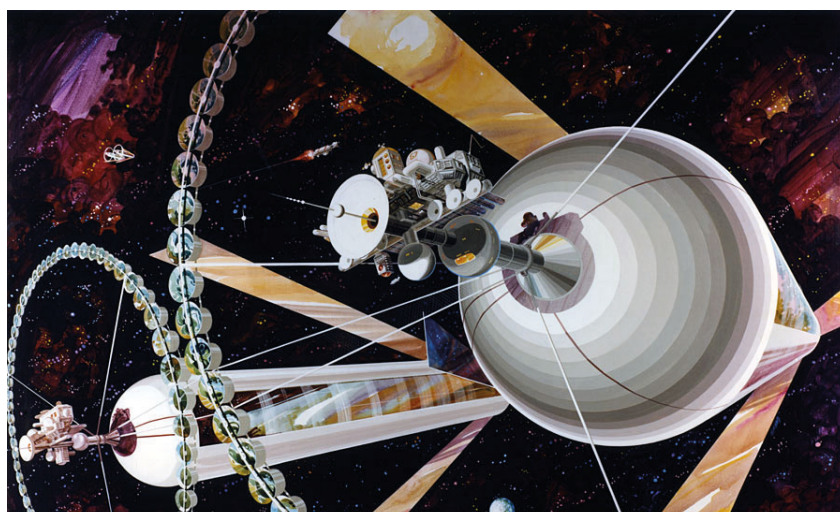
creaba un ecosistema cerrado, completamente autosuficiente, que abarcaba 207 hectáreas en total y comprendía campos de cultivo, granjas, jardines, un gran estanque anular en el cilindro central, así como áreas de trabajo, laboratorios y torres de vivienda en forma de hiperboloide conectadas en el eje central del cilindro superior.

Asteromo sería el primer proyecto arquitectónico para una ciudad en el espacio y con clara vocación medioambiental. En éste, se refleja la concepción de Soleri de la ciudad como un organismo superior. Aísla una ciudad con su territorio creando un sistema cerrado, sostenible y estable, de duración indefinida. Para Soleri, todos los principios del diseño de la arcología: “complejidad, miniaturización, frugalidad, espiritualidad, equilibrio ecológico, tridimensionalidad”... eran características necesarias de cualquier hábitat espacial.

Soleri retoma la idea de colonias espaciales en los años 80 con la creación de una serie de arcologías cibernéticas (fig. 13) que suponen una evolución del proyecto Asteromo y que manifiestan una doble motivación: medioambiental y pacifista, al presentarse como oposición al programa de defensa estadounidense “Guerra de las Galaxias” de los años 80, dentro del que llamaría programa “Space for Peace”. Todas ellas representan una ciudad arcológica en un ecosistema cerrado construido a partir de un asteroide rocoso, adosándose a éste, excavando en su interior o bien envolviéndolo e integrándolo completamente en la ciudad-sistema. Estas estructuras son la representación, una vez más, de la idea mística de creación de un organismo superior y colectivo sobre lo inerte, una entidad cibernética aislada, en equilibrio homeostático interior, desarrollando una mente suprapersonal capaz de transformar la materia en espíritu.

Las arcologías cibernéticas de Soleri constituyen asimismo una simplificación y abstracción del concepto de colonia espacial como islas flotando en el espacio, conformando mundos estáticos, congelados y encapsulados, evocando la ciudad aislada con su territorio natural propia de las utopías clásicas y envuelta en una piel o membrana permeable a la energía, capaz

Fig. 15. Gerard K. O'Neill: "Island Three", Cilindros de O'Neill, Ilustración de Rick Guidice para la NASA, 1976.



de conservar el equilibrio ecológico interior gracias al flujo constante de energía solar.

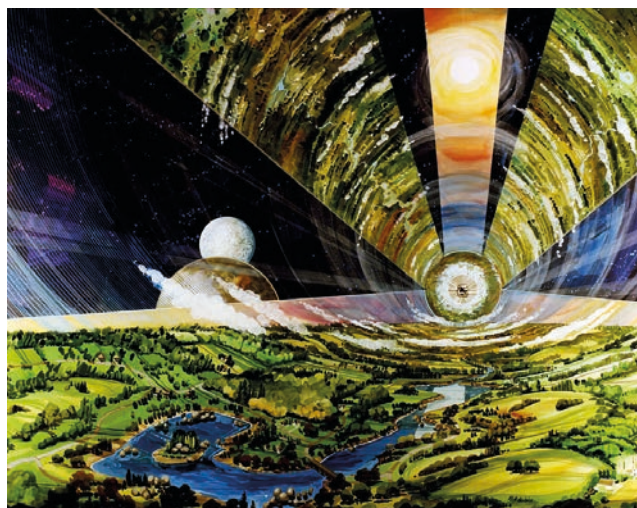
La analogía de la colonia espacial con la isla, que igualmente representa el soporte tradicional de la utopía clásica sostenible, ha sido habitual desde el comienzo de la investigación espacial. Arthur C. Clarke ya había escrito "Islands in the Sky" en 1952, describiendo un sistema de estaciones orbitales. En la misma línea, Dandridge Cole presentaría en 1964 junto con D.W. Cox "Islands in Space: The Challenge of the Planetoids" para referirse a sus sistemas de colonización espacial.

"Islas" será igualmente el término que utilizará Gerard K. O'Neill para designar los distintos modelos de colonia espacial que presentaría en 1977 en "The High Frontier, Human Colonies in Space", posiblemente el estudio más riguroso y científico sobre el tema desarrollado hasta entonces. El proyecto de O'Neill se presenta una vez concluido el programa Apolo, en los años posteriores a la crisis del Petróleo de 1973, y en un clima internacional de preocupación medioambiental creciente: en 1972 se había publicado el informe "Los Límites del Crecimiento" que predecía que el desarrollo de la humanidad alcanzaría los límites absolutos de crecimiento en La Tierra en un periodo de cien años, lo que supondría el agotamiento progresivo de los recursos naturales y un descenso brusco de la población humana. Este informe serviría de referencia para la "Cumbre de La Tierra" celebrada en Estocolmo el mismo año y que supuso la primera gran conferencia de la ONU sobre el medio ambiente.

En este contexto, el programa de colonias espaciales de O'Neill se presentaba como una denuncia al coste ecológico que había traído consigo el desarrollo industrial e intentaba proponer una solución al crecimiento exponencial de la población. Así, se preveía albergar un total de 7.300 millones de habitantes en los 35 años posteriores a la construcción de la primera colonia.

O'Neill propone tres tipos de colonias o "islas", todas autosuficientes, que intentaban reproducir las condiciones generales de la Tierra en gravedad, radiación solar y climatología, eligiendo como modelo los hábitats de las regiones costeras de las zonas templadas. Las colonias integraban

Fig. 16. Gerard K. O'Neill: "Island Three", espacio interior de un Cilindro de O'Neill, mostrando valles y ventanales Ilustración de Rick Guidice para la NASA, 1976.



ecosistemas artificiales, con especies seleccionadas de insectos polinizadores, aves y pequeños mamíferos, reservas de agua en forma de lagos y áreas para la agricultura y la ganadería. La población se alojaba en ciudades cuya planificación general sería determinada por los colonos en función de sus preferencias culturales. La construcción de estas colonias tenía como metas:

- “1. Acabar con el hambre y la pobreza de todos los seres humanos.
2. Encontrar espacios habitables óptimos para una población mundial que se duplicará en los próximos cuarenta años y triplicará en otros treinta, incluso si se cumplen las mejores previsiones de bajo crecimiento.
3. Lograr controlar la población sin guerras, hambre, dictaduras o cualquier otra forma de coacción.
4. Aumentar las libertades individuales y el abanico de opciones disponibles para cada ser humano” (O'Neill 1977, pp. 36-37).²⁵

Las Islas Uno (fig. 14) y Dos constituían actualizaciones de la esfera de Bernal a la que se acoplaban en ambos polos un sistema doble de invernaderos en forma de anillos destinados a la agricultura intensiva y la ganadería. La Isla Uno de 460 metros de diámetro, estaba diseñada para alojar a una población de 10.000 personas, la Dos, con un radio de 900 metros, sería capaz de albergar hasta 140.000 colonos.

La Isla Tres (fig. 15), un modelo que tomaría posteriormente el nombre de “Cilindros de O'Neill”, por otra parte, se diseñaría para una capacidad de hasta diez millones de personas y consistía en una estructura formada por un sistema de dos inmensos cilindros paralelos en rotación respecto a sus ejes mayores. Ambos cilindros estaban divididos en seis secciones longitudinales, dando lugar en cada uno de ellos a tres valles, de 2 millas de ancho y 20 de largo, y tres enormes ventanales a través de las que se iluminaba el

25. “1. Ending hunger and poverty for all human beings. 2. Finding high quality living space for a world population which will double within forty years, and triple within another thirty, even if optimistic estimates of low growth rate are realized. 3. Achieving population control without war, famine, dictatorship or coercion. 4. Increasing individual freedom and the range of options available to every human being” (O'Neill 1977, pp. 36-37).

paisaje interior mediante espejos exteriores (fig. 16). Las áreas agrícolas e industriales se diseñaban en sistemas cilíndricos independientes. O'Neill destacaría la importancia de segregar las distintas funciones desarrolladas tradicionalmente por el medio natural, paisajístico, recreativo, cultural y productivo como la forma más eficiente de controlar el clima, la atmósfera y gravedad óptimas para cada función.

Inspirándose directamente en las propuestas de O'Neill, Thomas A. Heppenheimer, en su libro de 1977 "Colonies in Space", planteará de nuevo la construcción de colonias espaciales como la solución a la crisis energética y al problema maltusiano de la superpoblación terrestre. Precisamente, la colonia espacial sería para Heppenheimer el "sistema ecológico de ciclo cerrado por excelencia" en el que todos los seres vivos debían necesariamente vivir en armonía dentro del ecosistema artificial para mantener la supervivencia de la colonia. La energía solar mantendría la producción estacional de los distintos cultivos así como un ecosistema completo con insectos, peces, pájaros y mamíferos. Heppenheimer mostraba así, nuevamente, una visión paradisiaca y en perfecto equilibrio ecológico de la colonia espacial como un "ecosistema completamente cerrado" que alababa como la auténtica "tierra de leche y miel" frente a la visión de una Tierra superpoblada, mal gestionada, contaminada, y en completo desequilibrio ecológico (Anker 2005, p. 253).

Las colonias espaciales de O'Neill y las teorías de Heppenheimer se plantearon en un momento de crisis económica y de decepción tecnológica generalizada de los resultados de la aventura espacial. El gasto público implicado en el programa Apolo y su falta de utilidad práctica, motivaron una actitud pesimista que se plasmó en los temas e imágenes de la iconografía y la literatura de ciencia ficción en una visión negativa y apocalíptica del tema espacial. Dando lugar igualmente, a una manifiesta crítica social y política acerca de la utilidad, conveniencia real y viabilidad, así como del enorme gasto energético y de recursos terrestres del pródigo proyecto humano de colonización espacial.

Una crítica consensuada y firmada por una serie de investigadores, entre los que se encontraban Ramón Margalef y James Lovelock defendían que debía primero intentar construirse un ecosistema cerrado en la Tierra para comprobar su viabilidad antes de malgastar sin justificación más recursos de la Tierra. Si el sistema no podía funcionar en la Tierra, tampoco podría en Marte o la Luna (Anker 2005, p.255).

Este intento se llevaría a cabo en 1991, en el proyecto "Biosfera 2", una estructura invernadero que en sus 1,27 hectáreas, contenía el mayor ecosistema hermético creado hasta la fecha así como el experimento ecológico más caro de la historia. El sistema estaba compuesto por varios hábitats: selva, océano con arrecife de coral, manglar, sabana, desierto y tierras cultivables. El hábitat interior contenía asimismo, alojamientos, oficinas y laboratorios. El propósito de Biosfera 2 era servir como plataforma de preparación y de investigación para la colonización ecológica del espacio, así como la de estudiar la posibilidad de crear refugios en caso de desastre ecológico a modo de arcas de Noé. La función más importante sería, sin embargo, la de servir de modelo de cómo el ser humano debía vivir en equilibrio en la Tierra: "la Biosfera 1".

A pesar de los numerosos problemas surgidos durante el experimento y su limitado éxito, Biosfera 2 supuso la culminación de todo un proceso de investigación sobre la posibilidad de la colonización ecológica tanto del espacio como de la Tierra y serviría de inspiración y referencia para futuros estudios sobre ecosistemas cerrados y de ecología de cabina en numerosas investigaciones posteriores acerca de la posibilidad de crear entornos habitables en la Luna o Marte.

Conclusiones

Si bien las investigaciones sobre la viabilidad de crear ecosistemas cerrados y los estudios científicos encaminados hacia la recuperación ecológica de los ciclos de materia y energía han continuado en un desarrollo constante²⁶ no es así el caso de la utopía espacial, que acabaría por estancarse, ofreciendo, incluso en una etapa actual de renovada euforia tecnológica y de recuperación creciente del interés por la aventura espacial, las mismas justificaciones, carencia de objetivos y soluciones formales recurrentes y ya conocidas, en un retorno constante a la ciudad cupulada, la cúpula geodésica de Fuller y los sistemas de cubrición de Frei Otto. Igualmente a medida que progresa el desarrollo tecnológico y la descripción minuciosa de los procedimientos técnicos y ecológicos de la conquista espacial, se tiende a una mayor dejación, olvido y desinterés por establecer las bases de las nuevas sociedades utópicas. Como admitían F. y F. Manuel (1981, pp. 378-379):

“Lo que más desconcierta a un historiador crítico de hoy es el abismo que hay entre la enorme acumulación de instrumentos tecnológicos y científicos para que todo resulte posible y la lamentable pobreza de los objetivos... Los científicos nos dicen que pueden describir con alto grado de precisión los procedimientos necesarios para establecer una colonia espacial en un cometa hueco o en un asteroide. Sin embargo, cuando se pasa a describir qué hará la gente en ellos, los hombres más activos en este campo se limitan a reconstruir las zonas residenciales de las grandes ciudades –con campos de golf y todo– en un nuevo entorno ingrátido”.

Y es que a pesar del esfuerzo científico en conseguir desarrollar un ecosistema cerrado estable, un sistema ecológico ideal de una tierra miniaturizada en equilibrio con el ser humano, se olvida y se desdén la posibilidad de esbozar apenas o intuir un sistema humano social en consonancia con el ecosistema miniaturizado del que éste, al igual que en la Tierra, forma necesariamente parte: *“Lo que más asombra en todas las utopías científicas contemporáneas es su rechazo del orden político ideal como principal tema de estudio, al igual que se eliminara de la utopía en otro tiempo el orden divino”* (*ibidem*, p. 379). Recordando a Mumford (1965), la tecnología convierte a la máquina en sí misma en el centro de la utopía.

Si bien la necesidad de conservación del equilibrio con el medio natural llevaba en las utopías preindustriales hacia la definición de sistemas sociales rígidos y políticas totalitarias y coactivas, en una colonia espacial, los problemas del frágil equilibrio ambiental se multiplican, dando lugar

26. Posiblemente el estudio reciente más relevante es el Proyecto MELiSSA, (Micro-Ecological Life Support System Alternative) Alternativa de sistema de soporte vital micro-ecológico, desarrollado desde 1995 por la Agencia Espacial Europea en colaboración con la Universidad Autónoma de Barcelona, que experimenta con un ecosistema cerrado artificial con aporte energético externo, basado en microorganismos procedentes de ecosistemas acuáticos.

igualmente a la anticipación de políticas de tendencias maltusianas, eugenésicas y de control totalitario de la población, resucitando así los mismos temores frente a las ciudades cupuladas y las megaestructuras tecnológicas de los años sesenta. Una predicción que, frente a la visión de los científicos centrada en la descripción minuciosa de la maquinaria, sí supieron anticipar, sin embargo, los escritores de ciencia ficción, no es casualidad que, como acertadamente señalan F. y F. Manuel (1981, p. 380):

”Allí donde los científicos se guardan mucho de entrar, los escritores de ciencia ficción se han precipitado con unos esquemas repetitivos en los que unos déspotas dominan a civilizaciones enteras a base de un arsenal de objetos sofisticados... En medio de todo un catálogo de espeluznantes inventos domina una cierta apatía emocional y una adaptación al espacio exterior de formas tecnocráticas o procedimientos represivos de índole comunista o fascista. Se esbozan técnicas intrincadas para la colonización o humanización del universo, pero las instituciones utópicas propuestas para la sociedad nos resultan demasiado conocidas”.

Paradójicamente, los sistemas propuestos por utopistas y científicos para la solución de los problemas ambientales y de recursos de la Tierra, acabarían representando en la literatura ciencia ficción una amplificación de estos mismos problemas²⁷. De este modo, considerando la colonia o nave espacial como un modelo a escala de la Tierra, un duplicado o miniaturización que, como en una probeta aislada, nos permite ver amplificados los problemas del planeta, podemos constatar esta tendencia en una cierta trasposición de los valores morales a raíz de la consideración de la Tierra como una nave espacial y las políticas maltusianas y de control de la población que seguirían a la percepción de la vida humana en el ecosistema cerrado de la Nave Espacial Tierra²⁸.

27. El mismo Dandridge Cole reconocería en 1961 la tendencia hacia regímenes totalitarios tanto en las colonias Macro-Life como en la Tierra entendida como una colonia espacial más. Anticipando la ineficiencia futura de los sistemas democráticos y una necesaria pérdida de libertades individuales: “...la vida en la Tierra tomará cada vez más las características de la colonia espacial y la Macro-Life... Una importante consecuencia de lo anterior es que la sociedad del futuro, de muy alta densidad, altamente integrada y eficiente deberá tener necesariamente una forma de gobierno tiránica en lugar de democrática... Perderemos algunas de las libertades que ahora disfrutamos, podríamos perderlas todas, pero necesitamos no perder nuestras libertades más preciadas, si hacemos un esfuerzo por retenerlas” (Cole 1961, pp. 52-53). [“...life on earth will take more and more of the characteristics of the space colony and Macro-Life... There is a rather strong implication in the preceding sections that very high density, highly integrated, and efficient society of the future must necessarily have a tyrannical rather than democratic form of government... We will lose some of the freedoms we now enjoy, we could lose all of them, but we need not lose our most highly prized freedoms, if we make an effort to retain them” (Cole 1961, pp. 52-53)].

28. Es importante destacar la influencia del neomaltusianismo en el desarrollo del movimiento ecologista del siglo XX. La publicación del influyente libro de Paul R. Ehrlich “The Population Bomb” en 1968, motivaría el encargo por el Club de Roma del informe “Los Límites del Crecimiento” de 1972, de corte igualmente maltusiano y que serviría de base y referencia de trabajo de la Conferencia de Estocolmo de 1972, que sería la primera gran “Cumbre de la Tierra” de las Naciones Unidas. El Whole Earth Catalog, 1969, Presentaba en sus páginas iniciales, junto con imágenes de la “Nave Espacial Tierra” una amplia sección dedicada a las ideas de Fuller y la presentación, mediante textos, de los libros “The Population Bomb” de Ehrlich, 1968 y “Famine 1975!” de William y Paul Paddock, 1967, que igualmente predecía una gran hambruna para mediados de la década de los setenta. Del mismo modo, dedicaba un capítulo a “Population Evolution and Birth Control” de Garrett Hardin, 1964, que era un compendio de escritos maltusianos y eugenésicos.

En este sentido, Anker (2005, p. 247) destaca como el biólogo Garrett Hardin a raíz del estudio de la Tierra como una nave espacial desarrollaría un a principios de los 70, un modelo de “ética de bote salvavidas” mediante la que enmarcaba la ética medioambiental terrestre en el contexto de los códigos militares navales, argumentando que la superpoblación de la Tierra la convertía en un bote salvavidas a punto de hundirse, por lo que era necesaria la supresión de toda ética humanista con el fin de mantener el barco a flote y defendía que, al igual que en los códigos militares navales, se podría requerir el sacrificio de marineros para salvar el barco del peligro²⁹. Lovelock, creador de la hipótesis de Gaia, mantenía una idea similar, para él la humanidad era como “polución” que se expandía “como una enfermedad” amenazando con matar a Gaia.

Igualmente, en este sentido, Fernando Savater (1991, p. 47) ha denunciado la tendencia de los grupos ambientalistas hacia la “ecolatría”, y al odio a la tradición humanista y los derechos humanos en su defensa del medio natural, señalando la vinculación de los principios y representantes de la “ecología profunda” con grupos de tendencias totalitarias y neonazis.

Así, frente a la precisa fascinación mecánica de la primera utopía científica espacial y la decepción tecnológica de los presagios distópicos de la moderna literatura de ciencia ficción, la visión de los arquitectos, en su simplificación y abstracción, inspirará para F. y F. Manuel (1981, p. 380) una “respuesta inmediata de valoración positiva y de complacencia”, reconociendo que *“La arquitectura se presta fácilmente a los constructos utópicos. El papel es relativamente barato y se pueden esbozar espontáneamente muchos proyectos sin la verborrea de las utopías noveladas o de los diálogos filosóficos sobre sociedades perfectas”*.

De este modo, en la simplificación y abstracción de las propuestas de Haus-Rucker & Co, Fuller, Otto o Soleri..., podemos evadir el peligro de las complacientes distracciones de la utopía de escape tecnológica y su tendencia a la evasión de una realidad convulsa y regresar al origen mismo de la utopía, a su denuncia crítica de un proceso de decadencia, de los defectos y limitaciones de una sociedad y la búsqueda de las posibles soluciones o simplemente la expresión de la esperanza de algo mejor.

En los esbozos de los arquitectos volvemos a los conceptos de límite o membrana en la redefinición de un modelo orgánico de ciudad en equilibrio ecológico con el territorio interior encapsulado y a la defensa de la función esencial del medio natural en el control de la entropía urbana: en la limitación de la huella ecológica como solución a la insostenibilidad del medio urbano y la crisis medioambiental global.

En su abstracción de un ecosistema humano en equilibrio, miniaturizado y contenido, nos proponen un cambio en la percepción de nuestras ciudades,

29. Garrett Hardin (1968) defendería igualmente que frente al problema de la superpoblación y el consiguiente aumento de la contaminación y la sobreexplotación y agotamiento de los recursos comunes de la Tierra sería imprescindible el desarrollo de medidas legales y morales que favorecieran la imposición de lo que denominaba un sistema de “coerción mutua, mutuamente acordada” por la mayoría de los ciudadanos, que tendría como consecuencia una inevitable pérdida de libertades individuales (en: Hardin, G., 1968. The Tragedy of the Commons, *Science*, vol. 162, No. 3859 (Dec. 13, 1968), pp. 1243-1248).

insistiendo en la importancia decisiva de la delimitación y preservación de la región tributaria de la ciudad en la búsqueda de la autosuficiencia urbana y la reducción y control de la huella ecológica mediante la transformación del metabolismo urbano lineal actual a uno de ciclo cerrado o circular, en el que los recursos y desechos se generen y gestionen dentro de los límites territoriales. Suponen, en definitiva, la representación de la posibilidad de redefinir los límites de la ciudad y su territorio, desdibujados desde la revolución industrial, y la apuesta por la recuperación y actualización del concepto ciudad-región como unidad de desarrollo sostenible.

BIBLIOGRAFÍA:

- ANKER, P., 2005. The ecological colonization of space. *Environmental History*, 10, Abril 2005, pp. 239-268. [En línea], [consultado 29/07/2021]. En: https://www.academia.edu/26440263/The_Ecological_Colonization_of_Space
- ASIMOV, I., 1966. There's no place like Spome. En: K. Kammermeyer (Ed.), *Atmosphere in Space Cabins and Closed Environments*. New York: Appleton-Century-Crofts, pp. 249-265.
- BANHAM, R., 1965. *Teoría y diseño arquitectónico en la era de la máquina*. Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión.
- BANHAM, R., 1978. *Megaestructuras: futuro urbano del pasado reciente*. Barcelona: Gustavo Gili.
- BERNAL, J.D., 1929. *The World, the flesh and the devil: an enquiry into the future of the three enemies of the rational soul*. Londres: Kegan Paul, Trench, Trubner & Co.
- BETTINI, V., 1998. *Elementos de Ecología Urbana*. Madrid: Trotta. ISBN 84-8164-261-4.
- BOULDING, K., 1965. Earth as a space ship. *Washington State University Committee on Space Sciences*, 10 May, 1965. Kenneth E. Boulding Papers, Archives (Box # 38), University of Colorado at Boulder Libraries. [En línea], [consultado 25/05/2021]. En: <http://www.economia.unam.mx/cedrus/descargas/Boulding-EARTH%20AS%20A%20SPACE%20SHIP1965.pdf>
- BOULDING, K., 1966. The economics of the coming spaceship earth. Versión por la que se cita: La economía de la futura nave espacial Tierra. *Revista de Economía Crítica*, 14, segundo semestre 2012, pp. 327-338, ISSN 2013-5254.
- COLE, D.M., 1960. Extraterrestrial colonies. *Navigation, Journal of the Institute of Navigation*, Vol. 7, No. 2&3, pp. 83-98.
- COLE, D.M., 1961. Macro-Life II. *Space World, the Magazine of Space News*, vol. 1 No. 11, October 1961, pp. 16-17; 48-60.
- DAHINDEN, J., 1972. *Estructuras Urbanas para el Futuro*. Barcelona: Gustavo Gili.
- DOXIADIS, C., 1968. Ecumenopolis: Tomorrow's City. *Britannica Book of the year 1968*. Encyclopaedia Britannica, Inc. [En línea] [Consultado 25/05/2021] en www.doxiadis.org
- FARIÑA, J., 1998. *La Ciudad y el Medio Natural*. Madrid: Akal. ISBN 84-460-1080-1
- FERNÁNDEZ-GALIANO, L., 2012. *Arquitectura y vida, el arte en mutación*. Madrid: Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.
- FULLAONDO, J.D., 1968. Agonía, Utopía, Renacimiento. *Nueva Forma*, nº 28. Mayo 1968. En: Juan Daniel Fullaondo. *Escritos críticos*. Maira Libros. Madrid 2007.
- FULLER, R.B., 1968. *La década mundial del diseño científico*. Cuadernos Summa 7, Agosto 1968. Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión.
- FULLER, R.B., 1969a. *Operating manual for Spaceship Earth*. New York: Touchstone Books.
- FULLER, R.B., 1969b. *Utopia or Oblivion: The Prospects for Humanity*. Zürich: Lars Müller Publishers.
- GIRARDET, H., 2001. *Creando ciudades sostenibles*. Valencia: Ediciones Tilde. ISBN 978-84-95314-11-6.

- HARDIN, G., 1968. The Tragedy of the Commons, *Science*, vol. 162, No. 3859 Dec. 13, 1968. pp. 1243-1248.
- HEPPENHEIMER, T.A., 1977. *Colonies in space*. Harrisburg, Pa.: Stackpole Books.
- HIGUERAS, E., 2006. *Urbanismo Bioclimático*. Barcelona: Gustavo Gili. ISBN 978-84-252-2071-5.
- JOHNSON, S.P. & FINN, J.C., 1963. Ecological Considerations of a Permanent Lunar Base. *American Biology Teacher* (1963), pp. 529-535. [En línea], [consultado 29/04/2021]. En: <http://online.ucpress.edu/abt/article-pdf/25/7/529/19910/4440444.pdf>
- KALLIPOLITI, L., 2018. *The architecture of closed worlds*. Zürich: Lars Müller Publishers. ISBN 978-3-03778-580-5.
- LOVELOCK, J.E., 1985. *Gaia, una nueva visión de la vida sobre la Tierra*. Barcelona: Ediciones Orbis. ISBN 84-7634-252-7.
- MANUEL, F.E. (comp.), 1982. *Utopías y Pensamiento Utópico*. Madrid: Espasa-Calpe. ISBN 84-239-6502-3.
- MANUEL, F.E. y MANUEL, F.P., 1981. *El pensamiento utópico en el mundo occidental III*. Madrid: Taurus Ediciones. ISBN 84-306-1243-2.
- McHALE, J., 1968. *El futuro de la humanidad*. Cuadernos Summa 11, Octubre 1968; Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión.
- McHALE, J., 1969. *The future of the future*. New York: George Braziller.
- McHALE, J., 1970. *The ecological context*. New York: George Braziller.
- MUMFORD, L., 2013. *Historia de las Utopías*. Logroño: Pepitas de Calabaza. ISBN 84-15862-06-2.
- MUMFORD, L., 1956. Historia natural de la urbanización. [En línea], [consultado 28/04/2021]. En: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n21/almum.en.html>
- MUMFORD, L., 1965. La Utopía, la Ciudad y la Máquina. En: Frank E. Manuel (comp.), *Utopías y Pensamiento Utópico*. Madrid: Espasa-Calpe, 1982. ISBN 84-239-6502-3.
- ODUM, E.P., 1953. *Fundamentals of Ecology*. Philadelphia: Saunders.
- ODUM, E.P., 1983. *Basic Ecology*. Philadelphia: College Publishing, Saunders Chs.
- O'NEILL, G.K., 1977. *The high frontier: human colonies in space*. New York: Morrow. ISBN 0-688-03133-1
- RAGON, M., 1966. *¿Dónde viviremos mañana?* Barcelona: Luis de Caralt.
- RAGON, M., 1970. *Las ciudades del futuro*. Enciclopedia Horizonte. Barcelona: Plaza & Janés.
- SAVATER, F., 1991. *Política para Amador*. Barcelona: Ariel. ISBN 8434411091
- SEARS, P.B., 1966. La utopía y el paisaje viviente. En: Frank E. Manuel (comp.), *Utopías y Pensamiento Utópico*. Madrid: Espasa-Calpe, 1982. ISBN 84-239-6502-3.
- STARBUCK, J.E. & BROX, R.F., 1970. An American project for a city on the moon. *Zeitschrift für Landschaftsarchitektur*, 9, (1970), pp. 29-32. [En línea], [consultado 17/06/2021]. En: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=ant-001:1970:9::274#43>
- WOLMAN, A., 1965. The metabolism of cities. *Scientific American*, CCXIII/3, pp. 179-190.

